



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



URI

ERECHIM

VI MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ANAIS

06 de dezembro de 2017

M916a Mostra de Trabalhos Científicos e Tecnológicos das Engenharias (6. : 2017 : Erechim, RS)
Anais da [recurso eletrônico] : VI Mostra de Trabalhos Científicos e Tecnológicos
das Engenharias. – 2017.

1 recurso online.

ISBN 978-85-7892-141-5

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:
30 out. 2017)

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)

Catálogo na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 1012/78

COMISSÃO ORGANIZADORA

Arthur Bortolin Beskow

COMISSÃO CIENTÍFICA

Arthur Bortolin Beskow
Cássio Luciano Baratieri
Suelen Cristina Vanzetto

TRABALHOS

ENGENHARIA CIVIL		
ANA CAROLINA NARDI CRISTINA VITORINO DA SILVA	ESTUDO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS COM DIFERENTES TRAÇOS DE ARGAMASSA EM SUBSTRATOS DE CONCRETO	8
ANAÍARA PRILLA PIZZONI CRISTINA VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE MACROFIBRAS DE POLIETILENO EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS	13
ANDRÉ LUIZ GRISON GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA E DO TIPO DE ARGAMASSAMENTO NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS	16
ANDRESSA CACIA ZAWADZKI GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	ANÁLISE DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EM OBRAS NA CIDADE DE ERECHIM - RS	21
BRUNO KARLING LARISSA MONTAGNER DE BARROS	CONTROLE DA INTEGRIDADE DE ESTACAS ESCAVADAS ATRAVÉS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS TIPO PIT	27
CAREN KUHN IVANA KARINE AVER	LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS EM FACHADAS NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE ERECHIM	33
CHALINE FARINELLI BEATRIZ SCHIMELFENIG FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	ESTUDO COMPARATIVO DO USO DA MACROFIBRA DE POLIPROPILENO E DA TELA METÁLICA ELETROSOLDÁVEL FRENTE À RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO DE CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS	38
CHARLEI MATEUS SOSTIZZO CRISTIANO ZORDAN CHIOCHETTA SARA ROESLER	ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NO CONCRETO CONVENCIONAL POR RESÍDUO DE GRANITO BRITADO	44
DÉBORA FRITSCHÉ JAVORNIK MARCOS PAULO CIELO	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAINÉIS DE VEDAÇÃO, PROVOCADAS POR DEFORMAÇÕES ESTRUTURAIS NA REGIÃO EM BALANÇO DAS EDIFICAÇÕES	50
DIEGO JAIR RONSONI GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	COMPARATIVO ESTAÇÃO TOTAL X TEODOLITO ELETRÔNICO PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE TERRAPLENAGEM	56
DIOGO ROBERTO BOEIRA CRISTIANO ZORDAN CHIOCHETTA	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO DE ENSINO	62
DOUGLAS ROBERTO MENINO DAIANE DE SENA BRISOTTO	APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	67
ELIÉZER ROMER ALBERTI DE MATTOS GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUOS DE BLOCOS CERÂMICOS NO CONCRETO DE CONTRA PISO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO GRAÚDO	73
EMILIA VIEIRA LANZARINI GILSON PAZ SOARES	INFLUÊNCIA DA ESPESSURA E RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO EM PRISMAS DE BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO VAZADO	79
FELIPE JOSÉ SACCOMORI TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	SIMULAÇÃO DE PÓRTICOS PLANOS PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM LINGUAGEM MAPLE	85
GUSTAVO DALL IGNA FABIANO DA SILVA JORGE	ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE SOLOS QUANDO ESTABILIZADOS COM ADITIVOS QUÍMICOS	91
GUSTAVO WILIAN DELLAGOSTIN BRUNO MARANGONI ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO CRISTINA VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM ARGAMASSAS AUTONIVELANTES	97
JOÃO ALBERTO CECHETTI BEATRIZ SCHIMELFENIG FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	CARACTERIZAÇÃO DE GESSO RECICLADO COMO SUBSTITUIÇÃO DE GESSO CONVENCIONAL	102

JOCASTA MÂNICA BRUNO MARANGONI ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS	108
KAUANA PAULA CARUS VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO DAIANE DE SENA BRISOTTO	ANÁLISE DO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA COM ADIÇÃO DE MACROFIBRAS DE POLIETILENO SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS	114
LETICIA AMPESSAN SLUSSAREK NEIVA ISABEL BARBIERI SILVEIRA	ANÁLISE DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NOS MODELOS MATEMÁTICOS PARA A PREVISÃO DA DESPASSIVAÇÃO DO AÇO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	120
LUCAS ANTÔNIO SCHEER BRANDÃO SUELEN CRISTINA VANZETTO	ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE ARATIBA/RS.	126
LUCAS MULINARI SCHWEITZER APARECIDO DA SILVA JUNIOR	ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE PAINÉIS TERMOISOLANTES EM EDIFICAÇÕES DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM FUNÇÃO DA AÇÃO DO VENTO	131
MATHEUS MATIASSO PIAIA FABIANO DA SILVA JORGE	ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE SOLOEMULSÃO COMO BASE PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	137
ODIR DE OLIVEIRA CRISTIANO ZORDAN CHIOCHETTA	ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA AO LONGO DO TEMPO EM COMPARAÇÃO COM A ARGAMASSA TRADICIONAL	143
PAULO HENRIQUE SOLIGO TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	SIMULAÇÃO ESTÁTICA DE TRELIÇAS 2D E 3D COM PROGRAMAÇÃO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM LINGUAGEM MAPLE	148
PRISCILA ONGARATTO TRENTIN BRUNO MARANGONI ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE VIDRO MOÍDO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA	154
RAFAEL COLET BRUNO MARANGONI ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	ANÁLISE DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAUÍDO NO PAVER.	160
RAMON ZANELLA ABRÃO CRISTIANO ZORDAN CHIOCHETTA	ANÁLISE COMPARATIVA DE COMPOSIÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO RS – TABELA SINAPI X PREÇOS DE MERCADO	167
RENATO ZARPELLON APARECIDO DA SILVA JUNIOR	UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ENGENHARIA CIVIL	170
RICARDO CAIAN CRESTANI FABIANO DA SILVA JORGE	ANÁLISE DE DESEMPENHO DO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE ADITIVADO E APLICADO A FRIO NA EXECUÇÃO DE REPAROS DE PATOLOGIAS DO TIPO PANELA	176
RODRIGO SANVIDO ZILLOTTO CRISTIANO VITORINO DA SILVA	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO: MÉTODO CONSTRUTIVO CONVENCIONAL E O LIGHT STEEL FRAMING	182
RONEI HOFFMANN MALAQUIAS VINÍCIUS TOCHETTO DAIANE DE SENA BRISOTTO CRISTINA VITORINO DA SILVA	TRATAMENTO DE UMIDADE ASCENSIONAL: ANÁLISE DE DESEMPENHO DE BLOQUEADORES QUÍMICOS POR GRAVIDADE EM PAREDES	187
TACIANO RENATO SERRAGLIO FRANCISCO LUIZ PINTO PEDRO EUGÊNIO GOMES BOEHL	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	193
VANESSA ZANCANARO TAGLIARI	ANÁLISE DA TECNOLOGIA BIM NA MODELAGEM DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL E MULTIFAMILIAR	199
VOLNEI EVANDRO GARCIA APARECIDO DA SILVA JUNIOR	COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÃO TOTAL E RECEPTOR GNSS PARA LEVANTAMENTO COM FINS DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO	205

ENGENHARIA ELÉTRICA		
ANDERSON JOSÉ BALBINO ADILSON LUÍS STANKIEWICZ CÍCERO MATUELLA MOREIRA	ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE PROCESSAMENTO DE ENERGIA COM DUPLO ESTÁGIO DE CONVERSÃO APLICADO À SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS	212
DEIVIDI FELIPE ZAIONS CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO PARA PLATAFORMAS HIL DE BAIXO CUSTO	218
ÉLTON PETROCELI RODRIGUES FERNANDO LUIS TARTARI PERES ADILSON LUÍS STANKIEWICZ	ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO DE UMA LINHA DE VÍSCERAS DE SUBPRODUTO FRIGORÍFICO	224
FERNANDA ZAMBONIN BOARETTO CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO DAS TÉCNICAS AO CIONAMENTO E CONTROLE DE MOTORES BRUSHLESS DC PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS	229
JAÍNE LEILA DE ARAÚJO FERNANDO LUIS TARTARI PERES CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA UNIDADE INDUSTRIAL	235
LEANDRO BENHUR KLINGER FISCH ADILSON LUÍS STANKIEWICZ CÍCERO MATUELLA MOREIRA	ESTUDO DE UM CONVERSOR ZETA COM CONTROLE MPPT APLICADO À CONTROLADORES DE CARGA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	241
MANUEL LUIZ ARTUZI RICARDO ARPINI SOUZA SÉRGIO BORIGNON	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DAS ALTERAÇÕES DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO EM UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA RURAL DE MÉDIA TENSÃO	247
MARCELO JACSON FORTUNA ADILSON LUÍS STANKIEWICZ CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM CONVERSOR DE TENSÃO MONOFÁSICO-TRIFÁSICO COM ELEVADO FATOR DE POTÊNCIA	253

Engenharia Mecânica		
BRUNO EDUARDO KOZERSKI GIARETTON ARTHUR BORTOLIN BESKOW	QUALIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO FSW EM BRAÇO ROBÓTICO UTILIZADO NA UNIÃO DE CHAPAS DE ALUMÍNIO AA 5083-O	260
CARLOS ROGER DEMOLINER CLEBER SERAFIN LOPES	PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 5S EM UMA INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS	266
EDEMAR COMBY ROBERTA FATIMA NEUMEISTER	ANÁLISE EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO SOBRE TURBINA SAVONIUS	272
EVANDRO SKROWONSKI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083	278
GABRIEL HENRIQUE PARMEGGIANI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA MATRIZ DE REPUXO DE COPOS DE ALUMÍNIO	284
GUILHERME DE PAULA VALMORBIDA TANCREDO WESTPHAL JR.	ANÁLISE ESTÁTICA DE PÓRTICOS 2D PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS COM O PROGRAMA ANSYS	290
IURI GIACOBBO TROITINHO OSÉIAS MATIAS DE OLIVEIRA ESMELINDRO	ESTAMPAGEM INCREMENTAL EM CHAPAS DE ALUMÍNIO AA 1200 PARA OBTENÇÃO DE PAREDES DE 90º SEM RUPTURA DO MATERIAL	295
JEAN CARLOS GROLLI GUILHERME VIEIRA BRAGA LEMOS	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DE JUNTAS SOLDADAS DA LIGA AA 5083 PRODUZIDAS POR FSW	301
JUNIOR MIOLA ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NO PROCESSO FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083	307
LEOCLÉCIO PELISSARO EREDIA OSÉIAS MATIAS DE OLIVEIRA ESMELINDRO	PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITOS DE MANUTENÇÃO EM UMA FÁBRICA DE RAÇÕES	312
LUCAS BERTUOL MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA	ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM CONCENTRADOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO DE FOCO LINEAR	315
MAIARA TEODORO ROBERTA FATIMA NEUMEISTER	ANÁLISE EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO EM TORNO DE BOLAS DE GOLFE	320
PEDRO AUGUSTO ROSSET ROBERTA FATIMA NEUMEISTER	ANÁLISE EXPERIMENTAL DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÕES SOBRE PERFIS AERODINÂMICOS	324
RONALD FELIPE RODRIGUES JULIANO HAWRYLUK	ANÁLISE DAS EMISSÕES DOS GASES EM UM MOTOR VW A AR CARBURADO CICLO OTTO EM RELAÇÃO ÀS PORCENTAGENS DE ETANOL NA GASOLINA	330

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



URI

ERECHIM

VI MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA CIVIL

06 de dezembro de 2017

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS
ARGAMASSADOS COM DIFERENTES TRAÇOS
DE ARGAMASSA EM SUBSTRATOS DE
CONCRETO****Aluno: Ana Carolina Nardi****Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Vitorino da Silva****INTRODUÇÃO**

A argamassa é amplamente utilizada na construção civil, principalmente como revestimento externo das edificações, tendo esse sistema de revestimento o objetivo de garantir à edificação estanqueidade contra agentes agressivos e entrada de água, regularidade de superfícies, isolamento térmico e acústico, além de questões estéticas. Entretanto, surgem manifestações patológicas neste sistema de revestimento que põem em risco a edificação e até mesmo os usuários. Estas manifestações patológicas estão relacionadas a falhas de aderência entre a camada de revestimento e o substrato, tendo esta falha como causa diversos fatores, entre eles a energia de aplicação da argamassa no substrato. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a resistência de aderência à tração de revestimentos argamassados em substratos de concreto. Analisou-se a influência do traço da argamassa, sendo adotados os traços (cimento:cal:areia) 1:0,5:5, 1:1:6 e 1:1:6 com adição de 0,2% de aditivo incorporador de ar, e da energia de aplicação da mesma (800mm e 1000mm) na resistência de aderência à tração. Conclui-se que para revestimentos argamassados em substratos de concreto, o traço que apresenta melhor desempenho, considerando a aderência, é o traço com menor quantidade de cal, ou seja, o traço 1:0,5:5 com energia de aplicação de 1000mm.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados nos experimentos foram escolhidos considerando a facilidade de obtenção e por serem amplamente empregados nas construções da região. Assim sendo, foram selecionados para esta finalidade os seguintes materiais: cimento Portland (CPII-Z), areia média, areia grossa, brita 1, cal hidratada (CH III) e aditivo incorporador de ar.

O estudo experimental tem como objetivo avaliar a resistência de aderência à tração de revestimentos argamassados com diferentes traços de argamassa, assemelhando-se aos revestimentos encontrados *in loco* nos canteiros de obra. Planejou-se um estudo que abrangeu as técnicas mais comuns praticadas na construção civil bem como os materiais normalmente utilizados nas construções da região.

Planejou-se o estudo experimental a partir da resistência de aderência à tração dos revestimentos argamassados que corresponde a variável da resposta, a mesma foi obtida por meio do ensaio normatizado pela norma NBR 13528 (ABNT, 2010). Os fatores controláveis, apresentados na Fig. 1, correspondem aos parâmetros que foram estudados com a finalidade de avaliar a influência desses nas variáveis de resposta.

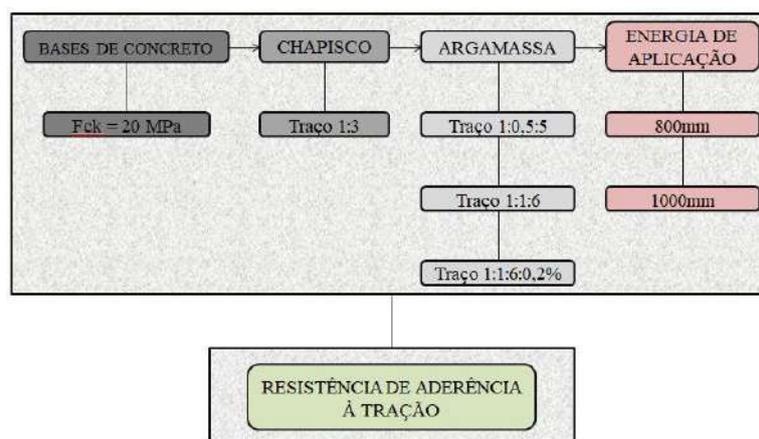


Figura 1 – Fatores controláveis e variáveis de resposta do estudo experimental

Para as bases de concreto foi fixado uma resistência de 20 MPa e para o chapisco foi fixado o traço de 1:3 (cimento:areia grossa). Os fatores controláveis foram os traços da argamassa 1:0,5:5, 1:1:6 e 1:1:6 com adição de 0,2% de aditivo incorporador de ar (cimento:cal:areia média) e a energia de aplicação de 800mm e 1000mm.

Escolheu-se três traços de argamassa, sendo esses os mais utilizados nas edificações da região. O traço 1:0,5:5 caracteriza-se por ser um traço mais rígido pelo fato de possuir menos cal em sua composição. Já o traço 1:1:6, por ser um traço mais rico em cal do que o anterior, apresenta uma melhor trabalhabilidade. O terceiro traço escolhido é o 1:1:6 com adição de 0,2% de aditivo incorporador de ar. O aditivo melhora a questão da trabalhabilidade nas argamassas sendo essa uma propriedade importante para obter-se uma maior extensão de aderência. A escolha da porcentagem de aditivo incorporador de ar segue recomendações do fabricante que sugere adições em teores de 0,1% a 0,6% em relação ao peso do cimento.

A energia de aplicação busca simular a de um pedreiro e foi feita por meio da caixa de queda para que não haja influência humana. No meio técnico há trabalhos (STOLZ, 2011; GASPERIN, 2011) que relatam a energia de aplicação de 1000mm como a ideal e que acima disso não há melhora na extensão de aderência. Por isso escolheu-se as energias de 800mm e 1000mm para estudo.

Diante disto, para cada traço foi aplicado as duas energias de aplicação e após a confecção e cura das placas, que simulam o sistema de revestimento, foi feito o ensaio de resistência de aderência à tração no laboratório da empresa Traçado Construções e Serviços LTDA, no município de Erechim/RS.

A resistência de aderência à tração é descrita, segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010), como a máxima tensão suportada por uma área limitada de revestimento, submetido a uma força de tração. A NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece os limites de resistência de aderência à tração do revestimento e indica ainda que, o revestimento só poderá ser aceito se de cada grupo de 12 ensaios realizados, ao menos oito valores forem iguais ou superiores aos indicados Tab. 1.

Local	Acabamento	Ra (MPa)	
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto		≥ 0,20	

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço

Sabendo-se que o objetivo desse estudo é simular um sistema de revestimento para fachadas, ou seja, paredes externas com base para reboco ou acabamento em pintura e avaliar a sua resistência de aderência à tração, tem-se, baseando-se na Tab. 1, que a resistência deve ser maior ou igual a 0,30 MPa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, na Tab. 2, são apresentados os resultados médios obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração.

Traço	Energia de aplicação (mm)	Resistência Média (MPa)	DP	CV (%)
1:0,5:5	800	0,27	0,09	35,01
	1000	0,30	0,08	25,78
1:1:6	800	0,10	0,04	37,13
	1000	0,14	0,04	31,76
1:1:6:0,2%	800	0,10	0,03	29,70
	1000	0,11	0,05	46,97

Tabela 2 – Resultados médios para a resistência de aderência à tração do revestimento

Compararam-se os resultados médios obtidos, conforme a Tab. 2, com a NBR 13749 (ABNT, 2013), a qual determina que os revestimentos para paredes externas devem atingir resistência mínima $\geq 0,30$ MPa. Analisando de um modo geral, o único sistema de revestimento que atingiu o valor estabelecido por norma foi o com o traço 1:0,5:5 com energia de aplicação de 1000mm. Em relação à energia de aplicação, os que obtiveram o melhor desempenho foram os sistemas de revestimentos com energia de aplicação de 1000mm, o que confirma os trabalhos realizados por Stolz (2011) e Gasperin (2011) que relatam a energia de aplicação de 1000mm como a ideal.

Analisando separadamente os traços, o que apresentou melhor desempenho foi o traço com menor quantidade de cal (1:05:5), demonstrando maior compatibilidade com a base de concreto do que os demais. Neste caso, a absorção é menor, pois bases de concreto possuem menor porosidade do que bases cerâmicas, logo, pode-se utilizar uma menor quantidade de cal na argamassa.

Nos demais traços, que possuem maior quantidade de cal, a resistência de aderência à tração foi bem baixa. No caso do traço 1:1:6:0,2%, as microbolhas incorporadas pelo aditivo incorporador de ar podem ter ficado na interface argamassa/chapisco diminuindo a aderência entre essas camadas. Também, o aditivo pode ter contribuído para a exsudação da água da argamassa o que resulta em falta de água de hidratação do aglomerante e tem como consequência perda da resistência, como observado nos ensaios de tração na flexão e compressão onde os valores deste traço foram os mais baixos.

No ensaio de resistência de aderência à tração foram avaliadas também as formas de ruptura dos corpos de prova. Notou-se que no traço 1:0,5:5 com energia de aplicação de 800mm e 1000mm, a ruptura foi de 100% na interface argamassa/cola, a mesma porcentagem de ruptura foi obtida no traço 1:1:6 com energia de aplicação de 1000mm e no traço 1:1:6:0,2% com energia de aplicação de 800mm. Já no traço 1:1:6 com energia de aplicação de 800mm, 66,66% das rupturas ocorreram na interface argamassa/cola, 16,67% na argamassa e 16,67% na interface cola/pastilha. No traço 1:1:6:0,2% com energia de aplicação de 1000mm, 91,67% das rupturas ocorreram na interface argamassa/cola e 8,33% na interface cola/pastilha. A Fig 2 apresenta exemplos das rupturas citadas.

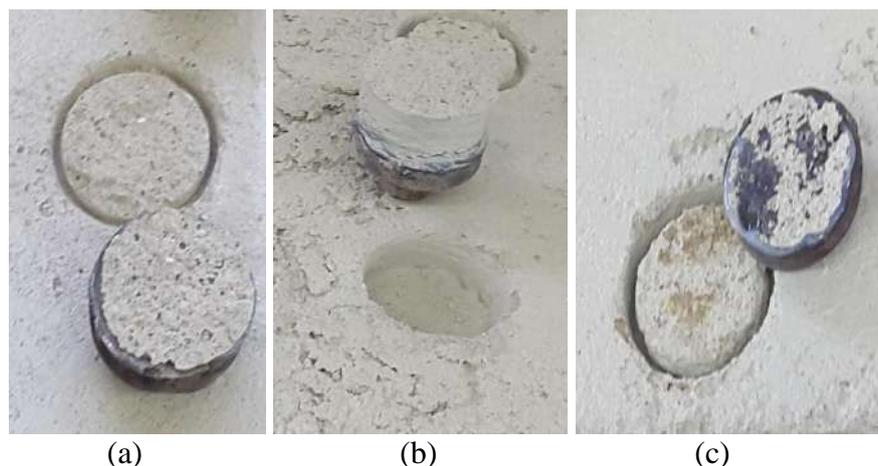


Figura 2 – Formas de ruptura: (a) Argamassa/cola (b) Argamassa (c) Cola/pastilha

As rupturas ocorreram na sua maioria na interface argamassa/cola, demonstrando que a camada superficial do revestimento é a mais fraca e indicando baixa resistência superficial. Durante a realização do ensaio, nos locais da ruptura, pode-se notar a presença de pequenas pedras provenientes da areia utilizada para a confecção de todas as camadas do sistema de revestimento, essas pequenas pedras fizeram com que houvesse uma menor área de contato entre o emboço e a base, diminuindo assim a aderência o que interfere nos resultados.

O clima pode ter sido outro fator que influenciou nos resultados, devido ao fato que os dias de aplicação da argamassa foram dias quentes, com temperatura próxima dos 28 °C e umidade relativa do ar em torno de 65%, onde se observava uma rápida evaporação da água o que resultava em superfícies porosas e pulverulentas.

As poucas rupturas que ocorreram na argamassa se deram em pontos que não foram observadas as pequenas pedras provenientes da areia e resultaram em valores de resistência de aderência maiores. Já as rupturas que ocorreram na interface cola/pastilha indica imperfeição na colagem da pastilha tendo como possível causa a irregularidade da superfície do revestimento.

CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a aderência de revestimentos argamassados em substratos de concreto, com diferentes traços de argamassa e energia de aplicação, foi realizado o ensaio de resistência de aderência à tração, conforme a NBR 13528 (ABNT, 2010).

Ao comparar os resultados da resistência de aderência à tração dos traços da argamassa e a energia de aplicação, concluiu-se que o traço 1:0,5:5 com energia de aplicação de 1000mm foi o que apresentou melhor desempenho, sendo o único que alcançou a resistência de 0,30 MPa estabelecida por norma para revestimentos de paredes externas. Observou-se que a adição de aditivo incorporador de ar, com a finalidade de melhorar a trabalhabilidade da argamassa tendo como consequência uma possível melhora na aderência, não foi eficaz neste caso.

Analisando somente a energia de aplicação, verificou-se que os revestimentos que obtiveram maiores valores para a resistência de aderência à tração foram os com energia de aplicação de 1000mm, comprovando os trabalhos realizados por Stolz (2011) e Gasperin (2011) que indicam esta energia de aplicação como a ideal.

Dessa forma, conclui-se que, para substratos de concreto a argamassa que apresenta melhor aderência é aquela com menor quantidade de cal, pois o concreto possui menor porosidade que a alvenaria necessitando assim, para microancoragem, menor quantidade de cal na argamassa. Neste estudo, nos traços com maior quantidade de cal (1:1:6 e 1:1:6:0,2%) não houve compatibilidade

significativa com a base de concreto. Estes traços adaptar-se-iam melhor em bases cerâmicas que são mais porosas e necessitam de mais água na argamassa, sendo que a cal auxilia nesta questão. Por fim, considerando que a maior parte das rupturas no ensaio de resistência de aderência à tração deu-se na interface argamassa/cola e uma das causas pode ter sido a granulometria da areia, ressalta-se a importância da escolha dos materiais para a execução da argamassa. Neste caso, uma areia média com dimensão máxima de 2,36mm seria a ideal.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

GASPERIN, J. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto**: influência da forma de aplicação e composição do chapisco. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

STOLZ, C. M. **Influência da interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato substratos na aderência de argamassas de revestimento**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE
MACROFIBRAS DE POLIETILENO EM CONCRETOS
DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) SUBMETIDOS A ALTAS
TEMPERATURAS**

Aluno: Anaiara Prilla Pizzoni
Orientador(a): Prof^a. Dra. Cristina Vitorino da Silva

INTRODUÇÃO

O concreto convencional, geralmente, possui um bom comportamento submetido a altas temperaturas. Entretanto, o concreto de alta resistência (CAR), nesta situação, possui um comportamento explosivo, conhecido também como efeito spalling, podendo colocar em risco edificações e usuários em casos de incêndio. Atualmente a adição de fibras vem sendo utilizada como método de controle para este fenômeno. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a perda de massa do CAR submetido a altas temperaturas, com e sem adição da macrofibra de polietileno, realizando ensaios com corpos de prova expostos a diferentes temperaturas (400°C e 800°C), tempos de exposição (30min e 60min) e teores de adição da macrofibra (0%; 0,50% e 1,0%), com *fck* fixo de 55MPa.

MATERIAL E MÉTODOS

Na primeira etapa deste estudo experimental realizou-se a seleção e caracterização dos materiais, utilizados na posterior confecção dos concretos, constatando que os mesmos estavam dentro dos limites exigidos por norma e muito próximos dos valores indicados por fabricantes. A partir disto, foi realizada a moldagem de 120 corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100x200mm, conforme os procedimentos de moldagem previstos pela norma 5738 (2015). O processo de concretagem dos concretos é demonstrado na Fig 1.



Figura 1 – Processo de concretagem

Estes corpos de prova foram adensados em mesa vibratória, identificados e deixados em local protegido por 24 horas, até serem desformados e levados para processo de cura em câmara úmida com temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar acima de 95%, por 28 dias. Os corpos de prova expostos a altas temperaturas foram retirados 72 horas antes do ensaio. A Fig. 2 ilustra os corpos de prova identificados aguardando desforma.



Figura 2 – Corpos de prova identificados aguardando desforma

Aos 28 dias os corpos de prova foram aquecidos nos níveis de temperatura estabelecidos a uma taxa de aquecimento constante de $12^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até atingirem as temperaturas desejadas, permanecendo expostos pelos tempos pré-definidos, citados anteriormente. Após o aquecimento, os corpos de prova foram deixados resfriar naturalmente por cerca de 24h, até atingirem temperatura ambiente. O equipamento utilizado no aquecimento foi um forno mufla, juntamente com controle digital de temperatura microprocessado. O ensaio baseia-se em pesar os corpos de prova antes e depois do aquecimento, a Fig. 3 demonstra o aquecimento dos corpos de prova.



Figura 3 – Aquecimento dos corpos de prova no forno mufla

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Fig. 4 são apresentados os resultados obtidos no ensaio de perda de massa.

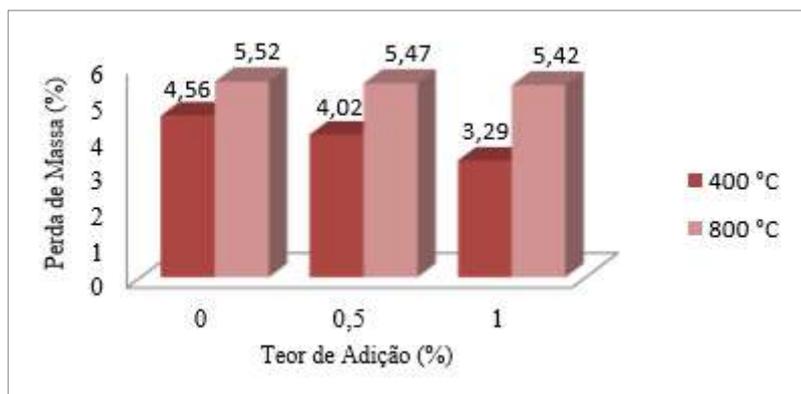


Figura 4 – Perda de massa entre teores de adição e temperaturas ensaiados

Analisando de um modo geral, é possível verificar que há maior perda de massa na medida que se incrementa temperatura, entretanto, com o aumento do teor de adição da macrofibra de polietileno, esta se reduz. A maior perda de massa se deve ao fenômeno de deslocamento visto nos concretos sem a adição da macrofibra de polietileno, principalmente na temperatura de 400°C no tempo de exposição de 60 minutos e na faixa de 800°C para os tempos de 30 e 60 minutos, onde houve deslocamentos bastante consideráveis. Nos concretos com adição de macrofibra de polietileno não foi registrado o efeito spalling em nenhum corpo de prova, fato que gerou menor perda de massa.

CONCLUSÕES

Com este trabalho, pode-se concluir que a temperatura é um fator bastante prejudicial às propriedades do concreto de alta resistência, no entanto, a adição da macrofibra de polietileno mostrou-se eficaz no controle do efeito spalling e, conseqüentemente, na perda de massa, podendo ser considerada uma forma de proteção para a estrutura, garantindo maior segurança aos usuários em casos de incêndio.

REFERÊNCIAS

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****ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA DA
ARGAMASSA E DO TIPO DE ARGAMASSAMENTO
NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS
CERÂMICOS****Aluno: André Luiz Grison****Orientador: Prof. Dr. Gilson Francisco P. Soares****INTRODUÇÃO**

Este trabalho tem como objetivo analisar como a resistência da argamassa de assentamento e o tipo de argamassamento influenciam na resistência mecânica de prismas de dois blocos vazados cerâmicos estruturais, de ampla utilização na região de Erechim – RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Na primeira etapa do trabalho foi realizada a caracterização física dos blocos, onde foi feito inicialmente uma triagem visual a fim de selecionar 15 blocos, sem defeitos graves, como: Trincas, rachaduras, quebras e superfícies irregulares. Após a caracterização física, foi realizada a caracterização mecânica dos blocos, sendo realizado o capeamento das duas faces do bloco, para melhor acomodação e encaixe na prensa, saturados durante 6 horas em água, e imediatamente rompidos na prensa hidráulica a pêndulo, modelo PC200CS da marca EMIC, onde a carga aplicada teve velocidade constante de 0,05 kN/s (tolerância $\pm 0,01$) até que o bloco atingisse a ruptura. O bloco posicionado na prensa pode ser verificado através da figura 1.

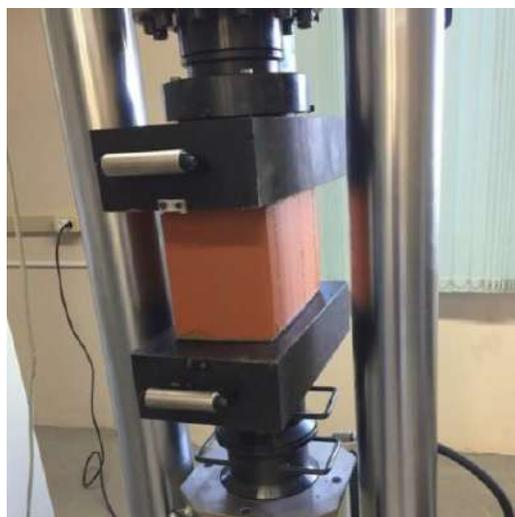


Figura 1 – Bloco posicionado na prensa hidráulica a pêndulo

Na segunda etapa do trabalho foi realizada a caracterização mecânica das argamassas de assentamento, medindo inicialmente o seu índice de consistência. Após medir o índice de consistência das argamassas, é necessário realizar o ensaio de resistência à tração na flexão. Para realizar tal ensaio foram moldados três corpos de prova para cada resistência da argamassa. Esses corpos de prova foram desmoldados após 48 horas e permaneceram por 28 dias de cura antes de serem rompidos. O ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado ajustando os corpos de prova na prensa e aplicando carga de $50 (\pm 10)$ N/s até atingir a ruptura. Este processo pode ser verificado na figura 2 mostrada abaixo.

Para o ensaio de resistência à compressão axial, foram utilizadas as metades dos corpos de prova ensaiados à tração na flexão, ajustados novamente a prensa hidráulica e ensaiados com carga uniforme de $500 (\pm 50)$ N/s até atingir a ruptura. Este processo pode ser verificado na figura 3.



Figura 2 – Corpos de prova posicionados na prensa para ensaio de resistência à tração na flexão.



Figura 3 – Metade dos corpos de prova posicionados na prensa para ensaio de resistência à compressão axial.

As resistências encontradas para as argamassas foram de 56% do *fbk*, 80% do *fbk* e 94% do *fbk*.

Para conhecer a resistência à compressão dos prismas (*fpk*) foram moldados quatro prismas de dois blocos vazados cerâmicos estruturais, conforme NBR 15812:2 (ABNT, 2010) analisando experimentalmente além do argamassamento total recomendado por norma, o argamassamento parcial que consiste em um preenchimento com argamassa apenas nas paredes longitudinais do bloco. As resistências das argamassas utilizadas na confecção dos prismas foram de 56% do *fbk*, 80% do *fbk* e 94% do *fbk*, com espessura utilizada na junta horizontal dos prismas de 10 mm e nas duas faces em contato com a prensa foi realizado o capeamento, com uma argamassa de 15 MPa e espessura de 3 mm. Após este processo os prismas passaram por um procedimento de cura de 28 dias em câmara climatizada a temperatura de 23°C. Findado o procedimento de cura, os prismas foram posicionados na prensa hidráulica a pêndulo e submetidos ao ensaio de compressão até atingirem a ruptura, como mostra a figura 4.



Figura 4 – Prisma de dois blocos rompido na prensa hidráulica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ensaio de caracterização físicas dos blocos, utilizando recomendação da NBR 15270:3 (ABNT, 2005), verifica-se que as medidas estão dentro do limite de tolerância individual que é de $\pm 5\text{mm}$ para L, H e C e de $\pm 3\text{mm}$ para as medidas de planeza das faces e no desvio em relação ao esquadro. Os coeficientes de variação classificam a amostra como homogênea.

Para avaliar o parâmetro de resistência mecânica dos blocos, é necessário calcular o *fbk* (resistência característica à compressão do bloco) e comparar com a resistência fornecida pelo fabricante. Neste caso o *fbk* calculado foi de 9,91MPa (como mostra a tabela 1) e o valor informado pelo fabricante foi de 10MPa, comprovando a qualidade do bloco utilizado e constatando que os mesmos estavam dentro dos limites exigidos por norma e com características muito próximas as informadas pelo fabricante e com os valores dos coeficientes de variação classificando a amostra como homogênea, conforme recomendações do anexo C da NBR 15270:3 (ABNT, 2005).

Blocos	Fbk1 (MPa)	Fbk2 (MPa)	Fbk3 (MPa)	Fbk4 (MPa)	Fbk estimado (MPa)
Cerâmico	9,57	12,67	9,91	9,91	9,91

Tabela 1 – Valores de *fbk*.

No ensaio realizado para medir o índice de consistência da argamassa de assentamento, o valor encontrado ficou dentro dos limites estabelecidos pela NBR 13279 (ABNT, 2005) resultando em 28,9 mm. Dando continuidade, foi realizado o ensaio de resistência à tração na flexão das argamassas, onde foram ensaiados três corpos de prova para cada resistência (2MPa, 8MPa e 15MPa).

Para o ensaio de resistência à compressão axial das argamassas, onde foram ensaiadas as metades dos corpos de prova rompidos no ensaio anterior onde para 2MPa (informação dada pelo fabricante) a média encontrada foi de 5,6MPa (180% maior que a informada pelo fabricante), para a argamassa de 8MPa (informação dada pelo fabricante) a média encontrada foi de 8MPa (igual a informada pelo fabricante) e para a argamassa de 15MPa (informação dada pelo fabricante) a média encontrada foi de 9,3MPa (62% menor do que o valor informado).

Para medir a resistência à compressão uniaxial dos prismas (f_{pk}), foram estipulados alguns fatores controláveis, buscando uma variável de resposta, como mostra a figura 5.

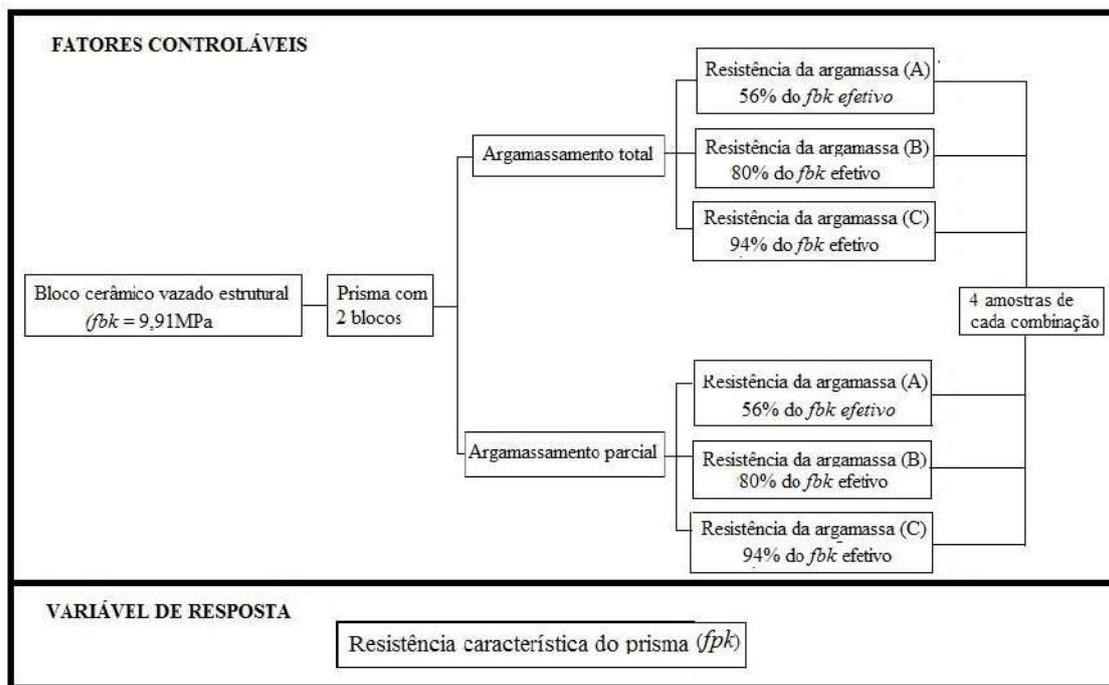


Figura 5 – Fluxograma do programa experimental

Ao analisar a resistência média dos prismas (f_{pk} em MPa) em função da resistência da argamassa (% do f_{bk}), nota-se que o argamassamento parcial ficou com resultados significativamente abaixo do argamassamento total, como é mostrado na figura 6.

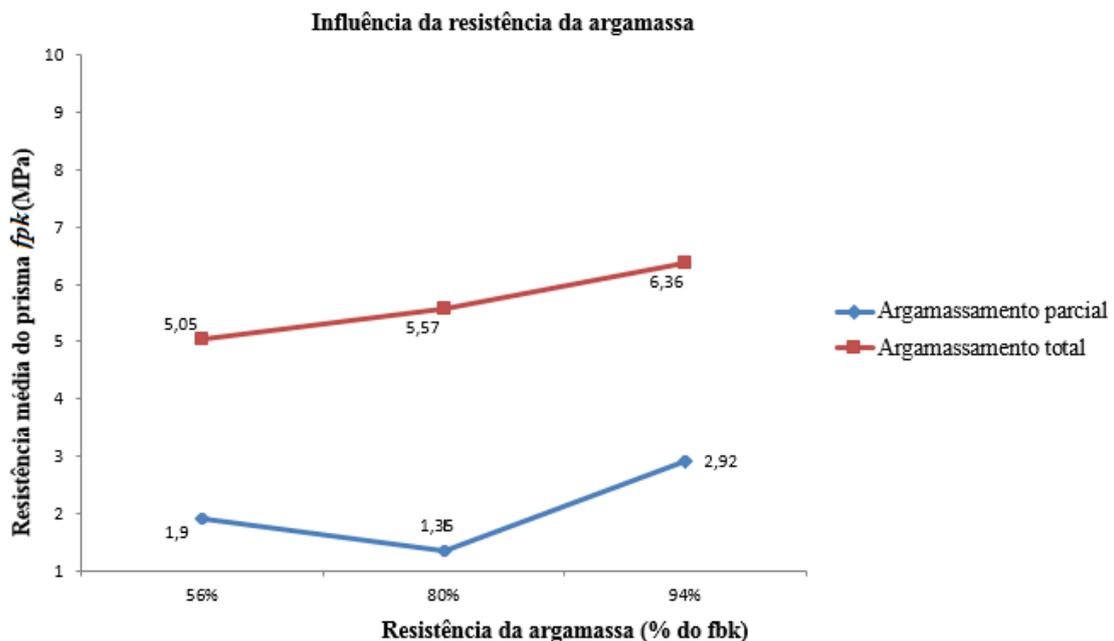


Figura 6 – Influência da resistência da argamassa de assentamento sobre a resistência dos prismas.

Na tabela 2 a seguir, é feito um comparativo entre os argamassamentos parciais e totais, onde é mostrado em porcentagem a diferença das resistências dos prismas com argamassamento total em relação aos prismas com argamassamento parcial, resultando em uma resistência muito abaixo para o argamassamento parcial, comprovando resultados obtidos em outros estudos realizados acerca do tema, assim como em Santos (2007).

Resistência da argamassa	Comparativo
56% do <i>fbk</i>	<i>fpk</i> argamassamento parcial = 38% do <i>fbk</i> argamassamento total
80% do <i>fbk</i>	<i>fpk</i> argamassamento parcial = 24% do <i>fbk</i> argamassamento total
94% do <i>fbk</i>	<i>fpk</i> argamassamento parcial = 46% do <i>fbk</i> argamassamento total

Tabela 2 – Comparação final entre argamassamento parcial e total.

CONCLUSÕES

Na primeira etapa do trabalho foram realizadas as caracterizações físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos vazados estruturais, revelando a qualidade dos blocos caracterizados perante os aspectos físicos e perante suas resistências mecânicas, pois os valores encontrados chegaram muito próximos aos informados pelo fabricante.

Para as resistências das argamassas foram encontrados valores diferentes aos informados pelo fabricante, porém os resultados encontrados para as resistências da argamassa de 8MPa (80% do *fbk*) e 15MPa (94% do *fbk*) estão dentro dos limites estabelecidos por norma que são de 70% a 100% do *fpk*, já a resistência de 2MPa (56% do *fbk*) ficou fora do limite informado por norma.

Para os prismas de dois blocos, o resultado do *fpk* foi menor que o resultado da caracterização dos blocos *fbk*, assim os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com a literatura e trabalhos científicos pesquisados.

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: 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica (Anais). Salvador, 2007.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA
EM OBRAS NA CIDADE DE ERECHIM - RS**

Aluno: Andressa Cacia Zawadzki
Orientador: Gilson Francisco Paz Soares

INTRODUÇÃO

As argamassas, na construção civil, possuem finalidades diversas, uma vez que são utilizadas durante a execução da edificação, desde a implantação do canteiro até a conclusão da obra, tendo o sistema de revestimento a função de garantir à edificação: estanqueidade contra agentes agressivos e entrada de água, regularidade de superfícies, isolamento térmico e acústico, além de questões estéticas. Sabbatini (1990) ressalta que o subconjunto de conhecimentos empíricos relativos à execução de revestimentos de argamassas existentes em nosso país é extenso, contraditório, inconcluso e não está sistematizado. Como todo conhecimento não sistematizado ele vem se degradando, perdendo qualidade, sendo alterado pelos “ruídos” da comunicação oral, sofrendo desgastes importantes no seu conteúdo como decorrência natural da degradação na qualidade dos oficiais pedreiros estucadores. Entretanto, surgem manifestações patológicas neste sistema de revestimento que põem em risco a edificação e até mesmo os usuários. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar o cenário atual do processo de execução de revestimentos em argamassa em paredes de obras da cidade de Erechim – RS. Teve também como objetivos específicos analisar o processo de revestimento de argamassa sob o ponto de vista de itens gerais como: existência de um projeto de revestimento e do nível de especificação deste projeto; controle de qualidade dos materiais e condições de aplicação do revestimento e analisar este processo também em relação a questões especificamente técnicas como: aspectos visuais, prumo, planeza e aderência.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia proposta para identificação dos requisitos de execução de revestimentos de argamassa em paredes internas, é a inspeção em obras. Primeiramente, foi necessário estudar os itens que abrangem o controle da qualidade do revestimento no que diz respeito a forma de execução do mesmo. Através da NBR 13749/2013 foi possível determinar os itens a serem averiguados nas inspeções nas obras. Estes itens estão apresentados na Fig. 1. Posteriormente, foi construída uma planilha, que foi submetida a testes iniciais. Tais testes de aferição foram realizados em uma inspeção teste, *in loco*, a fim de verificar a correta construção da planilha definitiva. Com a planilha definitiva, foi possível efetuar 9 inspeções em prédios residenciais e/ou comerciais distintos na cidade de Erechim/RS. Assim que foram concluídas as inspeções nas obras, com o auxílio da revisão bibliográfica, foi possível analisar os resultados e associar as não conformidades visualizadas nas obras com as possíveis e prováveis manifestações patológicas que podem ocorrer nos revestimentos argamassados.

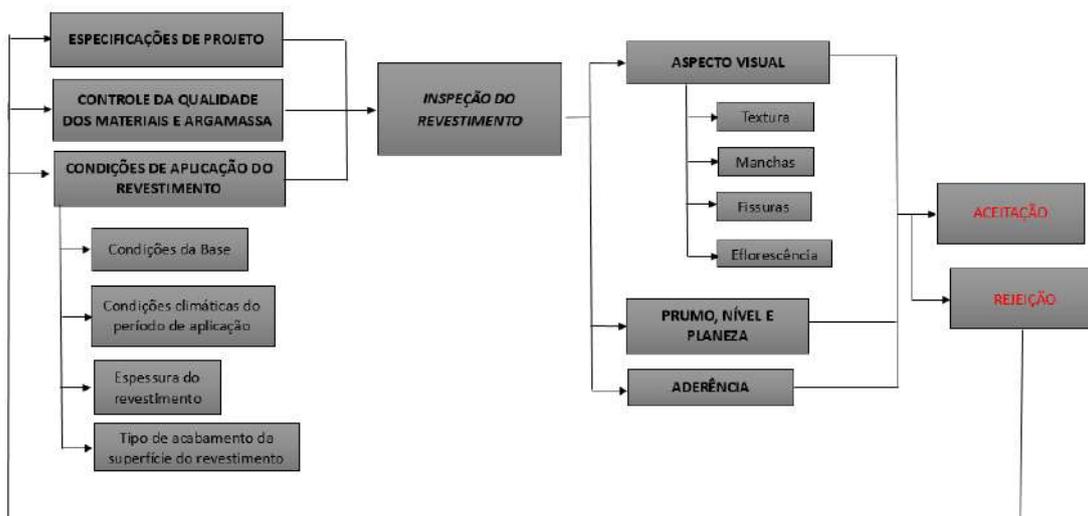


Figura 1 - Controle da qualidade do revestimento aplicado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na sequência serão apresentados, de forma gráfica, os resultados dos itens verificados nas inspeções nas obras.

Especificação de projeto

Projeto de produto

Os dados contidos na Fig. 2 mostram que 100 % das obras inspeccionadas não estão em conformidade com o requisito de projeto de produto em revestimentos argamassados.

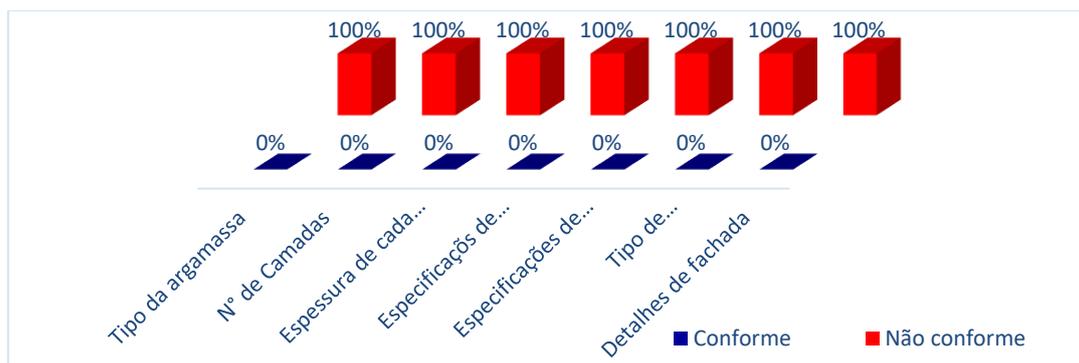


Figura 2 - Projeto de Produto em revestimentos argamassados.

Projeto de Processo

Quando a especificação de projeto de processo em um revestimento argamassado, todas as obras inspeccionadas estavam não conforme, conforme ilustra a Fig. 3.

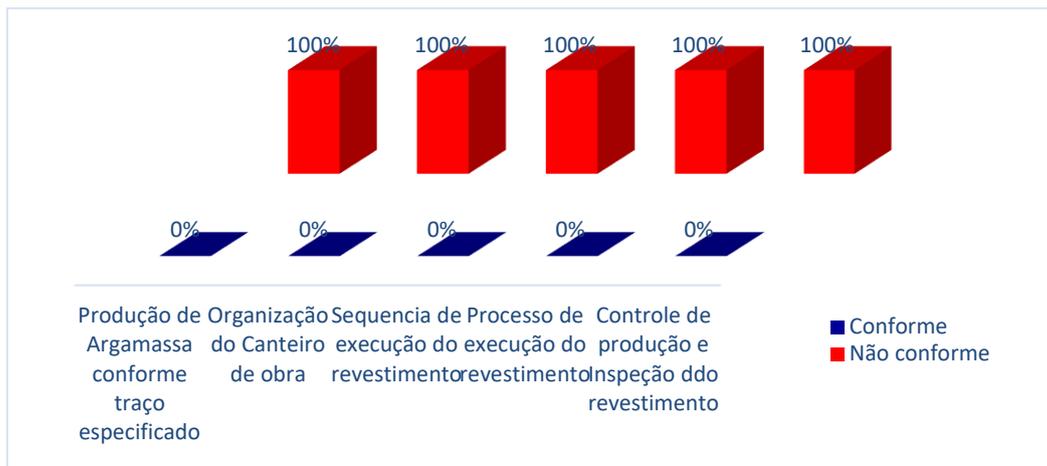


Figura 3 – Projeto de Processo em revestimentos argamassados.

Controle de qualidade dos materiais

Central de Produção de argamassa

Este item foi inspecionado somente em obras que possuíam central de produção. Das 9 obras inspecionadas 5 utilizavam argamassa dosada em obra. Nestas foi possível inspecionar este item, já o restante das obras utilizava argamassa usinada. A Fig. 4, demonstra que 100% das obras estavam de acordo com a NBR 7200/2013 nos seguintes itens: água canalizada, misturador mecânico, peneiras e dispositivos de agregados. Quanto ao quesito de compartimentos separados e identificados para diferentes materiais, nenhuma das obras atendeu a norma, 04 das obras inspecionadas possuíam os compartimentos separados, porém não possuíam a identificação de cada material e uma delas não possuía os compartimentos separado de materiais e nem a identificação. A indevida separação dos materiais podem causar contaminações nos agregados, gerando manifestações patológicas como as vesículas.

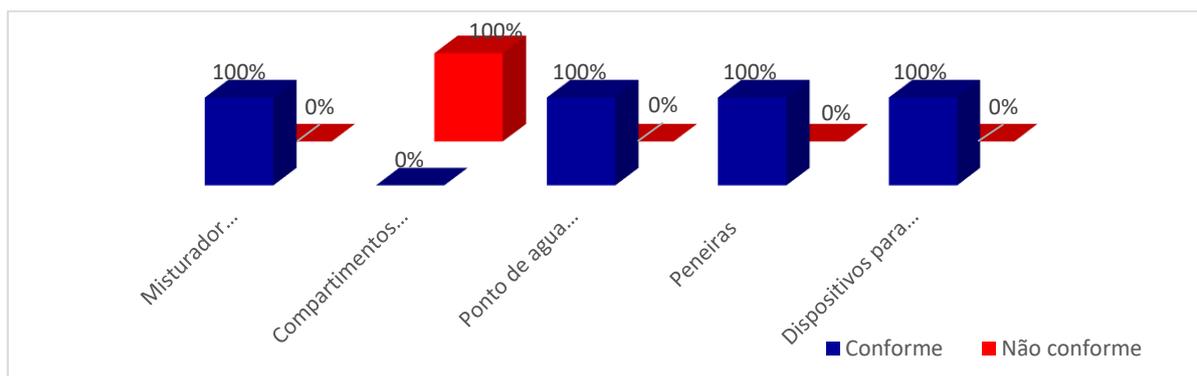


Figura 4 – Central de Produção.

Condições de Aplicação do Revestimento

Condições da Base

A Fig. 4 apresenta os resultados obtidos no item que compõe o molhamento da base em parede que não fossem de concreto, 55,60% das obras adotavam a técnica e 44,4% das obras não tinham como procedimento efetuar a molhagem da parede, nestes casos de não conformidades, foram encontradas situações em que o molhamento era feito somente em períodos com altas temperaturas. Sobre a

retirada de pontas de ferros, 100% das obras inspecionadas efetuavam este processo. Já em relação as correções de irregularidades nos revestimentos argamassados, 33,3% das obras inspecionadas executavam de forma correta, cerca de 77,8% não utilizavam telas ou muito menos faziam em duas etapas o preenchimento das irregularidades quando a espessura fosse superior a 50mm. No que se refere a limpeza da base, nenhuma das obras inspecionadas executavam de forma correta a limpeza.

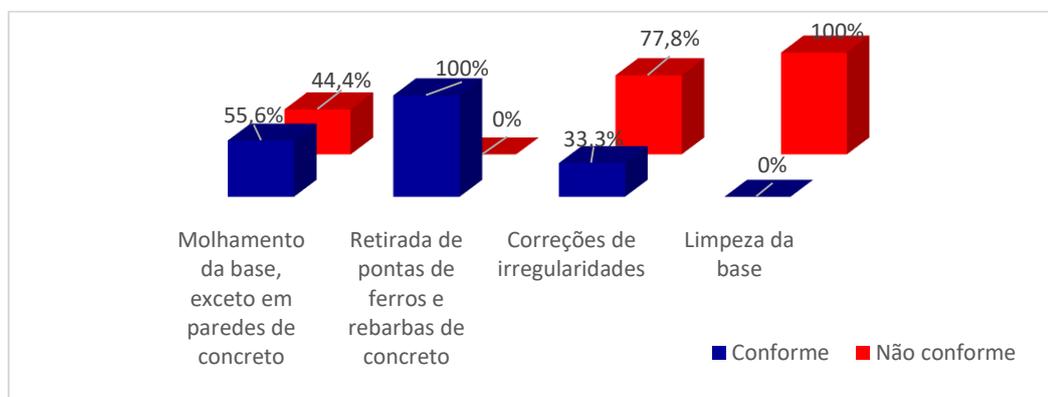


Figura 4 - Condições da base.

Espessura do Revestimento

A Fig. 5, expõe que 100% das obras inspecionadas estão em desconformidade com a NBR 13749/2013, onde a NBR 13749/2013 salienta que a espessura do revestimento argamassado em paredes internas não pode ultrapassar de 20 mm. Nas obras inspecionadas, as espessuras dos revestimentos variaram de 25mm a 40 mm.

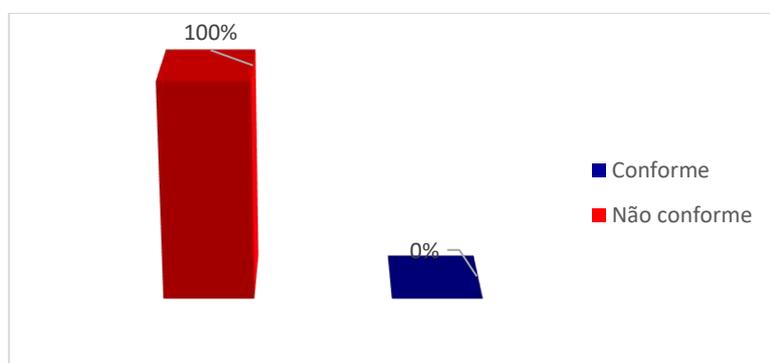


Figura 5 – Espessura do revestimento.

Condições climáticas no momento de aplicação

Os dados contidos na Fig. 6 mostram que 100% das obras inspecionadas estão em conformidade com este requisito.

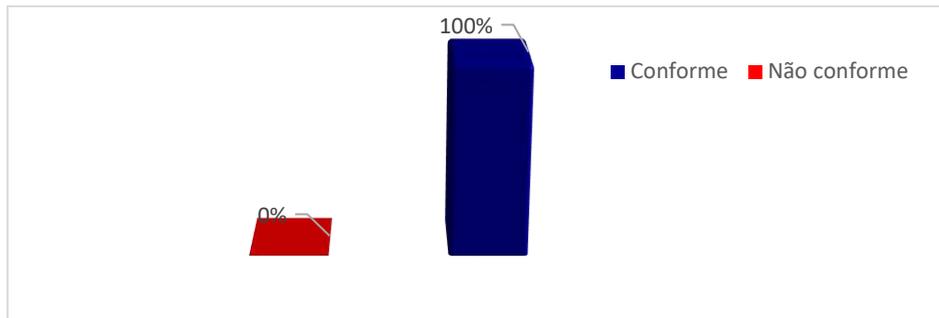


Figura 6 - Condições climáticas no momento da aplicação do revestimento.

Inspecção do Revestimento

Para aferição deste item, foi inspecionado 4 paredes aleatórias em cada obra, sendo que as mesmas apresentavam a etapa de emboço concluída.

Aspecto Visual

A Fig. 7 mostra que apenas duas paredes (5,5%) apresentaram fissuras e em uma parede (2,7%) apresentava manchamentos, o restante atenderam os requisitos normativos no que se refere ao aspecto visual.

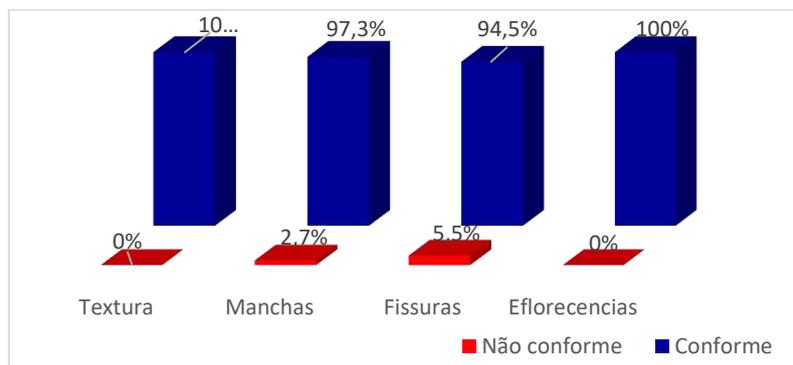


Figura 7 – Aspecto Visual.

Prumo / Planeza / Aderência

Conforme a Fig. 8, dentre as obras inspecionadas, verificou-se que 100% delas estavam com a prumo, planeza e aderência do revestimento argamassado das paredes dentro dos requisitos exigidos pela NBR 13749/2013.

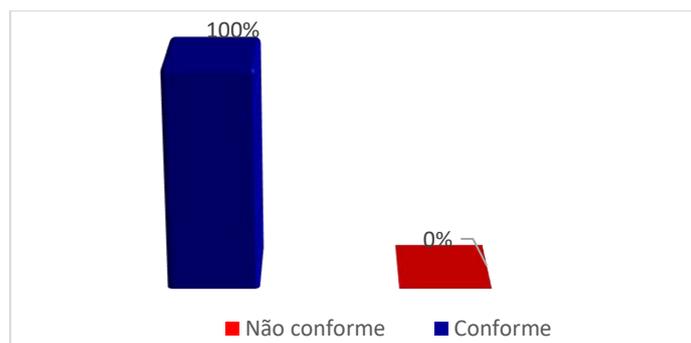


Figura 8 - Prumo / Planeza / Aderência

Resumo dos resultados

No quadro 1 estão apresentadas as não conformidades encontradas, correlacionando-as com as possíveis manifestações patológicas que podem surgir nos revestimentos argamassados.

Parâmetros com não conformidade	Possíveis patologias decorrentes
Projeto de produto	- fissuras - descolamentos - vesículas
Projeto de processo	- eflorescências - fissuras - entre outras manifestações
Central de produção de argamassa	- vesículas
Condições da base	- descolamentos
Espessura do revestimento	- tricas - fissurações - descolamentos

Quadro 1 – Relação de não conformidade com as patologias decorrentes.

CONCLUSÕES

Através da elaboração deste trabalho, foram determinados, mediante consulta a normas e bibliografias, os parâmetros a serem avaliados nas inspeções à execução de serviços de revestimentos de argamassa, buscou-se a estabelecer uma metodologia que permitisse, de forma eficaz, a verificação do nível de atendimento a esses parâmetros, tendo como amostra obras situadas na cidade de Erechim/RS.

Constatou-se que nenhuma das obras inspecionadas teve desempenhos satisfatórios em todos os requisitos que envolvem o processo de execução de revestimentos de argamassa. Em síntese, a especificação de projeto e as condições de aplicação do revestimento, espessura do revestimento e limpeza da base, foram as maiores não conformidades encontradas. Consequentemente, as principais implicações patológicas que são possíveis de acontecer futuramente são: tricas, fissurações e descolamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas -Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013

SABBATINI, F. H. **Tecnologia de Execução de revestimentos de argamassas**. IN: SIMBÓRIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 13., 1990. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. EPUSP -São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1990.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****CONTROLE DA INTEGRIDADE DE ESTACAS
ESCAVADAS ATRAVÉS DE ENSAIOS NÃO
DESTRUTIVOS TIPO PIT****Aluno: Bruno Karling
Orientador: Larissa Montagner de Barros****INTRODUÇÃO**

Com o aumento da concentração populacional nos grandes centros, obras cada vez mais esbeltas são realizadas umas próximas às outras, necessitando um cuidado maior na execução das fundações destas, prevenindo problemas às fundações vizinhas já existentes, sendo este um dos motivos pelo qual se pode indicar o uso de estacas escavadas nas fundações. Milititsky et al. (2015) dizem que na etapa de execução podem ocorrer erros devido à má execução bem como a instabilidade das paredes da perfuração. As fundações são partes da estrutura que não ficam visíveis para acompanhamento, portanto é necessário o auxílio de algum ensaio para a verificação estrutural das estacas. Entre as diferentes alternativas existentes no mercado para a realização desta verificação, o ensaio PIT destaca-se pelo baixo custo e rápida execução. Porém, segundo Polido (2013), devido à falta de padronização do ensaio no país, seu uso é visto como um desafio para os profissionais. O trabalho busca apresentar uma metodologia para a correta interpretação do ensaio PIT realizado em estacas, buscando um auxílio para profissionais da área da construção civil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho, foram analisadas 9 estacas, provenientes do estudo de Montemezzo (2016), onde o autor utilizou 3 técnicas de concretagem, sendo elas: concretagem seguindo os padrões locais com concreto lançado da borda, concretagem com auxílio de tubo tremonha e concretagem com uso de aditivo antisegregante. Sendo todas as estacas executadas com diâmetro de 250 mm com materiais utilizados em nossa região como pedrisco, areia fina e areia média, concreto com $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$. Estas estacas foram nomeadas e identificadas com códigos para posterior análise dos grupos definidos pelo modelo de concretagem.

O modelo proposto servirá de análise servirá de base para uma interpretação correta das condições das estacas, conferindo a compatibilidade do resultado final com as características físicas das estacas exumadas.

Para alcançar os objetivos deste trabalho, determinou-se uma metodologia a seguir, que está demonstrada na Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Metodologia para realização do trabalho.

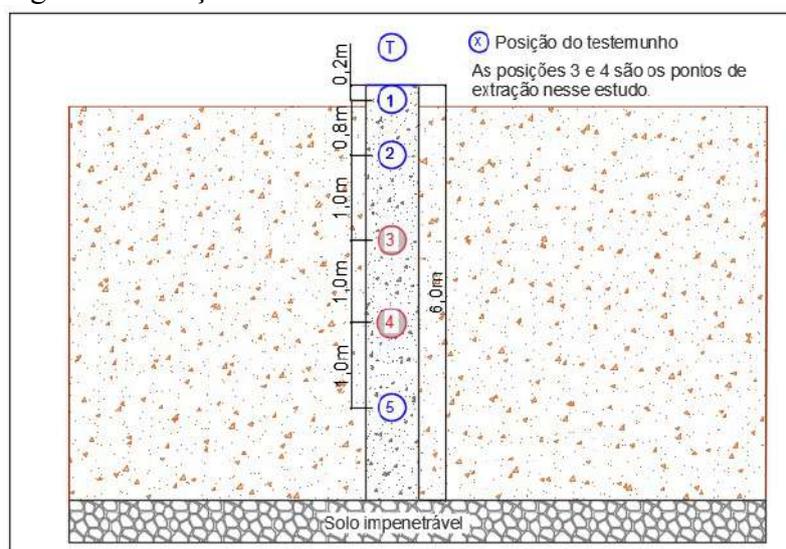


Fonte: Autor (2017).

Com intuito de entender o funcionamento do ensaio PIT, e realizar uma fundamentação teórica nos parâmetros que devem ser analisados, inicialmente realizou-se pesquisas na literatura, para verificar quais parâmetros influenciavam na reflexão da onda. Sabendo que o ensaio PIT baseia-se na leitura da impedância, provocada pelo impacto de um martelo na superfície da estaca, fazendo com que uma onda se propague pelo fuste e seja refletida em imperfeições encontradas, Mucheti (2008) afirma que a impedância depende do módulo de elasticidade e da área da seção transversal e é inversamente proporcional a velocidade de propagação da onda, ainda para Mucheti (2008), a velocidade da onda é dependente de fatores como o módulo de elasticidade e a densidade do material.

Em posse dos parâmetros que influenciam na reflexão da onda optou-se pela retirada de testemunhos das estacas já exumadas, para obtenção de valores relativos à resistência do concreto, módulo de elasticidade e densidade (peso específico) do concreto. Os testemunhos foram retirados seguindo a posição demonstrada na Figura 2, abaixo.

Figura 2 - Posição de retirada dos testemunhos.



Fonte: Autor (2017).

Posteriormente, para quantificar os parâmetros que mais influenciavam e definir alguns critérios para a interpretação, realizou-se a análise de sensibilidade, que buscou apresentar o quão influente é cada um dos parâmetros. Os dados analisados nesta análise de sensibilidade são os mostrados no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Dados analisados pela ferramenta estatística.

Método Execução e estaca	Módulo Elasticidade (MPa)	Área (m ²)	Velocidade Onda (m/s)	Peso Esp (kg/m ³)	Impedância (Ω)
18120-P	691600	0,170	1904,8	1,87	61,590
	456400	0,062	1460,2	2,10	19,262
	299600	0,063	1125,5	2,32	16,778
	182000	0,063	898,8	2,21	12,763
19139-P	674800	0,066	1784,0	2,08	24,926
	403200	0,062	1281,1	2,41	19,395
	252000	0,064	1027,8	2,34	15,803
	271600	0,061	1160,0	1,98	14,167
18140-P	277200	0,059	1183,9	1,94	13,844
	795200	0,061	1814,3	2,37	26,522
	599200	0,062	1552,1	2,44	23,790
	291200	0,076	1147,4	2,17	19,318
18114-T	602000	0,064	1705,6	2,03	22,750
	1145200	0,063	2172,6	2,38	33,225
	1391600	0,066	2355,7	2,46	38,757
	1288000	0,080	2230,4	2,54	45,955
	1167600	0,021	2180,1	2,41	11,085
18119-T	1159200	0,060	2141,4	2,48	32,606
	1013600	0,059	2035,5	2,40	29,308
	1246000	0,051	2224,6	2,47	28,526
	1484000	0,035	2384,7	2,56	21,572
	1293600	0,019	2271,3	2,46	10,882
18116-T	481600	0,076	1475,5	2,17	24,945
	1131200	0,062	2187,1	2,32	31,874
	1282400	0,076	2407,8	2,17	40,705
	1724800	0,048	2601,6	2,50	32,098
	1131200	0,056	2150,3	2,40	29,609
18117-A	1215200	0,063	2435,3	2,01	31,453
	543200	0,064	1578,0	2,14	21,943
	1027600	0,073	2058,1	2,38	36,618
	848400	0,063	1885,9	2,34	28,356
18118-A	456400	0,060	1463,6	2,09	18,782
	845600	0,062	1847,6	2,43	28,525
	859600	0,067	1862,9	2,43	31,080
	386400	0,044	1394,2	1,95	12,077
18115-A	1008000	0,066	2042,6	2,37	32,519
	999600	0,059	2021,4	2,40	29,105
	635600	0,067	1582,4	2,49	27,053

Fonte: Autor

Utilizadas as técnicas de padronizar coeficientes para poder realizar a comparação entre unidades diferentes, através da ferramenta ANCOVA, presente na extensão XLSTAT para Excel®. A Figura 3 abaixo mostra a interface da extensão utilizada para a análise qualitativa e quantitativa dos parâmetros.

Figura 3 - Interface da extensão XLSTAT para Excel.



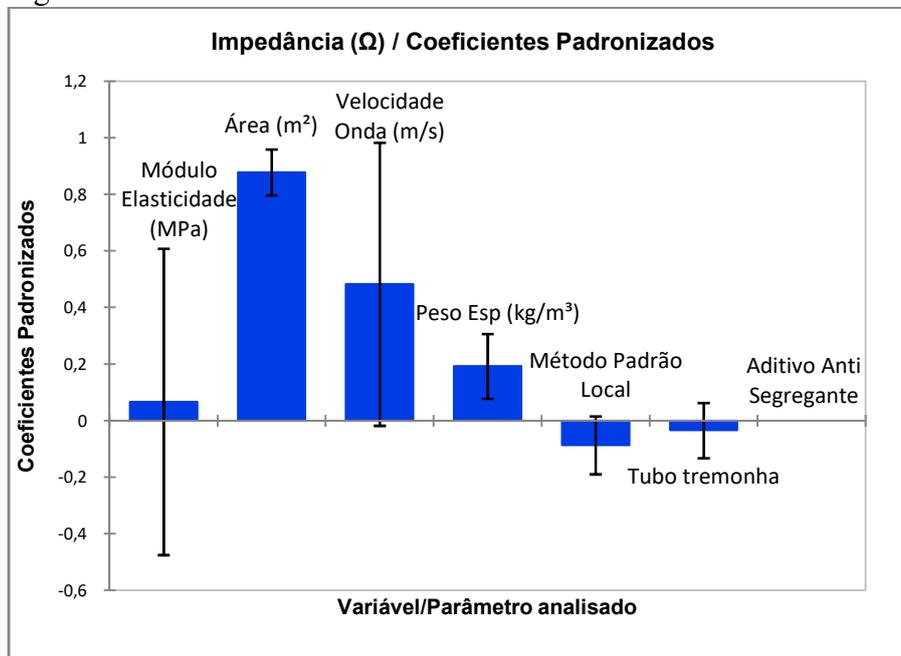
Fonte: Autor (2017).

Com intuito de ao final do trabalho comparar a proposta de interpretação com as estacas exumadas, realizou-se a análise visual do grupo de estacas em campo, anotando variações de seções e problemas encontrados, como intrusões e placas argilosas, nichos de concretagem, etc. Optou-se pela medição da seção a cada 50 cm, ou cada defeito da seção transversal percebido.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para formulação da metodologia, como dito anteriormente, é necessário confirmar qual parâmetro tem mais influência no resultado do ensaio. Com base nesta necessidade, realizou-se a análise de sensibilidade citada anteriormente, obtendo como resultado a Figura 4 mostrada abaixo. Nela estão comparados os fatores mecânicos e físicos (quantitativos) e os fatores relativos ao método de execução (qualitativo).

Figura 4 - Análise de sensibilidade com ferramenta ANCOVA.

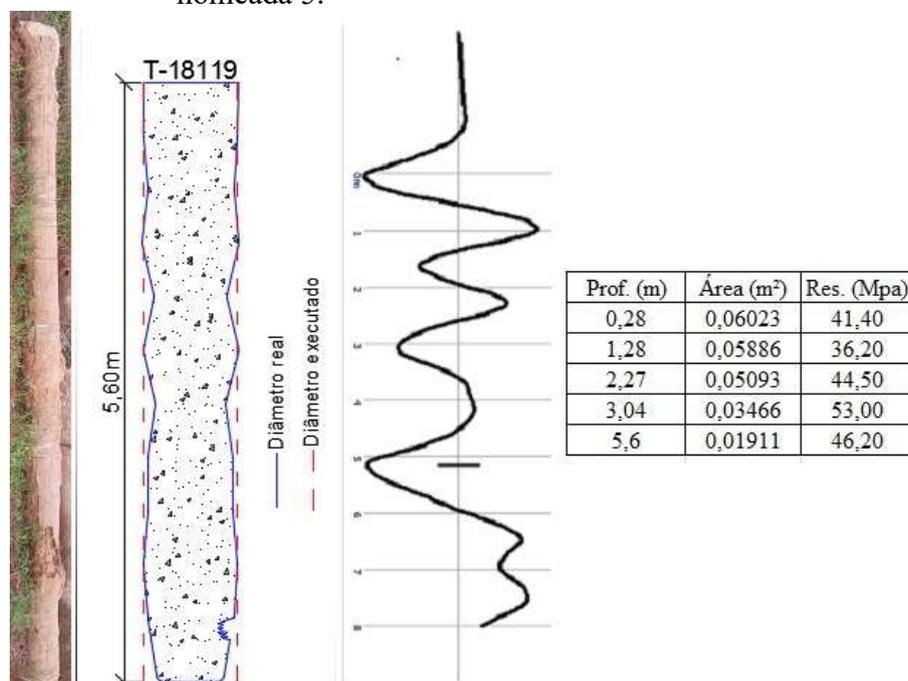


Fonte: Autor (2017).

Conforme visto na Figura 4, percebe-se que o principal fator que deve ser analisado na interpretação do resultado é a variação de área da seção. Podendo desprezar-se os métodos de execução, bem como módulo de elasticidade. Segundo a ferramenta, esta análise fornece 97% de confiabilidade nos resultados. Desta forma têm-se o principal critério a ser analisado.

Ao realizar a análise visual das estacas e o ensaio PIT, nas nove estacas, marcaram-se os problemas encontrados e as medições de seção transversal assim, caracterizando as estacas fisicamente. A Figura 5, apresenta a análise feita na estaca denominada 5.

Figura 5 - Estaca real, análise visual e ensaio PIT e dados referentes à estaca nomeada 5.



Fonte: Autor (2017).

Da mesma forma que para a estaca supracitada, foram encontrados resultados para as demais estacas executadas e exumadas no campo de experimentos da Universidade.

Conforme a análise de sensibilidade que nos indicou que devemos analisar principalmente as ondas do ensaio PIT como variação de área da seção transversal, define-se o modelo proposto a seguir:

- Analisar o pico inicial no gráfico.
- Consideram-se como defeitos qualquer anormalidade (variações) no gráfico gerado, sendo picos, variações alongadas e achatadas da onda.
- Pelo resultado da análise de sensibilidade, adotam-se como variações de seção, os picos e variações mais bruscas no sinal refletido. Sinais alongados e achatados são devidos a variações de resistência, peso específico ou pequenas mudanças de seção, que podem ser desprezadas.
- Desta forma, considera-se toda onda (tendência a pico) para cima/direita, como aumento da seção, e onda com tendência para baixo/esquerda (pico) como redução de seção.
- Sinal alongado e próximo ao eixo considera-se como “normal” ou pequenas variações de seção. Estas variações também podem ter influência com a mudança repentina de material ou de características físicas.

- f) Deve-se atentar para possíveis repetições de reflexões em defeitos já refletidos anteriormente pela onda, para isto se devem analisar ondas com mesmo formato, porém em menores dimensões.

CONCLUSÕES

Através da análise de sensibilidade tomou-se conhecimento do fator mais influente no resultado do ensaio PIT, a área da seção transversal que é alterada por problemas de execução da fundação profunda, problemas como, por exemplo, deslocamento das paredes laterais da perfuração e concretagem submersa, que causam intrusões, etc. Por fim, comparando resultados obtidos com a análise visual, extração de testemunhos e análise de sensibilidade do ensaio chega-se à conclusão de que o ensaio tem utilidade principalmente em casos onde existem defeitos que alterem a seção transversal da fundação (estaca), como alargamentos, fissuras, estreitamentos, como afirmou Turner (1997) em seu estudo. Realizada a comparação entre a interpretação segundo as sugestões apresentadas anteriormente e o resultado da análise visual, aonde se constatou divergências apenas no comprimento das estacas.

Desta forma o ensaio PIT demonstrou-se de grande utilidade para avaliação das características físicas da fundação, de forma qualitativa, pois ele não apresenta dados referentes a percentuais de redução ou aumento de seção e sim apenas a ocorrência deste fenômeno.

REFERÊNCIAS

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MONTEMEZZO, Belcezar Veit. **Verificação da Integridade Estrutural de estacas escavadas concretadas na presença de água e/ou lama**. 2016. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Departamento das Engenharias e ciências da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2016.

MUCHETI, Alexsander Silva. **Estacas Hélice Segmentada: Execução, Verificação de Integridade e estudo de comportamento**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geotécnica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

POLIDO, Uberescilas Fernandes. **CONFERÊNCIA EM TECNOLOGIA DE FUNDAÇÕES, 2013, Campinas. Experiência com estaca hélice contínua da região Sudeste: Algumas Questões Práticas**. Campinas: Geoconsult, 2013. 28p.

TURNER, M. J.. **Integrity Testing in Piling Practice**. Londres: Construction Industry Research And Information Association, 1997. 336 p.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D 5882- 16 (2016): Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations**. West Conshohocken, United States American, 2016.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****Levantamento de patologias em fachadas na
região central da cidade de Erechim.****Aluno: Caren Kuhn****Orientador: Dra. Ivana Karine Aver****INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta um levantamento das manifestações patológicas que ocorrem em panos de fachadas na região central da cidade de Erechim-RS. De acordo com Helene (1993) patologia das construções é uma área de estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes apresentam um desempenho abaixo do mínimo pré-estabelecido, seu estudo é de suma importância para o setor da construção civil, pois busca esclarecimentos técnicos e científicos para os problemas encontrados em obras. As alterações em fachadas podem comprometer a vida útil de uma edificação e decorrem durante várias etapas que vão desde a concepção do projeto, fase de construção e na execução dos serviços.

Para poder identificar as patologias presentes em uma obra é necessário mapear a causa e as origens dos problemas. As manifestações patológicas podem ter como motivo os vícios construtivos, agentes causadores dos problemas, e até mesmo erros em projetos. Como forma de prevenir e solucionar os problemas encontrados estão às manutenções. Em edifícios a necessidade de reparo nas fachadas ocorre quando as manifestações tornam-se evidentes, sendo necessárias reuniões para levantamento de recursos e de custos para realizar o reparo, este tempo gasto faz com que a deterioração aumente, agravando ainda mais o problema, sendo que os custos deste agravo não estão computados, muitas vezes, no orçamento inicial. Portanto este trabalho tem como objetivo avaliar a ocorrência de patologias nas fachadas em edifícios na cidade de Erechim-RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho apresenta uma metodologia de inspeção visual, fotográfica e busca de informações pertinentes na tentativa de sistematização de dados sobre patologias em fachadas na região central do município de Erechim, com mapeamento em regiões específicas a fim de reunir dados representativos para o levantamento de informações sobre o tema abordado.

Para o processo de coleta de dados foi realizado registros fotográficos das edificações, de forma a facilitar a identificação e reconhecimento das mesmas. Para obter uma amostragem significativa das patologias em fachadas, a pesquisa foi delimitada na região central, dividida por zonas de unidades territoriais, abordando uma edificação por zona.

Como forma de levantamento de dados das edificações, foram buscadas informações no que diz respeito a:

- a) Tipo de uso da edificação;
- b) Número de pavimentos;

- c) Acabamento de fachada;
- d) Intervenções /manutenções;
- e) Patologias observadas;
- f) Projeto de fachada existente se sim ou não

Fundamentando-se basicamente em análise de documentações, inspeção visual, identificação das manifestações patológicas, mapeamento de fachada, quantificação dos dados recolhidos, proposição das regiões onde acontecem as principais anomalias e por fim, um diagnóstico e forma de correção das patologias encontradas.

Posterior aos dados obtidos das manifestações foi confeccionado o mapeamento, conforme figura 01, quantificando a incidência de região de cada patologia.

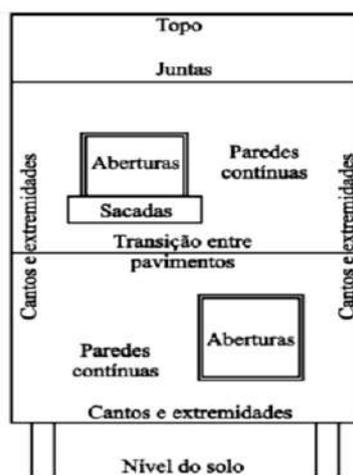


Figura 01- Mapeamento proposto das zonas de incidência de patologias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma a obter uma visão geral das manifestações patológicas encontradas durante o estudo e da mesma forma avaliar as regiões de incidências de manifestações nas fachadas, neste item foi elaborada uma representação esquemática da presente pesquisa.

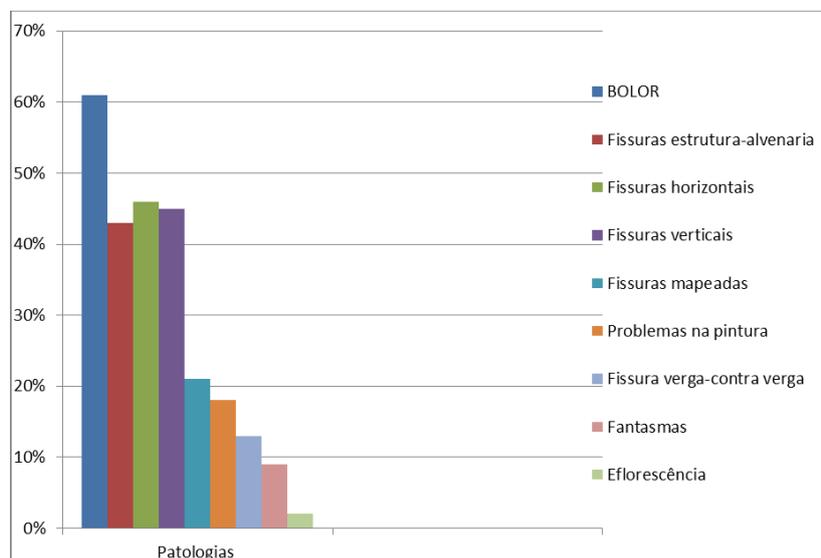


Gráfico 01 – Ocorrência de patologias na fachada.

Abordando os edifícios estudados e as patologias que estes apresentam, pode-se observar que as manchas de bolor são em sua maioria a patologia que mais acomete as edificações analisadas. Como pesquisado na revisão bibliográfica o seu desenvolvimento ocorre devido à falta de ventilação adequada, variações de temperaturas e poluição depositadas nas fachadas. O que pode ser verificado é que detalhes construtivos adequados, bem como materiais utilizados nas fachadas contribuiriam para diminuir a patologia. A falta de manutenção está atrelada a esta patologia, já que das edificações que foram estudadas somente duas delas passaram por manutenções, em períodos menores que quatro anos.

Para controle deste problema, o ideal seria lavar a fachada com água, posterior a isso fazer uma pintura fungicida, que visa controlar a proliferação de fungos relacionados ao bolor. Além de inserir elementos construtivos que auxiliam na fachada como, por exemplo, beiras, pingadeiras.

A outra patologia que ocorreu, em sua maioria nos edifícios estudados foram às fissuras, que se apresentaram entre a alvenaria-estrutura, verticais e horizontais. Esta patologia ocorre em várias edificações devido à forma com que se apresenta. Dentre os prédios observados o prédio 02 e 06 apresentam a forma mais evidente e contabilizada em grande número. O prédio 02 está em fase de manutenção, em conversa com a construtora um dos pontos levantados para o problema está o longo período da obra, maior que cinco anos e também erros construtivos pelas diversas equipes que executaram sua construção.

Os problemas com pintura foram mais evidentes na edificação 04, principalmente na região das sacadas. Em conversa com o responsável por zelar o prédio, está já passou por manutenção duas vezes em menos de três anos. Durante o período de pesquisa deste trabalho, o prédio iniciou uma nova etapa de pintura externa em todo o seu perímetro, não somente nas sacadas.

Os fantasmas, patologia relacionada a desforma e erros executivos, esta por sua vez não contribui com outro problema que possa surgir, ficando apenas a estética da edificação comprometida.

A eflorescência não foi decorrente nas edificações estudadas, sendo evidente somente em uma delas, onde o problema está atrelado a platibanda da edificação e sua falta de impermeabilização. Em períodos de chuvas os sais escorrem por entre as cerâmicas. Para solucionar-lo basta uma lavagem nas pedras comprometidas na superfície das placas e estancar o problema causador de infiltração.

Apresentam-se a seguir as regiões típicas das fachadas onde as patologias ocorreram em sua maioria.

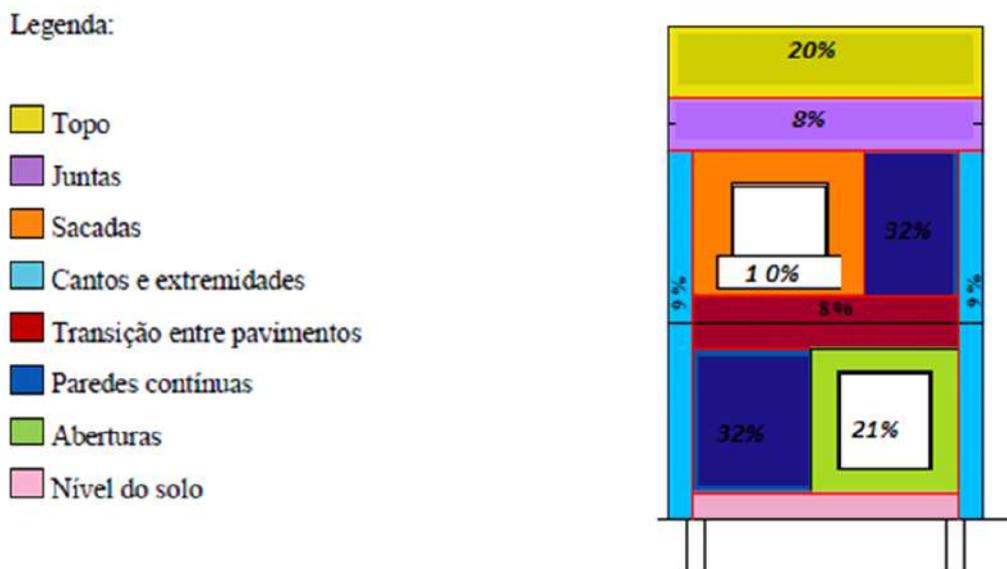


Figura 2 – Índice de incidência de patologias na fachada.

Como pode ser observado o maior índice de patologias ocorrem nos panos de fachada de parede contínuas e aberturas causadas pelas fissuras. Na sequência está atrelado os topos das edificações, onde visto na pesquisada decorrente de fissuras e bolores. Estas manifestações patológicas decorrem de aspectos construtivos, dos quais um projeto de fachada poderia contribuir de forma a minimizar os problemas encontrados, bem como a manutenção frequente destas edificações.

As sacadas das edificações apresentavam fissuras atreladas a infiltrações em diversos pontos, elas se configuravam na forma, em sua maioria, mapeada. As fissuras mapeadas decorrem de retração da argamassa, variações bruscas de temperatura e presença de umidade. Os problemas que ocorreram nas juntas das edificações estavam relacionados a fissuras do tipo estrutura-alvenaria

CONCLUSÕES

Durante a etapa de revisão bibliográfica, percebeu-se que diversos autores apontavam os erros de projetos como sendo os causadores de patologias nas edificações. No momento em que o estudo passou a aprofundar-se, a questão citada ficou bem clara, sendo evidente através de levantamentos fotográficos a inexistência de detalhes construtivos que resolveriam facilmente os problemas encontrados.

Outro aspecto observado foi a má execução dos revestimentos bem como a falta de mão-de-obra apta a executar os elementos. No que tange a manutenção, observou-se que em apenas duas edificações pesquisadas foi realizado um trabalho de pintura e selamento de fissuras. Não tendo a devida importância a qual seria necessária, onde um trabalho de manutenção poderia ter evitado as patologias observadas.

Com o mapeamento dos danos nas regiões das fachadas pode-se contribuir para futuros projetos de fachadas na prevenção dos danos futuros que podem ocorrer, no entanto este estudo poderia ser complementado com ensaios localizados e laboratoriais que visam identificar e obter um diagnóstico definitivo e concreto dos problemas observados.

Para poder definir com exatidão e precisão os mecanismos causadores das patologias apenas sua quantificação não é suficiente, exigindo um trabalho mais profundo desde avaliações construtivas, materiais utilizados e sua qualidade bem como ensaios em campo e laboratoriais em cada uma das edificações.

Não foi considerado nesta pesquisa e nem analisadas as fundações das edificações, pois compreenderia uma área maior da patologia, não somente relacionadas em panos fachadas, mas também problemas estruturais, não evidenciando o objetivo deste estudo, relacionado somente a fachadas.

Contudo o objetivo maior desta pesquisa foi alcançado, definindo os problemas que acometiam as fachadas na região central da cidade de Erechim.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118. Projetos de estruturas de concreto – procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 5674. Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 14037**: Manual de operação, uso e manutenção das edificações. Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ALUCCI, M. P., FLAUZINO, W. D., MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988.

BAUER L.A.F. **Materiais de construção**, 5. Ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1994, v.2.

CEOTTO, L.H; BONDUK, R.C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de fachada em argamassa**: boas praticas em projetos, execução e avaliação. Porto Alegre: ANTAC. Recomendações Técnicas Habitare, v.1.2005

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento – análise e recomendações**. 1983. 25 f. Monografia 8 – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT, São Paulo, 1983.

FLAIN, Eleana Patta. **Tecnologia de produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas**. 1995. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 1995.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Bases for design of structures – General requirements. ISO 22111. 2007.

_____. General principles on the design of structures for durability. **ISO 13823**. 2008

KLEIN, D. L. **Apostila do Curso de Patologia das Construções**. Porto Alegre- 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.1999.

LINCHTENSTEIN, NB; **Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. SP. Dissertação (Mestrado). EPUSP.1985

PETRUCCI, H.M.C. **Alteração da aparência das fachadas dos edifícios**: Interação entre as condições ambientais e a forma construída. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.2000

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, Ed. PINI, 1992.

VIEIRA, A.A. **Influência dos detalhes arquitetônicos no estado de conservação das fachadas de edificações do patrimônio cultural do centro histórico de Porto Alegre**: estudo de caso..162f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia)- Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO COMPARATIVO DO USO DA MACROFIBRA DE
POLIPROPILENO E DA TELA METÁLICA ELETROSOLDÁVEL FRENTE À
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO DE CONCRETOS EMPREGADOS
EM PISOS****Aluna: Chaline Farinelli****Bolsista I.C.: Beatriz Schimelfenig****Francine Padilha****Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Vitorino da Silva****INTRODUÇÃO**

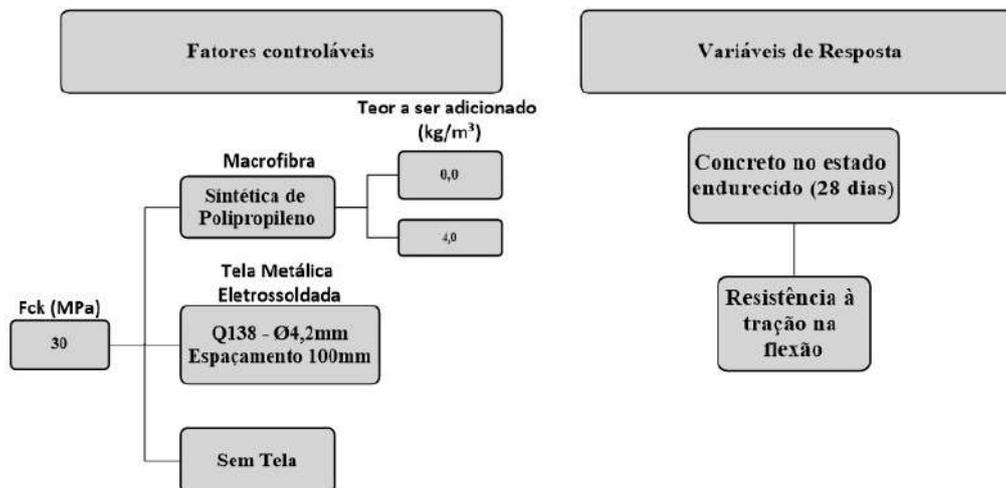
As macrofibras sintéticas podem proporcionar uma capacidade resistente equivalente aos reforços secundários de telas metálicas eletrossoldadas. O reforço das macrofibras possibilita uma maior resistência nas variações de volume do concreto e ajuda a distribuir as tensões internas (GRANATO; POLIDORO, 2015). Já a utilização de tela metálica eletrossoldável como reforço secundário é uma prática comum e utilizada para uma melhor distribuição da carga (CAMARGO, 2010). A utilização da tela em pisos requer certos cuidados, como o correto posicionamento dentro da camada de concreto, para que esta não venha a prejudicar o desempenho dessas estruturas (GRANATO; POLIDORO, 2015).

Dessa forma, com o intuito de utilizar materiais e técnicas mais avançadas, surge a macrofibra de polipropileno, que com sua função estrutural pode até substituir a tela metálica eletrossoldável. Sendo assim, esta pesquisa pretende estudar o desempenho de concreto reforçado com macrofibras de polipropileno e com a tela metálica eletrossoldada na tração por flexão, analisando a influência de diferentes teores de adição de fibra (0 kg/m^3 ; 4 kg/m^3).

MATERIAL E MÉTODOS

O programa experimental desta pesquisa foi preparado a fim de possibilitar que se trabalhe com variáveis de controle e, posteriormente, seja possível analisar a influência das mesmas nas variáveis de resposta. A determinação dos teores de macrofibra adotados na pesquisa, partiu-se de um teor médio indicado pelo fabricante de 4 kg/m^3 , e um teor de referência de 0 kg/m^3 . Para a determinação da tela, foi considerada uma opção muito utilizada para pisos que suportam cargas médias à altas. A Figura 1 apresenta o programa experimental.

Figura 1 – Programa experimental.



Fonte: Autor.

MATERIAIS

- Cimento

O cimento utilizado para esta pesquisa foi o CPV-ARI, essa escolha se deve ao fato de que este não possui nenhuma adição mineral, possibilitando uma melhor análise do desempenho da macrofibra. Este apresentou massa específica de 3,04g/cm³ e finura Blaine 5g/cm², estando de acordo com as exigências da NBR 5733.

- Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado foi uma areia natural de origem quartzosa, caracterizada pelos ensaios de massa específica (NBR NM 52/2009), massa unitária (NBR NM 45/2006), composição granulométrica (NBR NM 248/2003) e absorção de água (NBR NM 30/2001). Este agregado apresentou um módulo de finura de 2,40 e dimensão máxima característica 4,75mm, estando em conformidade com os limites estabelecidos na NBR 7211:2009.

- Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado é de origem basáltica, conhecido como brita 1. O mesmo foi caracterizado pelos ensaios de massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2009), massa unitária (NBR NM 45/2006) e composição granulométrica (NBR NM 248/2003). Este agregado apresentou um módulo de finura de 6,94 e dimensão máxima característica 25,00mm, estando em conformidade com os limites estabelecidos na NBR 7211:2009.

- Tela metálica eletrosoldada

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi utilizada a tela Q138 com as seguintes características, conforme Tabela 1 e Figura 2.

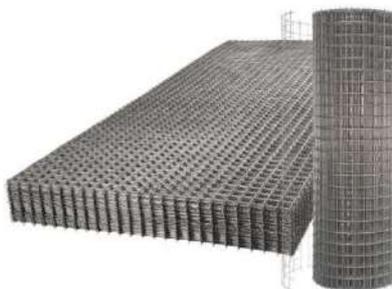
Tabela 1: Caracterização da tela metálica eletrosoldada

Designação	Espaçamento entre fios (cm)	Diâmetro (mm)	Seções (cm ² /m)	Apresent.	Dimensões (m)	Peso	
	Long. X Transv.	Long. X Transv.	Long. X Transv.		Larg. X Comp.	kg/m ²	kg/Peça
Q138	10x10	4,2x4,2	1,38x1,38	Painel	2,45x6,00	2,20	32,30

Fonte: Fabricante.

O aço utilizado para fabricação deste tipo de tela é o CA-60, o qual apresenta capacidade de soldabilidade com ótimo dobramento e alta resistência.

Figura 2: Tela metálica eletrossoldada



Fonte: Fabricante.

- Macrofibra sintética de polipropileno

As características técnicas, conforme fabricante, estão dispostas na Tabela 6, e a ilustração conforme Figura 3.

Tabela 6: Caracterização da macrofibra sintética de polipropileno

Macrofibra	
Material	Polipropileno
Tipo	Monofilamento
Densidade	0,92g/cm ³
Comprimento	51mm
Fator de Forma	74
Resistência à tração	600 - 650 MPa
Módulo de elasticidade	9,5 GPa
Resistência ao álcalis/ácidos	Excelente
Dosagens	1,8 - 12 kg/m ³

Fonte: Fabricante

Figura 3: Macrofibra sintética de polipropileno



Fonte: Fabricante

- Aditivo

Utilizou-se aditivo superplastificante na mistura para melhorar a trabalhabilidade do concreto. A Tabela 2 apresenta as características físico-químicas do aditivo.

Tabela 2: Características do aditivo

Propriedades Físico-Químicas	
Estado físico	Líquido
Base química	Solução de Policarboxilatos em meio aquoso
Densidade (g/cm ³)	1,1

Fonte: Fabricante

DOSAGEM

A dosagem utilizada nesse trabalho foi realizada pelo método do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), fixando-se o abatimento de tronco cone do concreto, em 100 ± 20 mm, e o teor ideal de argamassa (α), em 54%, determinado experimentalmente. O traço adotado foi de 1:1,41:2,06 (c:a:p) e utilizando 0,1% de aditivo, o consumo de cimento foi de $481,31 \text{ kg/m}^3$. A dosagem experimental esta apresentada na Tabelas 3.

Tabela 3 - Dosagem experimental

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento (a/c)	Resistência - 28 dias (MPa)	Consumo de cimento (kg/m^3)	Aditivo (%)	H (%)	Abatimento (mm)
3,5	0,38	43,06	497,81	0,1	8,4	90
5	0,47	36,51	375,05	0,1	7,8	90
6,5	0,59	25,63	298,28	0,1	7,9	90

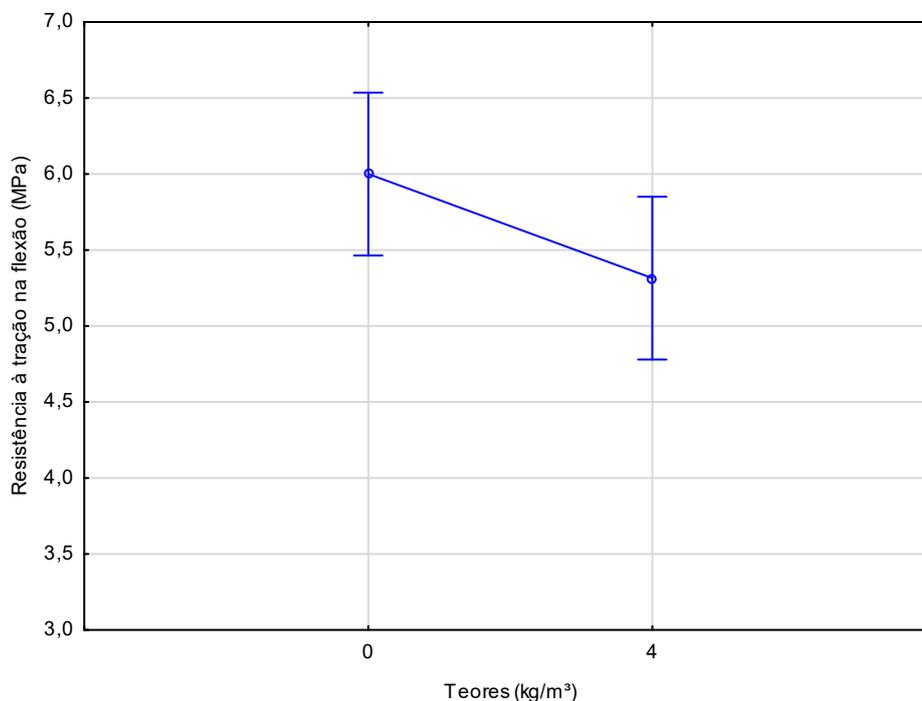
Fonte: Autor

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resistência à tração na flexão

A Figura 4 mostra a influência dos teores de adição da macrofibra frente à resistência à tração na flexão. Tal figura foi obtida através dos resultados do ensaio de resistência à tração na flexão dos traços estudados, na idade de 28 dias, na análise de variância (ANOVA).

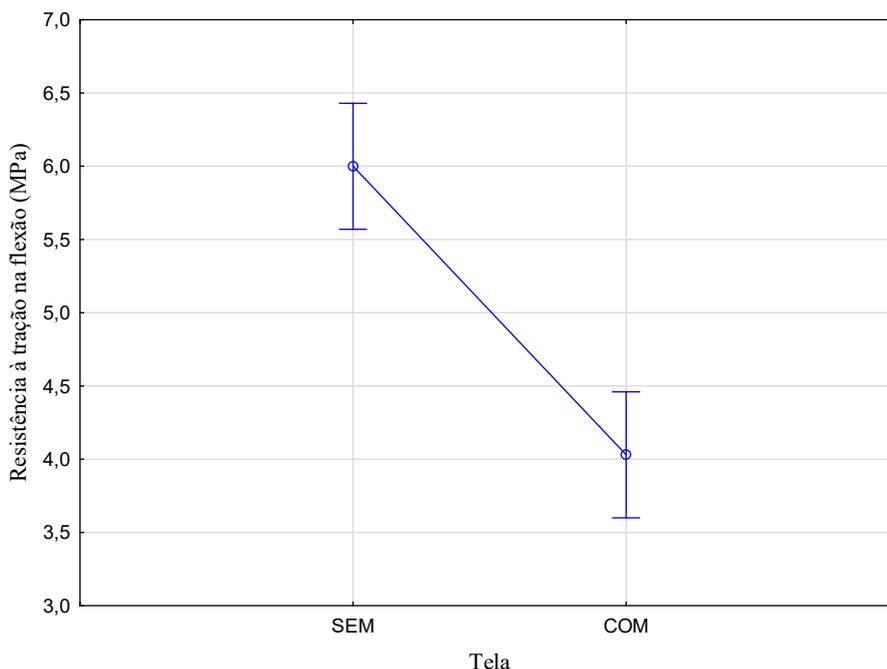
Figura 4: Efeito do teor de macrofibra na resistência à tração na flexão nos concretos



Fonte: Autor.

De acordo com o gráfico, o teor de 4 kg/m^3 mostra-se significativo, mesmo este tendo reduzido a resistência à tração na flexão em 11,33%, diminuiu também o surgimento de fissuras pronunciadas. A Figura 5 mostra a influência da tela frente à resistência à tração na flexão dos concretos.

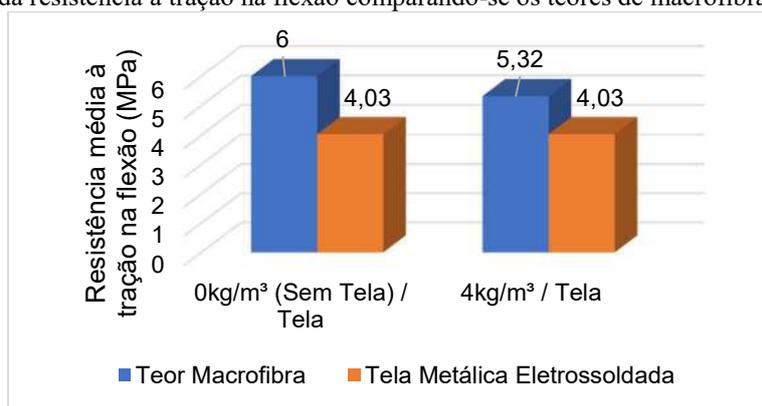
Figura 5 - Efeito da tela metálica na resistência à tração na flexão nos concretos



Fonte: Autor.

A partir da figura, pode-se notar a diferença de resistência entre as placas de concreto com tela e sem a tela, no qual as sem tela mostraram-se superiores, apresentando uma resistência 32,83% maior. Podemos associar a baixa resistência das placas com a tela metálica devido ao fato de que pode ter ocorrido falha de aderência entre o concreto e a mesma, em função do efeito ocasionado pela exsudação interna do compósito, promovendo a formação de água na interface inferior tela/matriz cimentícia. A Figura 6 apresenta a resistência à tração na flexão comparando-se os teores de macrofibra com o uso da tela.

Figura 6: Efeito da resistência à tração na flexão comparando-se os teores de macrofibra com o uso da tela



Fonte: Autor.

Durante a execução do ensaio foi possível notar que, as placas com a tela mesmo sem apresentarem fissuras aparentes tinham seu ensaio finalizado, acontecendo o mesmo para as placas com a macrofibra. Ao surgirem microfissuras internas o equipamento já apresentava como finalizado o ensaio. Já as placas sem tela tinham seus ensaios finalizados apenas quando a peça apresentava ruptura total. A macrofibra tem como objetivo absorver as deformações e criar pontes de tensões, o que faz com que a placa não sofra ruptura nem tenha grandes fissuras, apenas microfissuras. A

partir do gráfico pode-se dizer então, que a tela metálica teve desempenho inferior a todos os teores de macrofibra analisados neste trabalho.

CONCLUSÕES

A tela mostrou-se inferior aos demais teores analisados, por ser um método de difícil execução, no qual é preciso um cuidado especial para que a mesma não seja deslocada na hora da concretagem. O teor de 0 kg/m³ mostrou uma resistência maior, porém durante o ensaio o equipamento levou estas placas até a completa ruptura, diferentemente das placas com tela metálica e macrofibra, às quais ao surgirem microfissuras internas já tinham seu ensaio encerrado.

Analisando os resultados, é possível afirmar que o teor de 4 kg/m³ de macrofibra apresenta o melhor desempenho como reforço para pisos. A macrofibra mostrou-se eficaz na criação de pontes de tensões, fazendo com o que as placas não sofressem rupturas, sequer fissuras externas. Tal fato deve-se à capacidade da macrofibra absorver deformações sem sofrer danos, reduzindo o módulo de deformação do concreto, o que permite ao mesmo um melhor desempenho ao receber carregamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. 2010.

CAMARGO, Maria de Fátima Santos. **Piso à base de cimento: Caracterização, execução e patologias**. Monografia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GRANATO, J. E.; POLIDORO, G.. **Reforço secundário de proteção mecânica sobre impermeabilização utilizando macrofibra sintética**. São Paulo.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO
MIÚDO NO CONCRETO CONVENCIONAL POR
RESÍDUO DE GRANITO BRITADO**

Aluno: Charlei Mateus Sostizzo
Orientador: Prof. Esp. Cristiano Zordan Chiochetta
Co-orientadora: Prof^a. Msc. Sara Roesler

INTRODUÇÃO

A indústria de exploração e de beneficiamento de rochas ornamentais gera resíduos nos mais variados volumes e espessuras. Na maioria das vezes, não havendo um plano de gerenciamento dos resíduos de granito por parte de seus geradores, o resíduo é disposto clandestinamente na natureza, afetando negativamente o meio ambiente e a saúde da população. Frente aos prejuízos ambientais, sociais e econômicos, torna-se necessária a administração de alternativas que ofereçam menos danos ao meio ambiente. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade técnica de utilização do resíduo de granito britado na substituição parcial e total do agregado miúdo no concreto convencional. Para tanto, foi analisada a influência dos teores de substituição de 25%, 50%, 75% e 100% de resíduo de granito quanto à propriedade mecânica de resistência à compressão uniaxial no concreto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram escolhidos baseando-se na empregabilidade dos mesmos na região de Erechim-RS. O cimento Portland empregado neste trabalho foi o CP II-Z. O agregado graúdo utilizado tem origem basáltica e está contido na zona granulométrica 9,5/25. Para o agregado miúdo foi empregada uma areia natural de origem quartzosa. A água utilizada é proveniente da rede pública de abastecimento da cidade de Erechim (RS). Para melhorar a trabalhabilidade do concreto foi utilizado um aditivo superplastificante de Policarboxilatos em meio aquoso com densidade de 1,1 g/cm³.

O agregado miúdo de granito britado (AMGB) utilizado neste trabalho foi produzido a partir da britagem de retalhos de granito doados por uma marmoraria de Erechim. O AMGB produzido foi peneirado e pesado para obtenção de agregados miúdos com a mesma composição granulométrica da areia de origem quartzosa. O beneficiamento do resíduo de granito foi feito com um britador de mandíbulas macro 050M014 no LAPATEC da URI – Câmpus de Erechim.

O AMGB foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas por meio dos ensaios de determinação da composição granulométrica, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003); massa unitária, conforme NBR NM 45 (ABNT, 2006); massa específica, conforme NBR NM 52 (ABNT, 2009) e absorção de água, conforme NBR NM 30 (ABNT, 2001). Os ensaios de caracterização foram realizados no LAPATEC da URI – Câmpus de Erechim.

A Fig. 1 apresenta o AMGB produzido neste trabalho à partir dos retalhos de granito.



Figura 1 – Agregado miúdo de granito britado

A Tab. 1 apresenta os resultados encontrados nos ensaios de caracterização do AMGB.

Tabela 1 – Caracterização do agregado miúdo de granito triturado.

Caracterização – Agregado miúdo de granito triturado							
Abertura das peneiras (mm)	Média Retirada (%)	Média Retirada Acumulada (%)	Limites (NBR 7211/2009)				
			Limites inferiores		Limites superiores		
			Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável	
4,75	0,72	0,72	0	0	5	10	
2,36	8,61	9,33	0	10	20	25	
1,18	20,84	30,17	5	20	30	50	
0,6	15,85	46,02	15	35	55	70	
0,3	19,27	65,29	50	65	85	95	
0,15	23,20	88,49	85	90	95	100	
Fundo	11,00	99,49	-	-	-	-	
Módulo de finura		2,40	Nota 1: O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.				
Dimensão Máxima Característica (mm)		4,75	Nota 2: O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.				
Massa Específica (g/cm ³)		2,73	Nota 3: O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.				
Massa Unitária (g/cm ³)		1,58					
Absorção de Água (%)		0,41					

No programa experimental foram moldados 20 corpos de prova cilíndricos de concreto nas dimensões de 100 x 200 mm, conforme os procedimentos da NBR 5738 (ABNT, 2015). Estes corpos de prova foram adensados em mesa vibratória e deixados em local protegido por 24 horas, até serem desformados e levados para um processo de cura em câmara úmida por 28 dias.

O programa experimental desta pesquisa é baseado na avaliação do concreto com resistência fixa e com substituições parciais e total do agregado miúdo por resíduo de granito britado.

No programa foram definidos os fatores de controle com a meta de serem estudados em diferentes níveis no experimento a real influência que a substituição do AMGB nos teores de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% provocam na resistência à compressão uniaxial do concreto.

Depois de executado o ensaio de resistência à compressão uniaxial do concreto, segundo a NBR 5739 (ABNT, 2007), foi realizado um tratamento estatístico inicial no qual foram eliminados os dados

espúrios do ensaio, descobertos através de um desvio padrão e um coeficiente de variação calculado para cada teor. Em seguida, para maior confiabilidade dos dados, foi realizado um tratamento estatístico através do método de análise de variância (ANOVA), do software Statistica 8.0, que permitiu verificar a significância do teor de substituição na resistência à compressão uniaxial. Também foi utilizado o Teste de Fisher, que é uma ferramenta da ANOVA que usa a taxa de erro individual e o número de comparações para calcular o nível de confiança simultâneo para todos os intervalos de confiança. Esse nível de confiança simultâneo é a probabilidade de que todos os intervalos de confiança contêm a diferença real.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados médios de resistência à compressão uniaxial dos concretos estão apresentados na Tab. 2.

Tabela 2 – Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial do concreto.

Resistência à compressão uniaxial (Mpa)			
Teor de Substituição (%)	Média aos 28 dias (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
0	31,25	0,25	0,81
25	28,55	1,22	4,29
50	34,02	0,32	0,94
75	28,39	0,97	3,43
100	28,88	0,40	1,38

Verifica-se na Tab. 2 que os teores de 25%, 75% e 100% resultaram em uma redução da resistência do concreto de 8,67%, 9,16% e 7,61%, respectivamente. Já o teor de 50% gerou um acréscimo de 8,84% na resistência. A Fig. 2 mostra a influência do teor de substituição do resíduo de granito na resistência à compressão uniaxial do concreto.

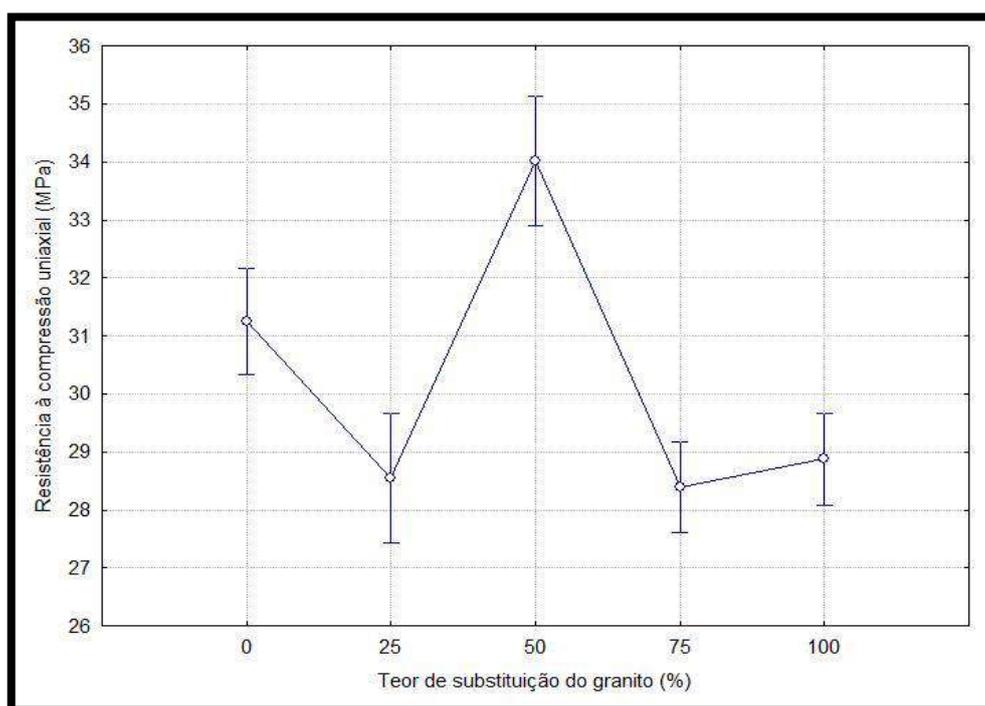


Figura 2 – Influência do teor de substituição do resíduo de granito na resistência à compressão uniaxial do concreto.

Para uma melhor análise dos resultados encontrados no ensaio, os mesmos foram submetidos a um tratamento estatístico através da análise de variância (ANOVA) do programa Statistica 8.0, e podem ser visualizados na Tab. 3.

Tabela 3 – Análise de variância do ensaio de resistência à compressão uniaxial do concreto.

Resistência à compressão uniaxial - ANOVA					
Efeito	GDL	MS	F (calc)	P	Significância
Teor de Substituição	4	14,08	27,93	0,000021	S
Erro	5,04	10	0,50	-	-

GDL: graus de liberdade (n-1); MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância (se $P < 5\%$ o valor é considerado significativo); S: valor significativo; NS: valor não significativo.

De acordo com a Tab. 3, observa-se que o efeito do teor de substituição foi significativo na resistência do concreto. A fim de comparar a significância da interação entre os grupos de teores de substituição, foi realizado o Teste de Fisher, apresentado na Tab. 4.

Tabela 4 – Resultados da interação dos teores de substituição pelo método de Fisher.

Resistência à compressão uniaxial – Teste de Fisher					
Teor de Substituição (%)	0	25	50	75	100
0	-	0,001894 (S)	0,001662 (S)	0,000358 (S)	0,001366 (S)
25	0,001894 (S)	-	0,000016 (S)	0,806110 (NS)	0,603267 (NS)
50	0,001662 (S)	0,000016 (S)	-	0,000004 (S)	0,000008 (S)
75	0,000358 (S)	0,806110 (NS)	0,000004 (S)	-	0,356869 (NS)
100	0,001366 (S)	0,603267 (NS)	0,000008 (S)	0,356869 (NS)	-

S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se $P < 5\%$ valor significativo.

Na Tabela 4, observa-se que todos os teores de substituição do granito são estatisticamente diferentes do concreto com 0% de substituição. Já os teores de 25%, 75% e 100% são estatisticamente iguais entre si, mostrando que um teor pode ser substituído por outro sem alteração dessa propriedade. Para Kitamura (2011), a resistência à compressão uniaxial dos concretos produzidos para os teores de 25%, 50%, 75% e 100% foram afetadas favoravelmente em relação à mistura de referência. Ele percebeu que o máximo ganho médio nessa propriedade em relação à mistura de referência foi de 21,8% com o teor de 75% de substituição. O autor acrescenta que a forma áspera e angulosa do agregado miúdo de granito triturado proporciona um melhor intertravamento e aderência com a pasta de cimento, minimizando as microfissurações nas zonas de transição agregado-pasta cimento. Já para o teor de 100% o aumento da resistência média não foi maior devido às baixas absorções de água pelo AMGT, que disponibiliza maiores quantidades de água nas misturas, provocando aumentos excessivos das porosidades das matrizes das pastas de cimento ou das zonas de transição entre o agregado e a pasta de cimento.

É importante destacar que na pesquisa de Kitamura (2011), o mesmo estudou a variação da resistência para três tipos diferentes de granito com absorções de água de 0,80%; 0,95% e 1,63%, enquanto que a absorção de água encontrada de acordo com a NBR NM 30 para o agregado miúdo natural foi de 1,95%.

Já para o presente estudo o ganho de resistência média pode não ter sido tão pronunciado como foi na pesquisa de Kitamura (2011), pois o agregado miúdo natural e o AMGT apresentaram uma

absorção de água de 0,60% e 0,41%, respectivamente. Também, podem ser considerados significativos outros fatores como o tipo de cimento utilizado; o tipo de britador empregado no beneficiamento do granito; o uso de ativos; e a porosidade, forma e granulometria dos agregados. Helene e Terzian (1992) acrescentam que a variabilidade dos agregados, a variabilidade do tempo e procedimento de mistura, o acabamento inadequado da superfície dos corpos de prova, o adensamento inadequado e a velocidade de carregamento de ruptura inadequado podem influenciar na resistência do concreto.

Para os teores de 75% e 100% já eram esperadas resistências médias menores, visto que na sua produção, eles apresentaram uma coesão excessiva, atrapalhando na trabalhabilidade e até num adensamento e manuseio adequado dos corpos de prova. Já para o teor de 25%, o teor de substituição de AMGB foi muito baixo para o mesmo ocasionar na perda da resistência quando comparado com o concreto com teor de 0%. Acredita-se que no concreto produzido para esse teor possa ter havido alguma variabilidade dos agregados, variabilidade no tempo e procedimento de mistura, acabamento inadequado da superfície dos corpos de prova, adensamento inadequado ou velocidade de carregamento de ruptura inadequado que influenciaram negativamente na resistência do concreto.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados da análise estatística realizada através do ANOVA, os diferentes teores de substituição demonstraram causar influência significativa na resistência à compressão uniaxial do concreto.

A NBR 6122 (ABNT, 2010) que rege os critérios gerais para projeto e execução de fundações de estruturas convencionais da engenharia civil estabelece que para as fundações o concreto deve apresentar resistência característica maior ou igual a 20 Mpa. Analisando as resistências médias de todos os teores de substituição, percebe-se que todas ficaram acima da resistência característica de 20 MPa. Portanto, para a resistência à compressão uniaxial do concreto, todos os teores de substituição do AMGB se mostraram tecnicamente viáveis para aplicações em fundações. No entanto, o teor de substituição de 50% de AMGB, apresentou melhores valores para essa propriedade, verificando-se um acréscimo de 8,84% na resistência média do concreto quando comparado com o concreto de referência de 0%.

É importante ressaltar que os concretos foram produzidos em condições ideais de laboratório, com materiais e técnicas específicas, e que para confirmar a viabilidade de utilização do AMGB, faz-se necessário o estudo de outras propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto para tal afirmação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30:** Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e dos volumes de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 52:** Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem de cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.** São Paulo: PINI, 1992.

KITAMURA, S. **Estudo experimental sobre a influência da substituição do agregado miúdo natural por granito triturado, nas propriedades do concreto de cimento Portland.** 2011. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAINÉIS DE
VEDAÇÃO, PROVOCADAS POR DEFORMAÇÕES
ESTRUTURAIS NA REGIÃO EM BALANÇO DAS
EDIFICAÇÕES****Aluno: Debora Fritsche Javornik
Orientador: Prof. Esp. Marcos Paulo Cielo****INTRODUÇÃO**

Durante os últimos anos, a construção civil evoluiu criando um novo perfil de edificações, com edifícios mais altos e diferentes formatos arquitetônicos, exigindo uma nova concepção no processo construtivo, onde os cálculos estruturais, os materiais e a execução precisaram se adaptar ao novo modelo das construções. A não utilização dos novos modelos aumenta consideravelmente as possibilidades de aparecimento das manifestações patológicas como por exemplo o problema das fissuras em revestimentos, geralmente provocadas por deformações estruturais. Um problema bastante comum são as trincas nas alvenarias da região em balanço de edifícios, provocadas pelas deflexões das vigas contidas neste balanço, que são comuns e necessários. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa para que futuras construções, onde o balanço sucessivo é integrado à arquitetura, sejam melhores dimensionadas e executadas, evitando as manifestações patológicas de fissuração nas alvenarias nos balanços presentes. Quando a deflexão ocorre em dois pavimentos sucessivos, estas podem gerar esforços de flexão nas paredes das fachadas. As prevenções das trincas na alvenaria são fundamentais, pois podem eventualmente significar que a estrutura se encontra em um estado perigoso, também podem comprometer o desempenho da obra quanto à estanqueidade à água, isolamento acústica, térmica e outros, também comprometendo a estética da edificação (THOMAS, 1948).

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente buscou-se um projeto arquitetônico junto a uma construtora da região que, ao fornecê-lo, solicitou que a estrutura da obra não sofresse alterações. O projeto fornecido foi o de um edifício residencial, composto de subsolo (garagem), térreo, dois pavimentos tipo ático (salão de festas) e reservatório superior (Figura 1 e Figura 2), onde pode ser observado a necessidade do balanço que nasce no pavimento tipo, para que os veículos possam transitar na garagem sem impedimento.

Figura 1 - Planta baixa do edifício (pavimento térreo)



Fonte: Imagem disponibilizada pela construtora

Figura 2 - Planta baixa do edifício (pavimento subsolo)



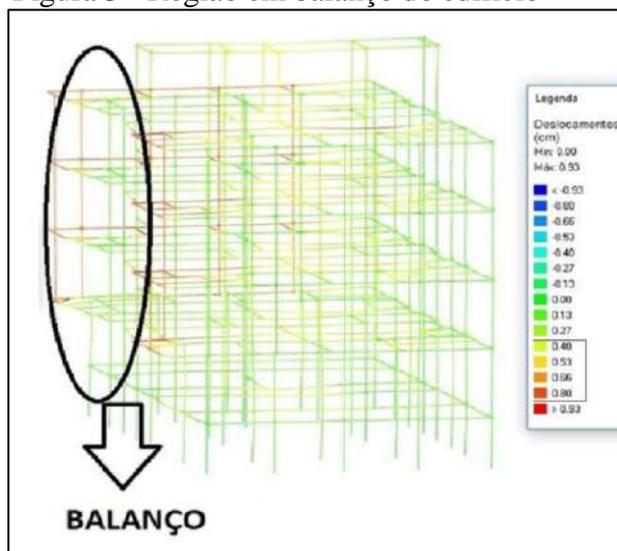
Fonte: Imagem disponibilizada pela construtora

Após, realizou-se o dimensionamento estrutural da edificação que apresentava uma significativa região em balanço. Feito o dimensionamento estrutural foram analisadas as deflexões e flechas nas vigas desta estrutura em balanço, objetivando identificar os pontos críticos, ao aparecimento de trincas, para, assim, buscar soluções. Para o cálculo estrutural, utilizou-se o *software Eberick*, importando o projeto arquitetônico com suas reais dimensões e, após o dimensionamento, a possibilidade da verificação das deformações através de gráficos e pórticos pelo programa fornecidos pelas verificações apresentou um modelo estrutural chamado de pórtico unifilar, permitindo a verificação das deformações para as bem como a simulação das ações que podem ser aplicadas na estrutura para a correção dos problemas identificados. Definem-se as ações como causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas. “Do ponto de vista prático, as forças e as deformações impostas pelas ações são consideradas como se fossem as próprias ações. As deformações impostas são por vezes designadas por ações indiretas e as forças, por ações diretas”. Estas ações podem ser permanentes, variáveis e excepcionais. (NBR 8681/03, item 3.4).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise do pórtico unifilar pode-se constatar uma significativa deformação na região em balanço do edifício (Figura 3), onde os deslocamentos estão representados por meio de uma escala de cores do azul para as menores deformações ao vermelho para as maiores deformações, demonstrando o quanto o elemento estrutural se deslocou em centímetros.

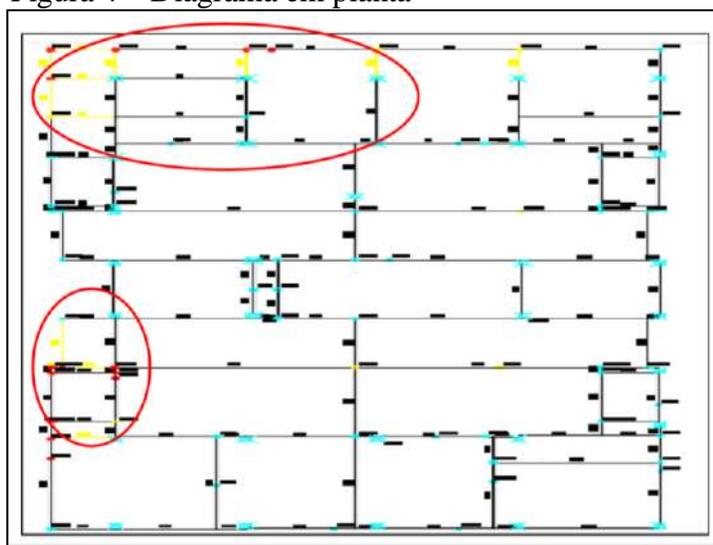
Figura 3 - Região em balanço do edifício



Fonte: AUTORA (2017)

Verificou-se no pórtico unifilar, que mesmo obedecendo as limitações impostas pelas normas, para a estrutura em análise, obteve-se flechas superiores a 1 cm, o que é crítico a fissuração. Outros requisitos para análise de flecha são fornecidos pelo programa, tais como o diagrama em planta (Figura 4) que apresenta as flechas máximas, onde para flechas menores de 0,5 cm estão apresentados na cor azul de 0,5 e 1,0 cm na cor amarela e flechas maiores de 1,0 cm na cor vermelha. No diagrama em planta pode-se notar que as maiores flechas foram geradas nas regiões onde estão concentrados os balanços.

Figura 4 – Diagrama em planta

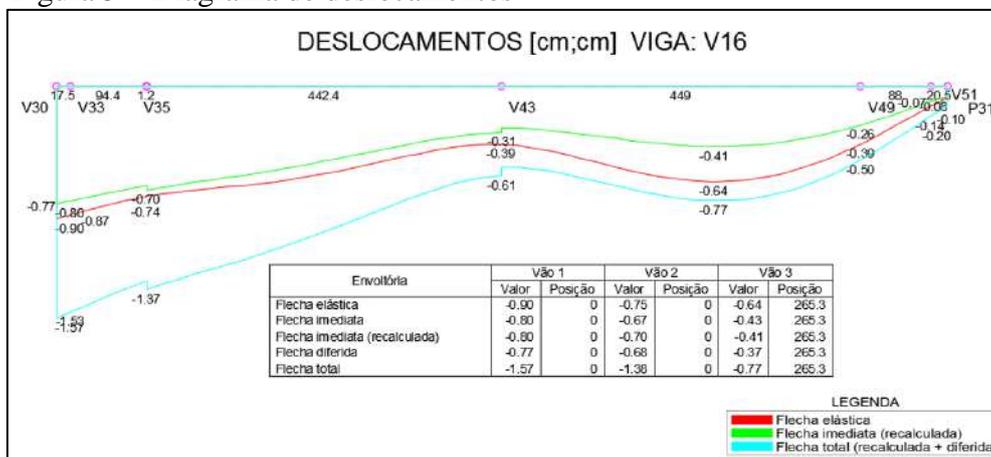


Fonte: AUTORA (2017)

A análise do diagrama de deslocamentos, que é a representação gráfica das flechas que atuam em cada viga, permitiu a visualização das diferentes flechas que atuam em cada uma das vigas,

sujeitas à deflexão em balanço, conforme apresentado na Figura 5.

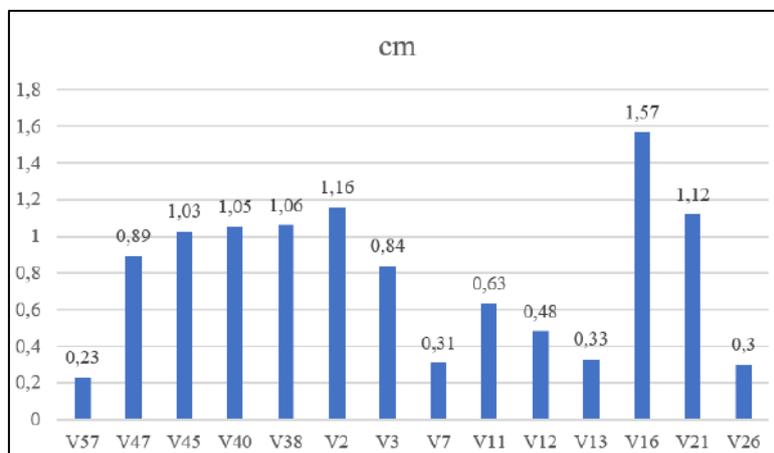
Figura 5 – Diagrama de deslocamentos



Fonte: AUTORA (2017)

No diagrama de deslocamentos estão apresentadas as flechas elásticas, diferidas e total, através dos diagramas a Figura 6 compara os deslocamentos para as diferentes vigas na região em balanço, estas que também suportam a alvenaria.

Figura 6 - Flechas máximas para a região em balanço

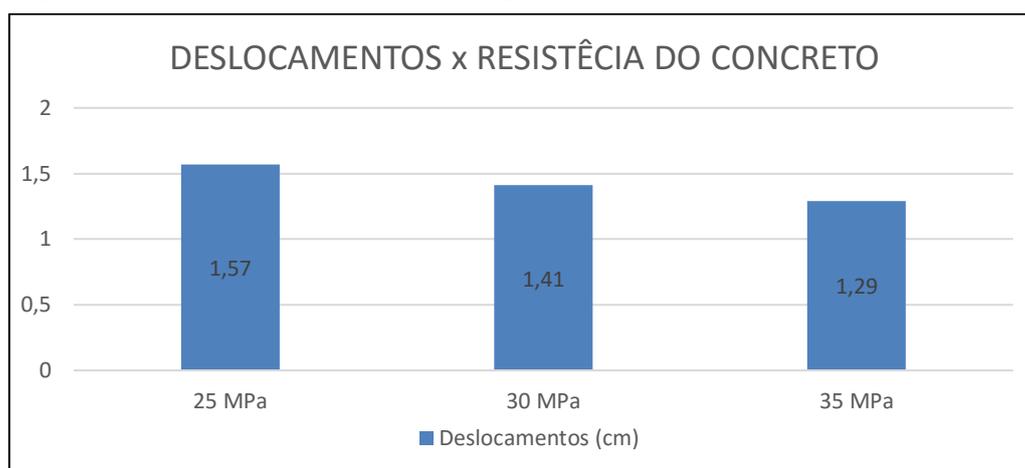


Fonte: AUTORA (2017)

No gráfico apresentado na Figura 6, acima, observa-se que as vigas que apresentaram maiores deformações, dentre estas a que apresentou a maior flecha foi a viga 16, significando que as alvenarias que se localizam acima destas vigas provavelmente serão as mais suscetíveis à fissuração, necessitando de alterações no projeto para que sejam evitadas ou amenizadas. Das diversas ações testadas verificou-se que, devido a impossibilidade de alteração da arquitetura, uma das medidas que pode ser tomada neste projeto é a alteração da resistência da compressão do concreto, onde a

diminuição da flecha pode ser vista e comparada através da Figura 7. Quando a resistência característica da peça aumenta, os deslocamentos diminuem, devido a modificação da rigidez equivalente, alterando o módulo de elasticidade secante. Porém, estudos comprovam que esta não é uma boa opção devido a pequena diminuição de deslocamentos não compensar ao impacto nos custos adicionais a obra (BARBOSA, 2010).

Figura 7 – Fck x Deslocamentos da viga 16



Fonte: AUTORA (2017)

Onde a flecha diminui mais de 10 % para concreto de resistência superior. Outras medidas referentes a execução e tempo desta também poderão ser adotadas. Além desta ação outras também poderão ser tomadas em relação a execução e planejamento da obra, como por exemplo, retardar o primeiro carregamento do concreto e aumentar o tempo de escoramento da viga na região do balanço. O tempo de escoramento está diretamente ligado com a fluência, tornando então quanto maior o escoramento, menor o deslocamento diferido da viga. O escoramento com tempo prolongado, pode implicar em uma redução de deslocamentos diferidos em torno de 20%. Devido aos deslocamentos diferidos conduzem a valores próximos dos imediatos devido a atenuação da deformação lenta no concreto armado (BARBOSA, 2010).

CONCLUSÕES

O estudo mostra que os edifícios geralmente necessitam de regiões em balanço para atender as suas necessidades arquitetônicas, porém nesta geometria são comuns as deformações ocasionadas por flechas excessivas nas vigas em balanço, tornando-as críticas à deflexão e assim suscetíveis a promover manifestações patológicas, como as trincas nas alvenarias. Para a estrutura em estudo, pode-se analisar que mesmo obedecendo as limitações da norma, algumas vigas apresentaram valores

que ultrapassaram 1 centímetro de deslocamento, valor significativo em uma abertura de fissura por exemplo. Também verificou-se que as regiões com as maiores concentrações de balanços geraram as vigas mais críticas à deflexão, como o caso da viga 16 que apresentou o vão com as maiores deformações chegando a uma flecha total de 1,57 cm. Portanto, mesmo tomando precauções no projeto e seguindo as recomendações das normas, torna-se necessário tomar medidas preventivas às deflexões. Algumas soluções, que não interferem na geometria da peça, podem ser adotadas para a diminuição da flecha do caso em estudo, como o aumento da resistência à compressão do concreto, o retardo do primeiro carregamento e o aumento do tempo de escoramento das vigas. Para a viga 16, alterando resistência do concreto para 30 Mpa, a viga apresentou diminuição de 10% no seu deslocamento, onde poderiam ser realizadas outras ações, porém para estas seria necessário um novo dimensionamento da estrutura. A necessidade de prevenção das deformações estruturais é indiscutível e, através deste estudo de caso puderam ser avaliadas diversas formas de prevenir este problema, contribuindo para a evolução da engenharia, evitando problemas ocasionados pelas manifestações patológicas. Porém, para uma melhor interpretação dos resultados torna-se necessária a análise do funcionamento de todo pórtico estrutural, não somente das vigas, sendo esta uma sugestão para um próximo estudo. Outra sugestão de estudo é a análise estrutural da edificação substituindo o concreto armado pelo concreto protendido, ou ainda testando outros elementos estruturais neste projeto, como por exemplo, os tirantes.

REFERÊNCIAS

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 6 tiragem. São Paulo: Editora Pini, EPUSP e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001. (livro Trincas em edifícios-causas, prevenção e recuperação). Autor: eng. Ercio Thomaz. Editora PINI LTA. 1948.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . NBR 8681. **Ações e segurança nas estruturas** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA, Marcelo Diego de Almeida. **Análise de flechas em vigas de concreto armado**. Monografia. Fortaleza, 2010. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2010/Marcelo_Barbosa_Analise%20de%20Flechas%20em%20Vigas%20de%20Concreto%20Armado.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****COMPARATIVO ESTAÇÃO TOTAL X TEODOLITO
ELETRÔNICO PARA LEVANTAMENTO
TOPOGRÁFICO DE TERRAPLENAGEM****Aluno: Diego Jair Ronsoni
Orientador: Gilson Francisco Paz Soares****INTRODUÇÃO**

Desde a antiguidade o homem tem a necessidade de se localizar, seja por questões de orientação, sobrevivência, guerra ou construções. Ao longo do tempo a topografia evoluiu, com a tecnologia e o desenvolvimento de novos equipamentos.

A topografia é o primeiro passo em uma obra civil, é ela quem vai determinar a posição, altura e distâncias a serem empregadas sendo indispensável seu uso para a correta execução sejam de obras civis, estradas, barragens, aeroportos, entre outras.

Na execução dos levantamentos topográficos o teodolito é um instrumento óptico de medida utilizado para realizar medidas de ângulos verticais e horizontais. Basicamente é um telescópio com movimentos graduados na vertical e na horizontal, e montado sobre um tripé centrado (norteado) e verticalizado, muito utilizado em topografia, navegação e em meteorologia.

No Brasil, o equipamento para levantamento topográfico mais utilizado é a estação total, sendo que este é um equipamento que mede ângulos e distâncias, formados por um teodolito e um medidor eletrônico de distância.

Dentre as obras civis necessárias para a construção de estradas, prédios ou outras obras a terraplenagem assume papel de destaque para formação de uma base de trabalhos adequada as obras. A terraplenagem é uma técnica construtiva que visa aplainar e aterrar um terreno, que tem significado em sua terminologia em grego, romano ou paquistanês significa "Terrapleno" significa "terra cheia, cheio de terra". Geralmente esta movimentação de solo tem o objetivo de atender a um projeto topográfico, como barragens, edifícios, aeroportos, açudes, entre outros projetos.

A topografia está inserida em todas as atividades da engenharia civil, em menor ou maior escala, dependendo do tipo de obra. Desde a obtenção de plantas com curvas de nível, indispensável para elaborar a maioria dos projetos, até a locação destes projetos. Quando se faz necessário uma obra de terraplenagem, é fundamental que, antes de qualquer máquina começar a operar, se faça um levantamento planimétrico para se conhecer o modelo do terreno e assim, poder planejar com relativa precisão volumes de corte e aterro (BORGES, 1995).

Para a realização deste estudo, foi analisado a execução de terraplenagem para a implementação de estacionamento de veículos, utilizando o teodolito eletrônico e estação total no levantamento de informações planialtimétricas em dois terrenos um plano e outro declivoso, a fim de verificar a precisão, tempo e volumes de escavação propondo dois estacionamentos para as duas áreas, mostrando perfil longitudinal e volumes de corte e aterro.

MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo escolhido como Área 1, está situado no Campus 2 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus de Erechim (URI) na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. Sendo delimitado por uma área de 1854,85 m². Área referida está representada na figura 1.



Figura 1 - Área 1

A área foi escolhida pelos seguintes fatores: relativamente plana isolada de obstáculos, sem árvores e construções que possam vir a interferir tanto na leitura do teodolito quanto da estação total, assim diminuindo os erros que possam ser causados devido às condições do terreno, além de estar situada em ponto estratégico, próxima a laboratórios e salas de aula, que facilitam o acesso e deslocamento dos usuários.

O local de estudo escolhido como Área 2, está situado no Campus 2 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim (URI) na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. Sendo delimitado por uma área de 3205,55 m². Área referida está representada na figura 2.



Figura 2 – Área 2

A área foi escolhida por representar características distintas a anterior principalmente por ser mais declivosa em relação à Área 1, isolada de obstáculos, sem árvores e construções que possam vir a interferir tanto na leitura do teodolito quanto da estação total, assim diminuindo os erros que possam ser causados devido às condições do terreno, além disto, podendo ser utilizada para a execução de um estacionamento voltado para atender a demanda em Dias de Campo dos cursos de Ciências Agrárias da referida instituição.

Os levantamentos de campo foram realizados com uma estação total marca Leica modelo TC-307 figura 3a, e um teodolito eletrônico marca Sanding ET-02 figura 3b, e suplementos como

régua milimétrica, tripé, bússola, e bastão com prisma disponibilizados pelo laboratório de Topografia e Aerofotogrametria do Campus II da URI Erechim.

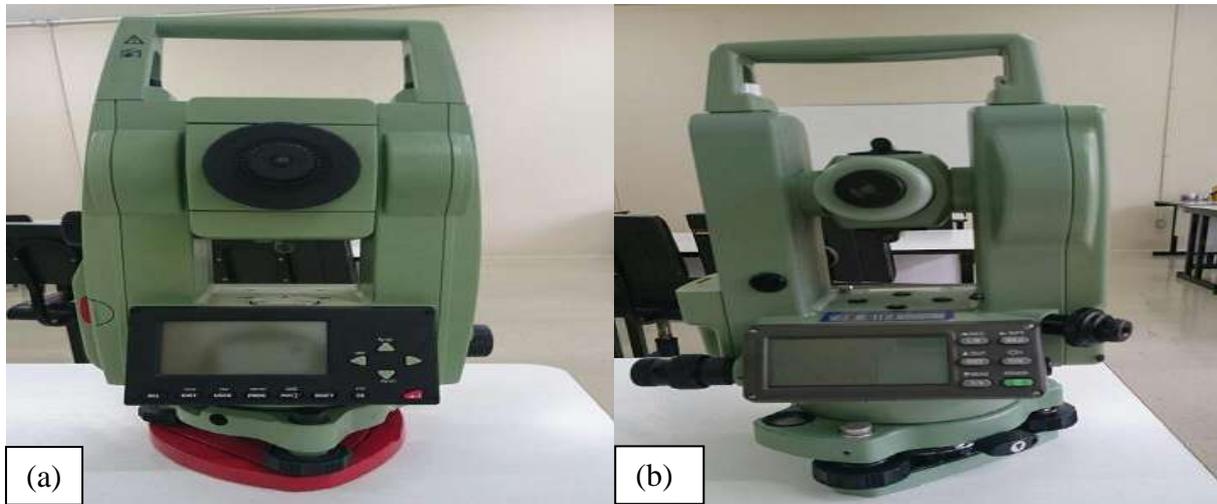


Figura 3 - Estação total e teodolito ótico utilizados no levantamento de campo

Para a Área 1 foram levantados 125 pontos com o teodolito eletrônico e 125 pontos com a estação total. Todos os pontos foram dispostos dentro de uma área previamente delimitada, dispostos em fileiras de 5 metros e alocados em forma de grade, conforme figura 4.

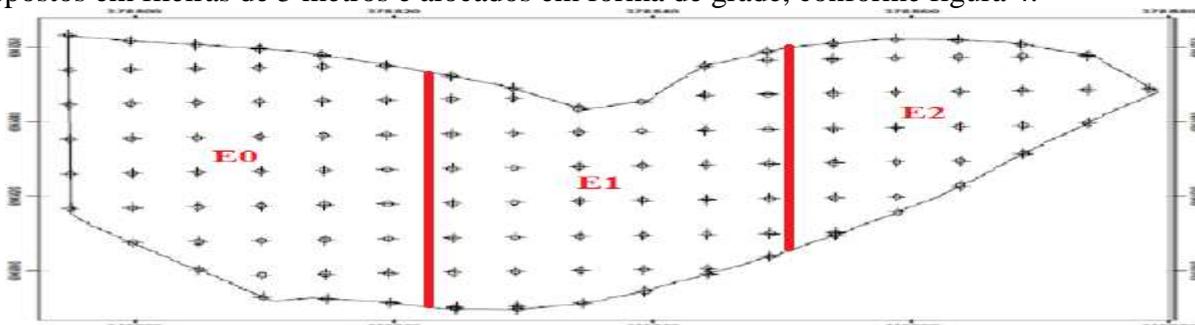


Figura 4 - Distribuição dos pontos do levantamento planialtimétrico no terreno da Área 1.

Para a Área 2 foram levantados 170 pontos com o teodolito eletrônico e 170 pontos com a estação total. Todos os pontos foram dispostos dentro de uma área previamente delimitada, dispostos em fileiras de 5m e alocados em forma de grade. A metodologia de levantamento utilizada foi a mesma da Área 1 conforme figura 5.

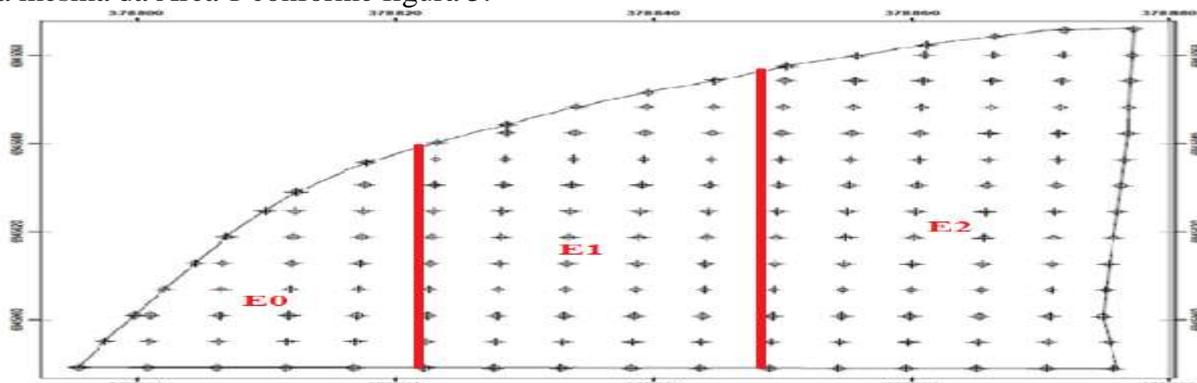


Figura 5 - Distribuição dos pontos do levantamento planialtimétrico no terreno da Área 2.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a Área 1 usando o Teodolito Eletrônico a diferença máxima entre altitudes foi de 1,44 m, respectivamente nos pontos 6 e 117 apresentando uma declividade de 1,42% no sentido oeste para leste. De acordo com os cálculos realizados no programa TopoEVN, os volumes de corte e aterro foram respectivamente, 699,049 m³ e 84,709 m³, contabilizando um volume total de 783,709 m³. Para a mesma área usando a Estação Total os resultado foram: A diferença máxima entre altitudes foi de 1,40m, respectivamente nos pontos 6 e 125 no sentido oeste para leste, apresentando uma declividade de 1,37%, demonstrando que praticamente não há diferença de precisão entre os dois equipamentos para terrenos com baixas declividades, as altitudes determinadas com os dois equipamentos não diferiram estatisticamente entre si, mostrando que apesar de ser mais ultrapassado, o teodolito eletrônico possui uma boa confiabilidade para áreas pequenas. De acordo com os cálculos realizados no programa TopoEVN, os volumes de corte e aterro foram respectivamente, 619,649 m³ e 68,681 m³, contabilizando um volume total de 668,330 m³.

Para a Área 2 usando o Teodolito Eletrônico a diferença máxima entre as cotas foi de 10,01 m, respectivamente nos pontos 61 e 156 no sentido oeste para leste, apresentando uma declividade de 9,50%, sendo maior em relação à Área 1. De acordo com os cálculos realizados no programa TopoEVN os volumes de corte e aterro foram respectivamente, 4.210,852 m³ e 1.534,726 m³, contabilizando um volume total de 5.745,578 m³. Para a mesma área usando a Estação Total os resultados foram: A diferença máxima entre as cotas foram de 8,83 m, respectivamente nos pontos 6 e 156 no sentido oeste para leste ,apresentando uma declividade de 8,47%, demonstrando também que praticamente não há diferença de precisão entre os dois equipamentos para a declividade encontrada. Em relação à área, com maiores declividades os equipamentos apresentaram um desvio padrão mais elevado na Área 2 evidenciando o cuidado que o profissional deve tomar quando for realizar levantamentos planialtimétricos em áreas mais declivosas. De acordo com os cálculos realizados no programa TopoEVN, os volumes de corte e aterro foram respectivamente, 3.938,886 m³ e 1.514,788 m³, contabilizando um volume total de 5.453,673 m³, como podemos observar pela tabela 7, demonstrando ainda o volume para cada seção.

Pode-se observar pela tabela 1 e 2 no que se refere a tempo de execução o teodolito eletrônico teve um decréscimo de tempo de 47,12% e para Área 1 e 56,89% para a Área 2, mostrando que apesar de ser mais declivosa não houve variação significativa no tempo final. Na comparação das declividades médias o teodolito eletrônico se mostrou igual à estação total, mas lembrando de que a dispersão de valores foi maior com o teodolito eletrônico. Para o volume de movimentação de terra em ambas as áreas a estação total apresentou valores inferiores quando comparado ao teodolito eletrônico

Tabela – 1 Comparação dos métodos de tempo, declividades médias e volumes.

Equipamentos	Área 1					
	Tempo (min)	Dif. %	Declividade média	Dif. %	Volume (m ³)	Dif. %
Estação Total	55		100,33		668,330	
Teodolito Eletrônico	104	47,12	100,30	0,03	783,709	14,73

Tabela – 2 Comparação dos métodos de tempo, declividades médias e volumes.

Equipamentos	Área 2					
	Tempo (min)	Dif. %	Declividade média	Dif. %	Volume (m ³)	Dif. %
Estação Total	72		100,57		5.453,673	
Teodolito Eletrônico	167	56,89	100,54	0,03	5.745,578	5,09

CONCLUSÕES

A topografia evoluiu durante a passagem do tempo, e com ela os equipamentos topográficos para levantamentos planialtimétricos. É de grande importância para o Engenheiro Civil ter conhecimento dos diferentes equipamentos e em que caso devem ser utilizados, levando em conta precisão, tempo de execução e volumes de escavação.

Os dados obtidos com a estação total e com o teodolito eletrônico, visando o levantamento planialtimétrico do terreno para a execução de um terraplenagem, mostraram que, no que se refere à precisão, não houve diferença significativa, para uma área de 1,42% de declividade máxima, pois a variação média da elevação foi de 3,2 cm. Para a área de 9,50% de declividade máxima, a variação média da altitude foi de 28 cm. Pode-se ainda verificar que para terrenos mais planos as cotas determinadas com os dois equipamentos não diferiram estatisticamente entre si dentro da mesma área, mostrando que apesar de ser mais ultrapassado, o teodolito eletrônico possui uma boa confiabilidade para áreas pequenas. Em relação às áreas com maiores declividades, os equipamentos apresentaram um desvio padrão mais elevado na Área 2, evidenciando o cuidado que o profissional deve tomar quando for realizar levantamentos planialtimétricos em áreas mais declivosas.

Quanto ao tempo de execução do serviço, a estação total leva grande vantagem, pois não há necessidade de fazer leituras na régua, pois a distância é calculada por um medidor eletrônico de distância. O tempo utilizado pela estação total na Área 1 foi de 55 minutos, e para o teodolito eletrônico 104 minutos, apresentando um acréscimo de 47,11% no tempo total. Para a Área 2 que foi a mais declivosa o tempo utilizado pela estação total foi de 72 minutos, e para o teodolito eletrônico 167 minutos, apresentando um acréscimo de 56,88%, é em média, 51,99% menor que o teodolito eletrônico para coletar as informações planialtimétricas dos pontos distribuídos no terreno. Outro fator de tempo que também leva vantagem é a digitalização dos dados para planilhas eletrônicas, O tempo utilizado pela estação total na área 1 foi de 92 minutos, e para o teodolito eletrônico 95 minutos. O tempo utilizado pela estação total na área 2 foi de 110 minutos, e para o teodolito eletrônico 140 minutos. Pois os valores são mais simples e menores comparados ao teodolito eletrônico, apresentando um tempo médio inferior de 12,075%.

Outro parâmetro verificado foi que o volume de escavação em ambas as áreas teve uma grande diminuição nos valores totais com o uso da estação total, apresentando para a Área 1 uma diminuição de 115,379m³ com um decréscimo de 14,72%. Para a Área 2 também ocorreu uma diminuição de 291,91 m³, com um decréscimo de 5,08%.

Com isso conclui-se que o uso da estação total mostra-se superior em vários quesitos, tempo de execução, confiabilidade dos valores no que se referem à precisão, e em relação ao levantamento com teodolito eletrônico para este caso, apresentando variação significativa nos valores de volumes de escavações, acarretando em uma quantificação mais precisa de valores finais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico: Rio de Janeiro, 1994.

BRANDALIZE, M.C.B. Topografia. PUC – PR, 2008. Disponível em: <http://www.topografia.com.br/topografia_conteudo.asp?cat=dow&det=Download>. Acesso em set. 2017.

BORGES, A. de C. **Topografia: aplicada à engenharia civil**. Vol 1. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1995

CASACA. J.M.; MATOS. J.L.; DIAS. J.M.B. **Topografia Geral**. Lisboa: LIDEL,2007.

CATALINI, G.; SOUZA, H.L. Manual prático de escavação, terraplenagem e escavação de rocha. São Paulo: Editora PiniLtda, 2007,

EMBRATOP. Disponível em <<http://www.embratop.com.br/wp-content/uploads/2013/11/DT-205-1-800x800.jpg>>. Acesso em nov. 2016.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Porto Alegre: Editor Globo, 1975.

ESPARTEL, L. **Curso de topografia**. 8. Ed. Porto Alegre: Globo, 1982.

FAGGION, P. L. **Obtenção dos elementos de calibração e certificação de medidores eletrônicos de distância em campo e laboratório**. (Tese de Pós-Graduação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

FURTADONET. Disponível em < http://furtadonet.com.br/lojavirtual/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/n/i/nivo_c.jpg>. Acesso em nov. 2016.

GOMES, J. P. **Determinação de desníveis de precisão utilizando Estação Total**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

GOMES, J. P. **Determinação de desníveis de precisão com nivelamento trigonométrico utilizando Estação Total**. (Artigo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GONÇALVES, J.A; MADEIRA, S; SOUSA, J. J. **Topografia: conceitos e aplicações**. 3.ed. Lisboa: Lidel, 2012.

GONÇALVES, R. M.; TANAJURA, E. L. X.; NADAL, M. A. D.; NEVES, R. V.; FERREIRA, V.G. Comparação entre o nivelamento trigonométrico com o uso de estação total e o nivelamento geométrico com o uso de níveis digitais. **Anais... II Simpósio Brasileiro de Geomática, V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**. Presidente Prudente - SP, 24-27 de julho de 2007.

LEICA. **Catálogo Leica TC-307**. Disponível em: <<http://www.geotopografia.com/Downloads/Manual%20Esta%C3%A7%C3%A3o%20Total%20tps300.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

REGO; C. **Terraplenagem Mecanizada**. Rio de Janeiro: Editora Rodovia, 1955.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO:
ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO DE ENSINO****Aluno: Diogo Roberto Boeira
Orientador: Prof. Esp. Cristiano Zordan Chiochetta****INTRODUÇÃO**

Segundo Seito *et al.* (2008), na expectativa de encontrar alternativas para diminuir a dimensão de tragédias, a legislação sofre constantes atualizações, obrigando ao cumprimento das mesmas. Portanto, mesmo sabendo ser impossível a total extinção de incêndios no Brasil e no mundo, deve-se tomar consciência da importância e necessidade de implantação de medidas de segurança, prevenção e proteção, não somente no caso de incêndios, mas, também, em outros sinistros.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho dividiu-se em duas etapas: o estudo de caso em dois blocos de uma Instituição de Ensino – denominados “Bloco 01” e “Bloco 02”, onde realizou-se a classificação das edificações, utilizando as tabelas do Decreto nº. 53.280/2016 e Resolução Técnica nº 05 – Parte 07/2016 para determinar as exigências necessárias para cada bloco, referentes às medidas de proteção e prevenção contra incêndio, além da técnica de observação *in loco*, onde foi empregado um modelo de *check list* para cada situação, comparando a situação atual com as exigências da legislação vigente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Bloco 01 obteve aprovação do projeto no ano de 2012, portanto deve obedecer à RT nº 05 – Parte 07/2016. Assim, conforme parâmetros da RT, foi classificada no grupo E, divisão E-1, a qual abrange escolas em geral. Ainda foi classificada como tipo III de acordo com a altura descendente e a carga de incêndio encontrada foi de 300 MJ/m², classificada como risco baixo. As medidas de proteção contra incêndio exigidas para esta edificação estão listadas na Tab. 1.

Tabela 1 – Medidas de segurança contra incêndio – Grupo E – Divisão E-1, área superior a 750 m² e altura 6,00 < h ≤ 12,00 m

Grupo/Divisão	Medidas de proteção contra incêndio
E-1	Acesso de viaturas na edificação
	Saídas de Emergência
	Plano de Emergência
	Brigada de Incêndio
	Iluminação de Emergência
	Alarme de Incêndio
	Sinalização de Emergência

	Extintores
	Hidrantes e Mangotinhos

As aberturas devem distar pelo menos 3,00m, em projeção horizontal, da ventilação da escada, sendo esta abertura no mesmo nível ou no nível inferior. Neste ponto, as escadas do Bloco 01 não atendem a distância mínima, conforme Fig. 1.



Figura 1 – Escada parte de trás do Bloco 01

Outra situação encontrada no bloco 01, é a altura dos corrimãos. Segundo a RT nº 11 – Parte 01/2016 CBMRS, os corrimãos devem estar situados entre 80 cm e 92 cm acima do nível do piso, sendo que em escadas, a medida é tomada verticalmente. Em alguns casos foram encontradas alturas dentro das exigências e em outros superiores ao limite, alcançando 96 cm do piso acabado, conforme Fig. 2.



Figura 2 – Altura do corrimão.

Outras situações pontuais encontradas no Bloco 01 incluem a brigada de incêndio que, apesar de existir, não fica alocada no mesmo Campus, o que torna esta medida falha. Ainda, algumas placas da sinalização de emergência não atendem quanto à fotoluminescência, não sendo possível identificá-las no escuro, como demonstra a Fig. 3.

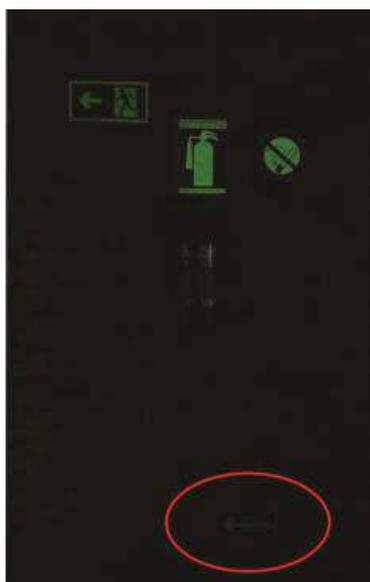


Figura 3 – Sinalização de emergência.

Com relação aos extintores, apesar de possuir em número suficiente, um deles encontrava-se despressurizado, sendo que se sugere uma verificação periódica para evitar este tipo de problema. O sistema de mangotinho e hidrante também não atende com relação à quantidade necessária, que seria de 2 sistemas por pavimento conforme legislação.

Contudo, o Bloco 01 atende quanto ao sistema de alarme de incêndio, onde não existe nenhuma distância superior a 30,00 m a ser percorrida até o acionador manual mais próximo. Outro item que atende à legislação é a iluminação de emergência, a qual identifica adequadamente a rota de saída.

Com relação ao Bloco 02, é classificado segundo o Decreto nº 53.280 como grupo E, divisão E-1 e, segundo sua altura descendente, é classificado como tipo II, também com risco baixo de incêndio pela carga de 300 MJ/m². As medidas de proteção contra incêndio exigidas para este bloco estão na Tab. 2.

Tabela 2 – Medidas de segurança contra incêndio – Grupo E – Divisão E-1, área superior a 750 m² e altura $h \leq 6,00$ m

Grupo/Divisão	Medidas de proteção contra incêndio
E-1	Acesso de viaturas na edificação
	Segurança estrutural em incêndio
	Controle de materiais de acabamento e revestimento
	Saídas de emergência
	Plano de Emergência
	Brigada de Incêndio
	Iluminação de emergência
	Alarme de Incêndio
	Sinalização de Emergência
	Extintores
Hidrantes e Mangotinhos	

Da mesma forma que no Bloco 01, a lista apresentada foi utilizada na verificação in loco, onde constatou-se a ausência de dois itens: alarme de incêndio e sistema de hidrantes e mangotinhos.

Com relação à segurança estrutural contra incêndio, verificou-se que a edificação obteve o tempo TRRF de 30 minutos, classificada como P1. O controle de materiais de acabamento não foi possível avaliar, uma vez que não se obteve acesso aos memoriais descritivos da arquitetura do local, para fins de verificação de acabamentos e marcas indicadas.

As saídas de emergência, apesar de atenderem à legislação, apresenta apenas um ponto controverso que é a porta do Auditório. Neste caso, como não existem barras antipânico instaladas, e caso não sejam colocadas, recomenda-se que as portas permaneçam abertas o tempo todo enquanto o Auditório estiver em uso.

Com relação ao sistema de alarme de incêndio, a legislação e normas recomendam a instalação de 04 acionadores manuais, os quais não existem hoje no Bloco 02. Da mesma forma para o sistema de hidrantes e mangotinhos, onde devem ser instalados 4 sistemas tipo 1 com vazão de 100 l/min.

A iluminação de emergência e os extintores atendem plenamente à legislação vigente, não sendo necessário intervenção.

O acesso de viaturas na edificação é um caso que abrange a instituição como um todo, o qual atende parcialmente uma vez que o pórtico de acesso ao campus possui as medidas mínimas necessárias, porém a via de acesso possui largura inferior à mínima exigida.

CONCLUSÕES

A partir deste trabalho foi possível verificar o atendimento às legislações vigentes, apontando pontos que estão em conformidade e outros que não cumprem às exigências, indicando, nestes casos, as melhorias que devem ser feitas. Em geral, tanto o Bloco 01 quanto o Bloco 02 atendem de forma parcial ao seu respectivo conjunto de medidas de segurança necessárias, cabendo ressaltar alguns pontos importantes como por exemplo a ausência do sistema de hidrantes e mangotinhos, bem como de alarme de incêndio no Bloco 02. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a proximidade das aberturas do Bloco 01 às janelas da escada, onde o recomendado é que se atenda a distância mínima especificada em norma, para prevenir que, numa situação de incêndio no prédio, as chamas invadam a escada. O controle de materiais de acabamento e a segurança estrutural em incêndio foram avaliados de forma superficial, uma vez que demandaria um estudo aprofundado de projetos estruturais de cada edificação, bem como seria necessário acesso à memoriais descritivos de materiais para verificar o atendimento à legislação. Recomenda-se, portanto, a adequação dos pontos observados, levando em consideração o PrPCI desenvolvido para cada Bloco, em conformidade com normas e legislações vigentes.

REFERÊNCIAS

RIO GRANDE DO SUL ASSEMBLEIA LEGISLATIVA Gabinete de Consultoria Legislativa. **Decreto nº 53.280, de 1º de novembro de 2016.** Altera o Decreto nº 51.803, de 10 de setembro de 2014, que regulamenta a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e alterações, que estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndio nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul.

RIO GRANDE DO SUL. BRIGADA MILITAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, COMANDO DO CORPO DE BOMBEIROS. **Resolução Técnica CBMRS nº 05 – Parte 7 de 2016.** Processo de Segurança contra incêndio: edificações e áreas de risco de incêndio existentes. - Treinamento de Prevenção e Combate a Incêndios.

SEITO, A. I. et al. A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMASAPLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Aluno: Douglas Roberto Menino
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daiane de Sena Brisotto

INTRODUÇÃO

O procedimento de elaboração de um projeto tem sofrido contínuas transformações com o passar das décadas, iniciado pela representação de desenhos bidimensionais utilizando-se canetas a nanquim, passando para o uso de computadores, com softwares CAD (*Computer Aided Design*). Em consequência à constante evolução dos softwares, os projetos em CAD estão enfrentando mudanças com o surgimento de uma tecnologia que aplica o conceito da Modelagem da Informação da Construção, também conhecido como BIM (*Building Information Modeling*), ao desenvolvimento de projetos. Os projetos passam a ser modelados tridimensionalmente e todas as informações referentes à construção são integradas em um só modelo, o qual pode ser utilizado desde a concepção dos projetos, durante as obras e por toda a vida útil da edificação (ASBEA, 2013).

A plataforma BIM não é apenas um modelador 3D, mas deve ser tida como uma filosofia de trabalho que integra os diversos profissionais envolvidos na elaboração de um modelo virtual, desde arquitetos e engenheiros, até construtores, agregando todas as disciplinas de projeto. As suas características de interoperabilidade e modelagem paramétrica permitem gerar objetos editáveis que podem ser alterados automaticamente e exportados, obtendo-se um modelo integrado (MENEZES, 2011).

O modelo gerado é uma simulação da obra, ou seja, uma imagem mais precisa do produto final a ser construído, através do qual é possível verificar todas as interferências entre os projetos, realizar ajustes e correções, aperfeiçoando e complementando o projeto final (ASBEA, 2015). Evita-se, assim, problemas de incompatibilidades, que antes só eram identificados na fase de execução da obra, devendo ser solucionados diretamente no canteiro, gerando maiores custos e atrasos no cronograma de execução (COSTA, 2013).

Com o objetivo de aplicar o conceito da tecnologia BIM, para compatibilização das disciplinas de projeto de um edifício, este trabalho buscou identificar e corrigir incompatibilidades encontradas em um projeto desenvolvido por alunos do curso de graduação em Engenharia Civil da URI – Campus Erechim, na disciplina de Projeto Interdisciplinar. E ainda, comparar o custo entre o projeto original e o projeto corrigido aplicando o conceito BIM, além de difundir entre o meio acadêmico a importância da compatibilização de projetos para identificação das interferências entre as disciplinas de projeto.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho adotou-se uma metodologia de estudo de caso, onde foi analisado e compatibilizado o projeto de uma edificação, aplicando o conceito da tecnologia BIM.

O projeto analisado é de um edifício comercial/residencial desenvolvido por alunos na disciplina de Projeto Interdisciplinar do curso de Engenharia Civil da URI – Campus Erechim. Os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações, assim como memoriais descritivos e outros documentos, foram cedidos pela coordenação do curso.

Inicialmente, os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações elétricas e hidrossanitárias, modelados em CAD 2D, foram modelados através de *softwares* que possuem a tecnologia BIM, possibilitando assim a visualização tridimensional e melhor compreensão dos mesmos. Para a modelagem do projeto arquitetônico, de instalações elétricas e hidrossanitárias utilizou-se o *software Autodesk Revit* e para a modelagem do projeto estrutural o *Tekla Structures*.

Após a modelagem, os projetos foram compatibilizados utilizando o software *Tekla BIMsight*, possibilitando a identificação das incompatibilidades a serem corrigidas, comparando as disciplinas estrutura *versus* arquitetura, estrutura *versus* instalações hidrossanitárias e estrutura *versus* instalações elétricas. Em seguida, foram realizadas as correções das incompatibilidades encontradas. Ressalta-se que não foi avaliado o dimensionamento de cada disciplina de projeto, mas sim as interferências que ocorreram entre as mesmas.

Por último, realizou-se um levantamento de custos comparando o projeto original e o projeto com as interferências corrigidas. O orçamento compreende os gastos de material e mão de obra para a execução dos serviços, e possui por objetivo demonstrar a economia real na execução de uma edificação utilizando-se a tecnologia BIM. Os serviços foram precificados tendo como referência os custos unitários de insumos e composições da Tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), disponibilizada pela Caixa Econômica Federal, com data-base de setembro de 2017, mês imediatamente anterior à realização do orçamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao comparar as disciplinas estrutural *versus* arquitetura, foram encontradas inúmeras incompatibilidades, sendo que em sua maioria referem-se à erros de modelagem, uma vez que na arquitetura foram consideradas paredes em toda a altura da edificação, sem descontar a volumetria ocupada pelos elementos estruturais de pilares e vigas.

Além disso, as principais incompatibilidades encontradas relacionam-se a erros de níveis. Conforme os projetos originais em CAD, o nível do subsolo, tanto no arquitetônico quanto no estrutural, indicava -3,00 m e o nível do pavimento térreo 0,00 m. Entretanto, a partir do tipo 1, observou-se discrepâncias entre os níveis (Tabela 1). Tendo em vista esta diferença entre os níveis, consequentemente houve incompatibilidades entre a estrutura e a alvenaria. Na Figura 1 pode-se observar os erros de níveis em todos os pavimentos e ao lado, o projeto corrigido, onde foi modelada a alvenaria entre os vãos da estrutura e ajustados os níveis de projeto conforme os níveis indicados no projeto original estrutural.

Tabela 1 - Comparação dos níveis do projeto original em CAD.

Pavimento	Projeto Original Arquitetônico	Projeto Original Estrutural
Tipo 1	3,20 m	3,80 m
Tipo 2	6,40 m	6,80 m
Tipo 3	8,60 m	9,80 m
Cobertura	10,80m	12,80 m

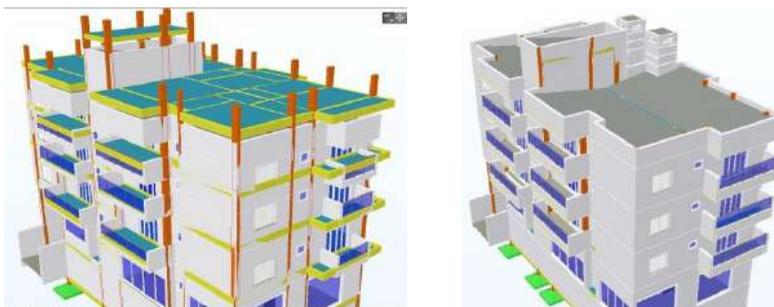


Figura 1 - Incompatibilidades e correções dos níveis entre o projeto estrutural e o arquitetônico.

Outra incompatibilidade verificada refere-se às sacadas da edificação. O projeto estrutural não obedeceu as dimensões das sacadas do projeto arquitetônico, onde as sacadas estão representadas com comprimento inferior. Na fase de correção, este erro foi solucionado ajustando o comprimento das sacadas, adaptando-o conforme o projeto estrutural, conforme a Figura 2.



Figura 2 - Incompatibilidade e correção das sacadas entre o projeto estrutural e o arquitetônico.

Verificou-se também que no projeto estrutural não foram previstos os locais para os shafts indicados no projeto arquitetônico, gerando problemas na passagem das tubulações das instalações hidrossanitárias e elétricas. Realizou-se a correção do projeto estrutural, prevendo-se então os furos dos shafts, conforme a Figura 3.

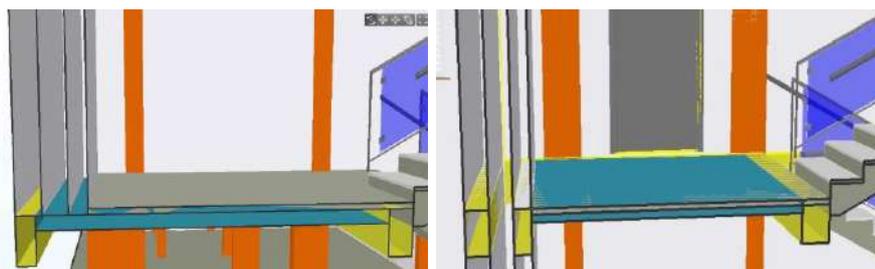


Figura 3 - Incompatibilidade e correção dos shafts entre o projeto estrutural e o arquitetônico.

Quanto ao revestimento argamassado das fachadas, a espessura deste não foi considerada no projeto estrutural. Os elementos estruturais de pilares e vigas no perímetro da edificação foram projetados sem considerar o recuo do revestimento. Portanto, a estrutura sem o revestimento estava alinhada com a parede acabada (tijolo + chapisco + emboço + reboco). Na correção, a estrutura da edificação foi recuada 2,0 cm, referente ao revestimento argamassado, segundo a Figura 4.

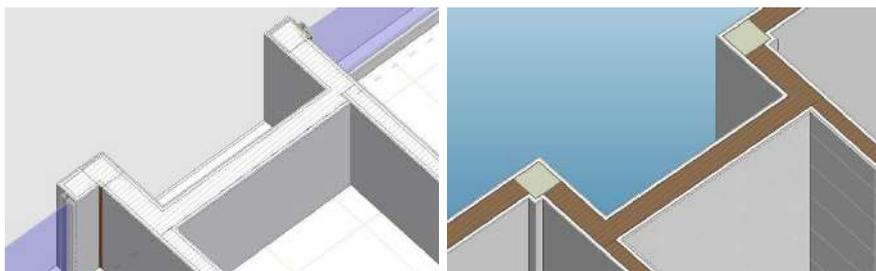


Figura 4 - Incompatibilidade e correção dos elementos estruturais e revestimentos argamassados de fachada.

Ao compatibilizar as disciplinas do projeto estrutural com o hidrossanitário e o elétrico, verificou-se que grande parte dos erros se devia ao lançamento errado dos níveis do projeto hidrossanitário e elétrico, pois estes seguiram os níveis indicados pelo projeto arquitetônico, o qual verificou-se anteriormente estar errado. Na fase de correção, os níveis do projeto hidrossanitário e elétrico foram ajustados conforme os níveis do projeto estrutural, fazendo com que as instalações se adequassem aos níveis corretos, apresentado na Figura 5 e Figura 6, respectivamente.

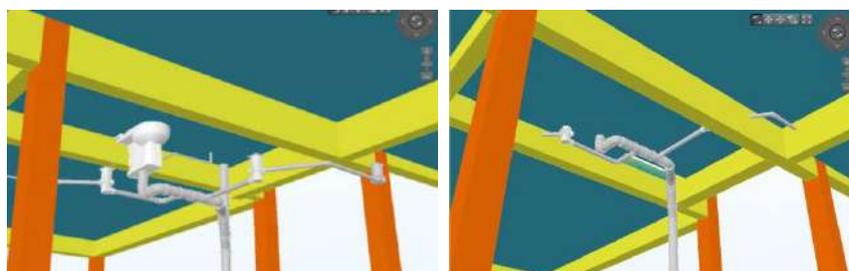


Figura 5 - Incompatibilidades e correção de níveis entre estrutura e hidrossanitário.

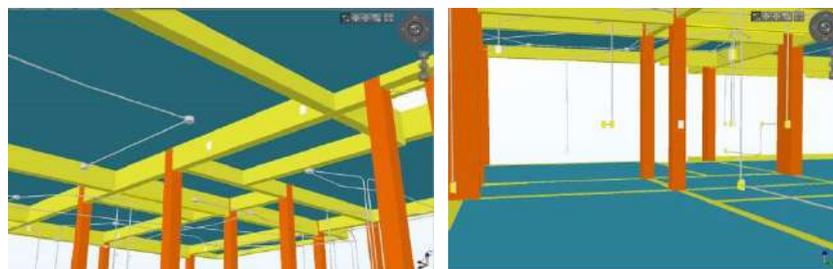


Figura 6 - Incompatibilidades e correção de níveis entre estrutura e elétrica.

Acrescenta-se também, as interferências devido ao erro no projeto estrutural de não prever a abertura dos shafts, logo, as instalações iriam atravessar a laje. Na etapa de correção dos projetos, foram previstos os shafts no projeto estrutural para a passagem das tubulações hidrossanitárias e dos eletrodutos, conforme Figura 7 e Figura 8.

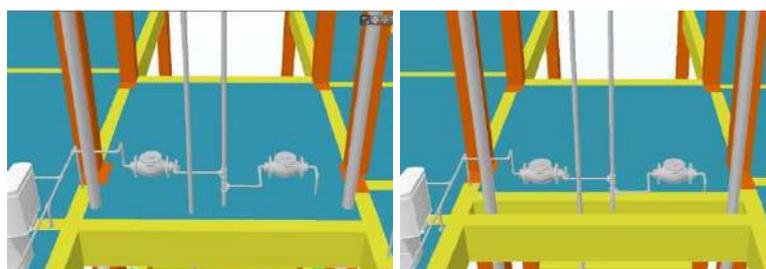


Figura 7 - Incompatibilidades e correção na passagem das tubulações hidrossanitárias nos shafts.



Figura 8 - Incompatibilidades e correção na passagem das tubulações elétricas nos shafts.

E ainda, outra incompatibilidade encontrada refere-se à passagem das tubulações por elementos estruturais. Ao executar-se uma obra é possível executar a furação da estrutura para passagem da tubulação. Entretanto, para evitar este tipo de retrabalho em obra, recomenda-se indicar no projeto estrutural a previsão da passagem das tubulações, o que não ocorreu nos projetos originais.

Por fim, apresenta-se o comparativo de custo dos itens de estrutura, arquitetura e instalações, entre o projeto original e o projeto com as interferências corrigidas, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Orçamento comparativo do projeto original x corrigido.

	Custo Total		Diferença	
	Original	Corrigido	Custo	%
Estrutura	R\$ 302.973,66	R\$ 301.368,99	-R\$ 1.604,67	-0,29%
Arquitetura	R\$ 223.965,32	R\$ 264.412,17	R\$ 40.446,85	7,34%
Inst Elétrica	R\$ 8.562,52	R\$ 8.723,68	R\$ 161,16	0,03%
Inst Hidrossanitária	R\$ 15.824,56	R\$ 16.000,54	R\$ 175,98	0,03%
TOTAL	R\$ 551.326,06	R\$ 590.505,39	R\$ 39.179,32	7,11%

Em relação à estrutura, verifica-se que realizando a abertura dos shafts nas lajes para a passagem das tubulações, e o recuo dos elementos estruturais no perímetro da edificação devido ao revestimento argamassado, houve uma redução no volume de concreto de 1,30 m³, gerando uma economia de 0,29% no custo total da obra.

Na arquitetura, houve um aumento significativo nos quantitativos de alvenaria, revestimento e pintura. Isso se deve ao fato de que os níveis do projeto arquitetônico foram corrigidos conforme os níveis do projeto estrutural, fazendo com que a altura dos painéis de vedação aumentasse devido à diferença dos níveis, acarretando também acréscimo nas quantidades de revestimento e pintura. Cabe ressaltar que no projeto original não foi considerado o emboço e o acabamento em pintura nos elementos estruturais. Logo, ao corrigir esta inconsistência, houve acréscimo nos quantitativos destes itens. Portanto, ao executar esta edificação com o projeto original, haveria um custo não computado de 7,34% no total da obra, o qual poderia ser previsto ao realizar a compatibilização dos projetos com a tecnologia BIM.

No que diz respeito às instalações elétricas e hidrossanitárias, observa-se um pequeno aumento de 0,03% em cada item ocasionado pelo aumento nas alturas dos tubos verticais de ligação entre os pavimentos devido o ajuste dos níveis do projeto estrutural.

Por fim, considerando toda a edificação, a correção das interferências de projeto gerou um aumento de 7,11% no custo total da obra. Ao utilizar a tecnologia BIM, estes custos são previstos ainda na etapa de projeto, proporcionando um custo mais real para a construtora, evitando custos adicionais não previstos ao longo da execução da obra.

CONCLUSÕES

Através do estudo, foi possível identificar inúmeras incompatibilidades entre os projetos, de forma a comprovar os benefícios do uso da tecnologia BIM.

As principais interferências encontradas nas disciplinas compatibilizadas referem-se à diferenças entre os níveis dos pavimentos nos projetos estrutural e arquitetônico. Além dos erros no posicionamento das alvenarias, este erro gerou incompatibilidades entre os projetos de instalações prediais e estrutural. Ressalta-se também que o projeto estrutural não considerou os vazios dos shafts previstos nos demais projetos. Em consequência, diversas incompatibilidades foram identificadas relacionadas à passagem das tubulações.

Ao serem corrigidas as incompatibilidades, foi possível verificar um acréscimo de aproximadamente 7% no custo total da obra. Esta diferença encontrada não foi prevista inicialmente no projeto original, o que iria causar gastos excedentes durante a execução da edificação, os quais teriam sido facilmente identificados se os projetos fossem desenvolvidos e compatibilizados com a tecnologia BIM.

Por fim, salienta-se a importância da aplicação da tecnologia BIM para a modelagem das disciplinas que compõem o projeto de uma edificação. Ao se fazer uso desta, incompatibilidades podem ser facilmente corrigidas na fase de concepção dos projetos, prevenindo erros e retrabalhos na fase de execução da obra, minimizando maiores custos e atrasos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA – ASBEA. **Guia AsBEA boas práticas em BIM**. Fascículo I. São Paulo, 2013.

_____. **Guia AsBEA boas práticas em BIM**. Fascículo II. São Paulo, 2015.

COSTA, E.N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. Belo Horizonte, MG, v. 18, n. 22, p. 152-171, 2011.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUOS DE BLOCOS
CERÂMICOS NO CONCRETO DE CONTRA PISO
COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO
GRAÚDO****Aluno: Eliezer R. A. de Mattos
Orientador: Prof. Dr. Gilson Francisco Paz Soares****INTRODUÇÃO**

Com a área da construção civil atuando em grande escala, o uso de novas tecnologias, o aumento da população e a diversificação do consumo de bens e serviços, as matérias-primas estão se tornando escassas e os resíduos gerados se transformaram em graves problemas urbanos, com gerenciamento complexo. Uma solução viável é a reutilização, sendo assim, o objetivo deste estudo é verificar a viabilidade técnica da utilização de resíduos de blocos cerâmicos de obras como substituição parcial do agregado graúdo na confecção de concreto para contra piso. Uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública Resíduos Especiais (ABRELPE, 2010) aponta que alguns estados brasileiros coletam cerca de 31 milhões de toneladas de RCD anualmente, enquanto a Dinamarca ainda é o país com a maior taxa de reciclagem, cerca de 90%. Esse sucesso daquele deve-se ao elevado imposto a que estão sujeitos os resíduos que não são reciclados e a obrigatoriedade de separação do resíduo na origem (MALIA et al., 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos de blocos cerâmicos foram obtidos de obras da cidade de Erechim – RS, sendo submetidos a processo de britagem e saturação. Após as devidas caracterizações físicas e mecânicas dos componentes, foram confeccionados 16 amostras de corpos de prova de concreto padrão com 0% de substituição de agregado graúdo pelo resíduo, e corpos de prova com substituição de 25%, e submetidos aos ensaios de compressão uniaxial, compressão diametral, módulo de elasticidade e absorção de água por capilaridade, no Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC) da URI – Campus de Erechim, tomando como base as normas NBR 5739, 2007, NBR 7222, 1994, NBR 8522, 2008 e NBR 9779, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, o momento dos ensaios de compressão uniaxial e compressão diametral.

Mattos, E. A. R. de; Soares, G. F. P.

Influência do uso de resíduos de blocos cerâmicos no concreto de contra piso como substituição parcial do agregado graúdo



Figura 01 – Ensaio de compressão uniaxial



Figura 2 – Ensaio de compressão diametral

As figuras 3 e 4 apresentam de forma gráfica, respectivamente, os resultados dos testes de compressão uniaxial e compressão diametral.

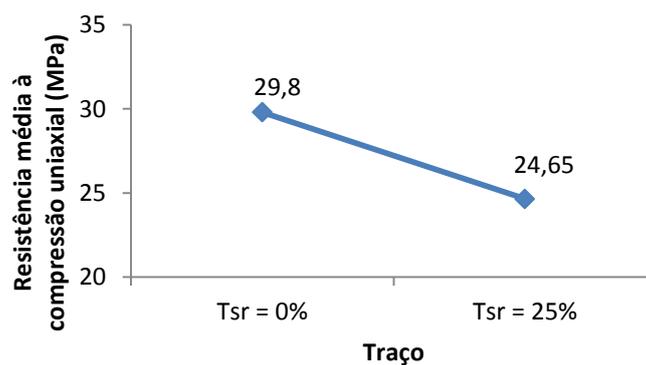


Figura 3 – Valores da resistência média à compressão uniaxial

Observa-se, através da Fig. 3, que houve uma redução de 17,28% no valor da resistência do concreto com 25% de substituição do agregado graúdo por resíduos de blocos cerâmicos. No entanto, este valor de resistência obtido, 24,65 MPa, ainda é superior ao mínimo recomendado, que é 8 MPa (CONCRETO DE CONTRA PISO, 2015).

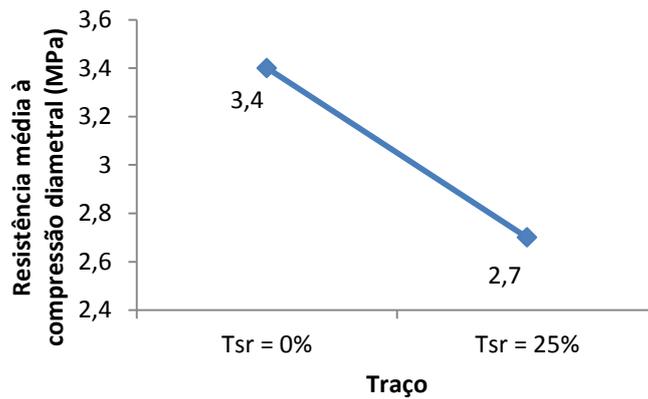


Figura 4 – Valores da resistência média à compressão diametral

Da Fig. 4, pode-se verificar que a redução do valor de resistência à compressão diametral, da amostra em estudo (25% de substituição) em relação à amostra referência (0% de substituição) foi de 20,59%, ficando também na faixa mínima aceitável, acima de 0,8 MPa (CONCRETO DE CONTRA PISO, 2015).

Também foi realizado o ensaio para determinação do módulo de elasticidade (Fig. 5). Neste caso, verificou-se que o resultado foi satisfatório, visto que, apesar de apresentar uma queda de 21,21%, ficou ainda em padrões aceitáveis, acima de 10 GPa (CONCRETO DE CONTRA PISO, 2015), conforme se pode concluir através da observação da Fig. 6.



Figura 5 – Ensaio de módulo de elasticidade longitudinal

Mattos, E. A. R. de; Soares, G. F. P.

Influência do uso de resíduos de blocos cerâmicos no concreto de contra piso como substituição parcial do agregado graúdo

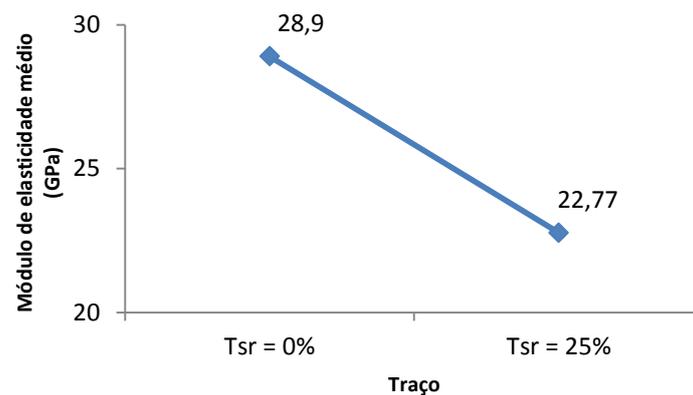


Figura 06 – Valores do módulo de elasticidade médio

Após os testes de resistência, deu-se continuidade com o ensaio de absorção de água, conforme ilustra a Fig. 7.



Figura 7 – Ensaio de absorção de água por capilaridade

A Fig. 8 apresenta os resultados obtidos para as amostras padrão e com substituição, no que se refere à absorção de água por capilaridade. A norma NBR 9779, 2012 não indica padrões limítrofes, apenas um valor aceitável abaixo de 6 g/c^2 , o que torna o valor obtido para a mistura de 25% de substituição, apesar de maior que no traço padrão, enquadrado na normativa.

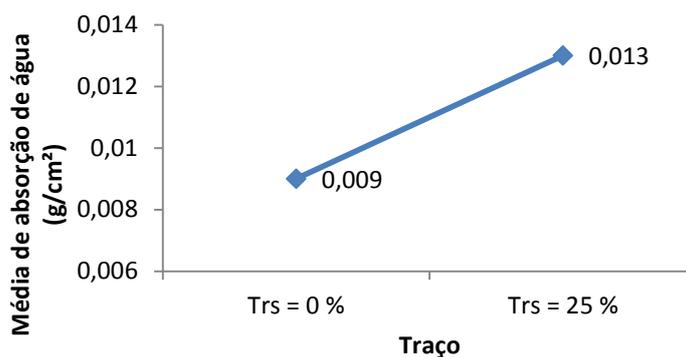


Figura 8 – Absorção de água por capilaridade.

CONCLUSÕES

Após a realização dos ensaios experimentais, da compilação e análise dos resultados, é possível concluir:

a) Com relação à caracterização prévia dos materiais utilizados neste estudo, observou-se que: as características físicas, químicas e mecânicas do cimento estão enquadradas nas normas; o agregado graúdo apresentou valores de massa específica, massa unitária, índice de absorção de água e módulo de finura dentro das exigências normativas; o agregado miúdo apresentou módulo de finura fora dos limites estabelecidos por norma; o resíduo cerâmico apresentou valor de massa unitária e índice de absorção de água, próximos dos estudos já realizados (CONCRETO DE CONTRA PISO, 2015).

b) No que se refere aos testes experimentais aplicados aos corpos de prova padrão e com substituição do agregado graúdo por resíduo cerâmico na proporção de 25%, verificou-se que: os ensaios de compressão uniaxial mostraram a queda desta resistência na mistura com substituição, em relação à mistura padrão (sem substituição); os ensaios de resistência à compressão diametral, bem como do módulo de elasticidade, mostraram diminuição nos valores do traço com 25% de substituição em relação ao traço padrão; os ensaios de índice de absorção de água apresentaram valores que não influenciam na resistência do material analisado. Ressalta-se que na caracterização do resíduo cerâmico foi obtido um valor de índice de absorção baixo, por esse motivo não foi adicionado o aditivo químico no concreto.

c) Por fim, conclui-se com este estudo que, tecnicamente, é possível observar uma tendência de aplicabilidade do resíduo cerâmico em substituição ao agregado graúdo na produção de concretos para uso em contra piso. No entanto, para se afirmar com mais precisão, faz-se necessários novos estudos, com maior rigor técnico e estatístico.

Mattos, E. A. R. de; Soares, G. F. P.

Influência do uso de resíduos de blocos cerâmicos no concreto de contra piso como substituição parcial do agregado graúdo

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, S. Paulo, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 5739** – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____ **NBR 7222** - Argamassa e Concreto - Determinação da Resistência a tração por compressão diametral. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____ **NBR 8522** - Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____ **NBR 9779** - Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

CONCRETO DE CONTRA PISO – Ficha técnica <http://www.valemassa.com.br>
Valemassa, 2015.

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. **Indicadores de Resíduos de Construção e Demolição para Construções Residenciais Novas**. Revista Ambiente Construído, v. 11, n. 3, p. 117-130, jul. / set. 2011.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****INFLUÊNCIA DA ESPESSURA E RESISTÊNCIA DA
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO EM PRISMAS
DE BLOCO ESTRUTURAL CERÂMICO VAZADO****Aluno: Emilia Vieira Lanzarini
Orientador: Gilson Francisco Paz Soares****INTRODUÇÃO**

A alvenaria estrutural, diferentemente da alvenaria comum, possui função de resistir aos esforços da edificação. Segundo Tauil e Nese (2010, p. 20) na alvenaria estrutural não se utilizam vigas nem pilares já que a alvenaria constitui a estrutura da edificação e conduz as cargas uniformemente até a fundação. Este sistema construtivo é tradicional e foi utilizado desde o início da atividade humana para executar estruturas, sendo construídas diversas obras históricas com esta técnica.

Inicialmente tratava-se de um método rústico e eram realizados cálculos empíricos além do fato de não haver normas regulamentadoras da técnica construtiva. Atualmente os materiais e técnicas utilizadas neste método construtivo evoluíram em demasia, sendo bastante utilizado e regido por normas técnicas visando à aplicação adequada das mesmas. Por estes motivos, pesquisar, desenvolver e inovar este processo torna-se fundamental, tendo em vista que há uma área ampla de aplicações onde a alvenaria estrutural pode ser empregada.

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar de que forma a espessura e a resistência da argamassa de assentamento influenciam na resistência mecânica à compressão de prismas de blocos vazados estruturais cerâmicos.

Blocos estruturais são definidos pela NBR 7171 (1992) como blocos projetados para suportar outras cargas verticais além do seu peso próprio. Além da função de vedação também constituem a estrutura da edificação.

A argamassa de assentamento é definida pela NBR 8798 (2005) como “elemento utilizado na ligação entre os blocos de concreto, garantindo distribuição uniforme de esforços”. A mesma é de suma importância na alvenaria estrutural, por apresentar a função de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre os blocos, absorver pequenas deformações e selar juntas contra a penetração de ar e água. A argamassa deve reunir boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para o desempenho de suas funções. A resistência da argamassa à compressão não é tão significativa quando a plasticidade que realmente permite que as tensões sejam transferidas de modo uniforme de uma unidade à outra (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7). Na NBR 15812-2 (2010), recomenda-se que a resistência à compressão da argamassa deve ser no mínimo 1,5 MPa, e no máximo 70% da resistência à compressão característica da unidade na área líquida (descontando os vazios). A norma também recomenda que a espessura das juntas horizontais e verticais de argamassa deve ter 10 ± 3 mm.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho aborda a análise da resistência à compressão de prismas de blocos estruturais cerâmicos com diferentes combinações onde variam a resistência da argamassa de assentamento e também a espessura da mesma.

Os fatores controláveis deste programa experimental são a espessura da argamassa de assentamento e a sua resistência em relação ao bloco estrutural cerâmico. Vale lembrar que a resistência da argamassa de assentamento foi controlada em relação à resistência dos blocos obtida no ensaio de caracterização (*fbk* efetivo) e não a resistência indicada pelo fabricante, pois pode haver divergência nas informações. Os fatores controláveis deste programa experimental são a espessura da argamassa de assentamento e a sua resistência em relação ao bloco estrutural cerâmico. Vale lembrar que a resistência da argamassa de assentamento será controlada em relação à resistência dos blocos obtida no ensaio de caracterização (*fbk* efetivo) e não a resistência indicada pelo fabricante, pois pode haver divergência nas informações.

Na confecção dos prismas foram utilizados blocos estruturais cerâmicos vazados. Suas dimensões nominais são de 14x19x29, ou seja, largura $L=140$ mm, altura $H = 190$ mm e comprimento $C = 290$ mm. A resistência característica à compressão do bloco, segundo a fabricante é de 10 MPa. A Fig. 1 mostra o bloco utilizado. A caracterização dos blocos foi realizada no Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC) e no Laboratório de Ensaio de Ruptura (LER) da URI – Câmpus Erechim. Inicialmente foi realizada uma triagem visual dos blocos.



Figura 1 – Bloco estrutural cerâmico

Inicialmente foi feita a caracterização física dos blocos, conferindo as medidas de altura, largura e comprimento. Em seguida foram medidos os valores dos desvios em relação ao esquadro, sendo posicionado o esquadro no meio da face vazada, e na face lisa maior, e neste ponto medido o afastamento entre o esquadro e o bloco com uma régua graduada. Outra medida foi a planeza das faces, que foi realizada posicionando o esquadro na diagonal da face lisa maior do bloco, e medido o afastamento com uma régua graduada. Conforme a NBR 15270-3 (2005) os limites de tolerâncias são de ± 5 mm para comprimento, altura e largura, e ± 3 mm na planeza das faces e no desvio em relação esquadro. O capeamento dos blocos foi realizado com argamassa de 15 MPa, e serve para a regularização das faces do bloco, a espessura do capeamento não deve ultrapassar 3 mm. Depois de 24 horas a face oposta do bloco foi capeada. Antes do ensaio de compressão dos blocos os mesmos permaneceram submersos durante 6 horas, para o ensaio de compressão os blocos foram posicionados (de modo que a carga fosse aplicada no centro de gravidade do bloco) na prensa hidráulica a pêndulo, modelo PC200CS da marca EMIC com capacidade máxima de 2000 KN.

O primeiro procedimento para a caracterização da argamassa de assentamento foi a determinação do índice de consistência da mesma, para isso foram seguidos os passos indicados na NBR 13276 (2002). Já para a caracterização mecânica da argamassa foram utilizados os procedimentos indicados na NBR 13279 (2005), onde foram moldados três corpos de prova para cada resistência de argamassa. Cada corpo de prova possui o formato prismático, com 4 centímetros de largura, 4

centímetros de altura e 16 centímetros de comprimento. A Fig. 2 mostra a preparação dos corpos de prova.



Figura 2 – Preparação dos corpos de prova

Os corpos de prova permaneceram (48 ± 24) h nos moldes com temperatura do ar de (23 ± 2) °C e umidade relativa do ar de $(65 \pm 5)\%$. Logo após o tempo indicado foram desmoldados e conservados nas mesmas condições até a ruptura com idade de 28 dias. Embora este não seja o foco deste trabalho, a NBR 13279 (2005) indica que os corpos de prova devem ser ensaiados primeiramente à tração na flexão e somente após deve ser realizado o ensaio de compressão axial. Para a determinação da resistência à compressão axial são utilizadas as metades dos corpos de prova do ensaio de tração na flexão. A carga aplicada é de (500 ± 50) N/s até a ruptura.

Os prismas foram executados segundo a NBR 15812-2 (2010), que admite o teste em prismas de bloco estrutural confeccionados com dois blocos apurados, com uma única junta horizontal. Foram confeccionados corpos de prova (prismas) com argamassas de assentamento nas espessuras de 4 mm, 10 mm e 20 mm (valor abaixo, de referência, e acima da norma NBR 15812-2 (2010), respectivamente) e nas resistências de aproximadamente 20%, 70% e 150% (2 MPa, 8 MPa e 15 MPa) em relação a resistência característica do bloco (f_{bk}), para cada combinação foram moldados quatro prismas. A Fig. 3 mostra a confecção dos prismas.



Figura 3 – Confecção dos prismas

Após o assentamento dos prismas os mesmos foram identificados e aguardada a cura da argamassa por 24 horas. Foram capeadas as faces em contato com a placa da prensa, primeiramente uma das faces e 24 horas depois a outra face. A argamassa utilizada para o capeamento foi a de 15 MPa, pois como indica a NBR deve possuir resistência maior do que a resistência do bloco. A Fig. 4 mostra os prismas prontos.



Figura 4 – Prismas prontos

Após 24 horas do capeamento da segunda face do prisma os mesmos foram armazenados na câmara climatizada com temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $(65 \pm 5)\%$ e mantidos nessas condições até a idade de 28 dias. Após foi realizado o ensaio de ruptura à compressão de cada prisma com aplicação de carga com velocidade constante de 0,05 MPa (tolerância de $\pm 0,01$) até a ruptura. A Fig. 5 mostra o posicionamento do prisma na prensa. E a Fig. 6 mostra alguns prismas rompidos.



Figura 5 – Posicionamento do prisma na prensa



Figura 6 – Prismas rompidos

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medidas fornecidas pelo fabricante dos blocos são de $L = 140 \text{ mm}$, $H = 190 \text{ mm}$ e $C = 290 \text{ mm}$. E após a conferência das medias constatou-se que todas as medidas estão dentro do limite de tolerância individual que é de $\pm 5 \text{ mm}$ para L, H e C e de $\pm 3 \text{ mm}$ nas medidas de planeza das faces e no desvio em relação esquadro. O valor da resistência característica a compressão (f_{bk}) encontrado foi de 9,91 MPa (próximo ao valor informado pelo fabricante 10 MPa).

Depois de realizado o ensaio de resistência à tração na flexão das argamassas foi realizado o ensaio de resistência à compressão axial das argamassas, os resultados obtidos foram os seguintes: Para argamassa de 2 MPa (informado pelo fabricante) a média encontrada foi de 5,6 MPa, Já para a argamassa com resistência de 8 MPa (informado pelo fabricante) a média encontrada foi de exatamente 8 MPa, portando a resistência é exatamente igual a informada pelo fabricante. Para a argamassa de 15 MPa (informado pelo fabricante), apresentou uma resistência média de 9,3 MPa. A Tab. 1 mostra a matriz experimental atualizada.

Fatores controláveis			Variável de resposta
Combinações	Espessura argamassa de assentamento (mm)	Resistência argamassa de assentamento (% do <i>fbk</i>)	Número de amostras
1-A	4	56	4
1-B		80	4
1-C		94	4
2-A	10	56	4
2-B		80	4
2-C		94	4
3-A	20	56	4
3-B		80	4
3-C		94	4

Tabela 1 – Matriz experimental atualizada do programa

A Fig. 7 e a Fig. 8 apresentam a forma como a espessura e a resistência da argamassa de assentamento influenciaram na resistência característica dos prismas de blocos estruturais cerâmicos.

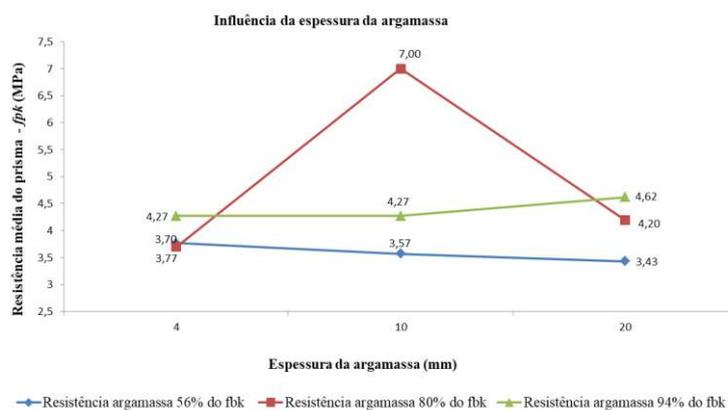


Figura 7 – Influência da espessura da argamassa

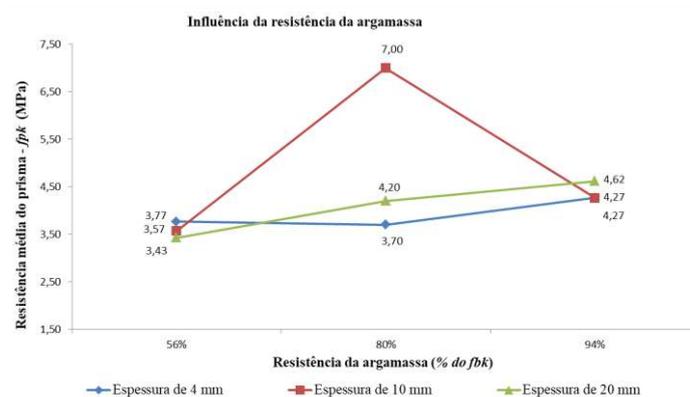


Figura 8 – Influência da resistência da argamassa

CONCLUSÕES

Na caracterização física dos blocos os valores encontrados para área líquida, desvio em relação ao esquadro e planeza das faces foram considerados valores homogêneos, o que revela a qualidade dos blocos no aspecto físico. Pela caracterização mecânica dos blocos foi possível encontrar uma resistência característica à compressão muito próxima ao valor informado pelo fabricante. Após a caracterização mecânica da argamassa de assentamento foi necessário fazer uma adequação em relação ao *fbk*, visto que para a argamassa de 2MPa (informado pelo fabricante) foi encontrada uma resistência de 5,6MPa, para a argamassa de 15 MPa (informado pelo fabricante) foi encontrada uma resistência de 9,3 MPa e para a argamassa de 8MPa (informado pelo fabricante) a resistência encontrada foi condizente. Como resultado dos prismas foi possível afirmar o que consta nas normas de referência, ou seja, o maior *f_{pk}* obtido foi de 7 MPa com a espessura de 10 milímetros e com a resistência da argamassa de 80% do *fbk*. Como resultado dos prismas foi possível afirmar o que consta nas normas de referência, ou seja, o maior *f_{pk}* obtido foi de 7 MPa com a espessura de 10 milímetros e com a resistência da argamassa de 80% do *fbk*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bloco cerâmico para alvenaria de vedação**. NBR 7171. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. NBR 8798. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

_____. **Alvenaria estrutural** – blocos cerâmicos – execução e controle de obras. NBR 15812:2. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

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

_____. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – preparo da mistura e determinação do índice de consistência. NBR 13276. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos** - determinação da resistência à compressão - método de ensaio. NBR 13279. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

RAMALHO, M. A.; CORREA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1 ed, São Paulo: PINI, 2003.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. 1 ed, São Paulo: PINI, 2010.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****SIMULAÇÃO DE PÓRTICOS PLANOS PELO
MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM
LINGUAGEM MAPLE****Aluno: Felipe Saccomori****Orientador: Tancredo Westphal Junior.****INTRODUÇÃO**

Segundo Azevedo (2003), o Método dos Elementos Finitos (MEF), no âmbito da engenharia de estruturas, tem como objetivo a determinação do estado de tensões e deformações de um sólido de geometria arbitrária sujeito a ações exteriores. Este tipo de cálculo tem a designação genérica de análise de estruturas e surgem no estudo de edifícios, pontes, barragens, etc.

Com o grande desenvolvimento que o MEF teve na década de 1960 e com a disponibilização de recursos computacionais, passou a ser prática corrente a análise de estruturas de geometria arbitrária, constituídas por múltiplos materiais e sujeitas a qualquer tipo de carregamento. Este avanço é tão significativo que outros métodos deixaram praticamente de ser utilizados. Atualmente, o seu interesse restringe-se ao de fornecer soluções teóricas de problemas simples para validar métodos aproximados. A formulação do MEF pode ser baseada no método dos deslocamentos ou em modelos de equilíbrio. Dentre estes métodos, aquele que apresenta maior simplicidade e, conseqüentemente, maior versatilidade, é o método dos deslocamentos.

Atualmente está sendo desenvolvido o sistema *MEFSIM* (*Método dos Elementos Finitos – Simulação Sistema Maple*) para a análise de pórticos planos pelo MEF, totalmente escrito em linguagem Maple. O *MEFSIM* consiste em três módulos. O primeiro é o módulo *MEFSIM-PRÉ*, responsável pela modelagem da estrutura, com entrada de dados através de Maplets, e que gera dois arquivos em formato texto, contendo informações sobre a discretização da estrutura e propriedades materiais e geométricas dos elementos. O segundo é o módulo *MEFSIM-MEF*, responsável por efetuar os cálculos pelo MEF, que lê os dados gerados pelo módulo *MEFSIM-PRÉ* e gera um terceiro arquivo em formato texto, contendo os valores de deslocamentos e forças nodais. O terceiro é o módulo *MEFSIM-PÓS*, destinado a ilustrar graficamente os resultados da simulação, e que lê os dados dos três arquivos gerados pelo sistema.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada consiste na programação do MEF para um elemento finito e matriz de rigidez de um pórtico 2D, obtidos sobrepondo um elemento finito e matriz de rigidez de uma viga, Figura (1) e Eq.(1), mais elemento finito e matriz de rigidez de uma barra, Figura (2) e Eq.(2), em um programa de Cálculo Algébrico e Simbólico (CAS), plataforma *Maple*, dando origem ao programa *MEFSIM*.

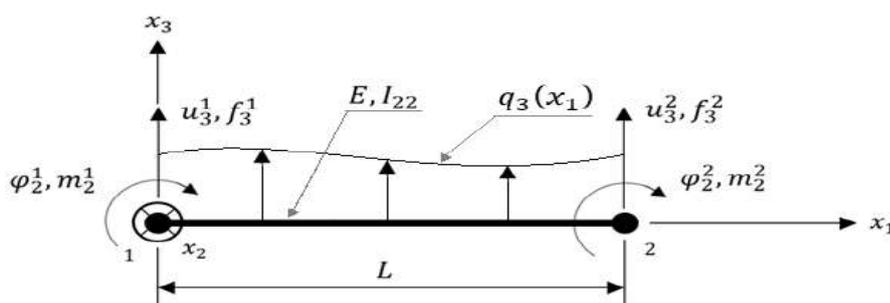


Figura 1 – Elemento finito de viga.

$$K = \frac{2EI_{22}}{L^3} \begin{bmatrix} 6 & 3L & -6 & 3L \\ 3L & 2L^2 & -3L & L^2 \\ -6 & -3L & 6 & -3L \\ 3L & L^2 & -3L & 2L^2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

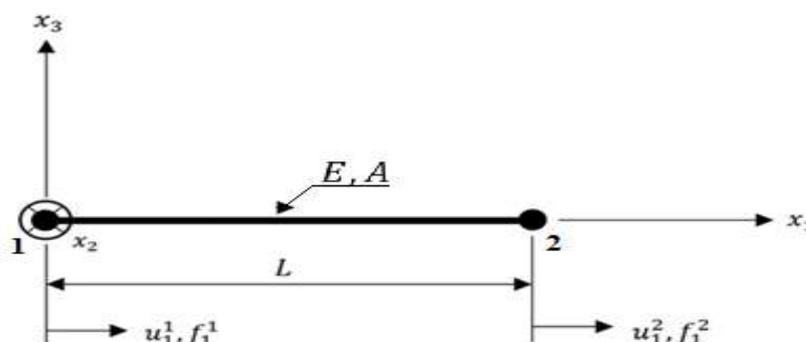


Figura 2 – Elemento finito de barra.

$$K = T^T K' T = k \begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Sobrepondo as equações de elementos finitos de barras, Eq.(1), com as equações de elementos finitos de vigas, Eq. (2), sendo as matrizes de rigidez correspondentes na matriz de rigidez de pórtico Eq.(3).

$$K = \frac{E}{L^3} \begin{bmatrix} AL^2 & 0 & 0 & -AL^2 & 0 & 0 \\ 0 & 12I_{22} & 6LI_{22} & 0 & -12I_{22} & 6LI_{22} \\ 0 & 6LI_{22} & 4L^2I_{22} & 0 & -6LI_{22} & 2L^2I_{22} \\ -AL^2 & 0 & 0 & AL^2 & 0 & 0 \\ 0 & -12I_{22} & -6LI_{22} & 0 & 12I_{22} & -6LI_{22} \\ 0 & 6LI_{22} & 2L^2I_{22} & 0 & -6LI_{22} & 4L^2I_{22} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

O Maple é um programa de cálculo algébrico e simbólico (CAS) que combina um poderoso motor matemático com uma interface que o torna extremamente fácil para analisar, explorar,

visualizar e resolver problemas matemáticos (MAPLESOFT, 2016). As manipulações simbólicas são, por exemplo, expressar uma variável em função de outra, substituição, simplificação, fatoração, reagrupamentos dos termos de uma expressão, etc. A capacidade simbólica do programa permite obter soluções exatas em diversos tipos de problemas (VILCHES e LEITE, 2007).

Com a programação Maple é possível inserir dados diretamente no ambiente de trabalho, através de um arquivo externo ou de janelas denominadas Maplets, que requisitam os valores das variáveis.

As Maplets têm como função auxiliar o operador do programa no momento de interagir com o programa, tanto na visualização como na adição de dados referentes aos cálculos, tornando o programa mais amigável para o operador do programa e leigos ou com pouca experiência na programação, o que é um dos objetivos deste trabalho.

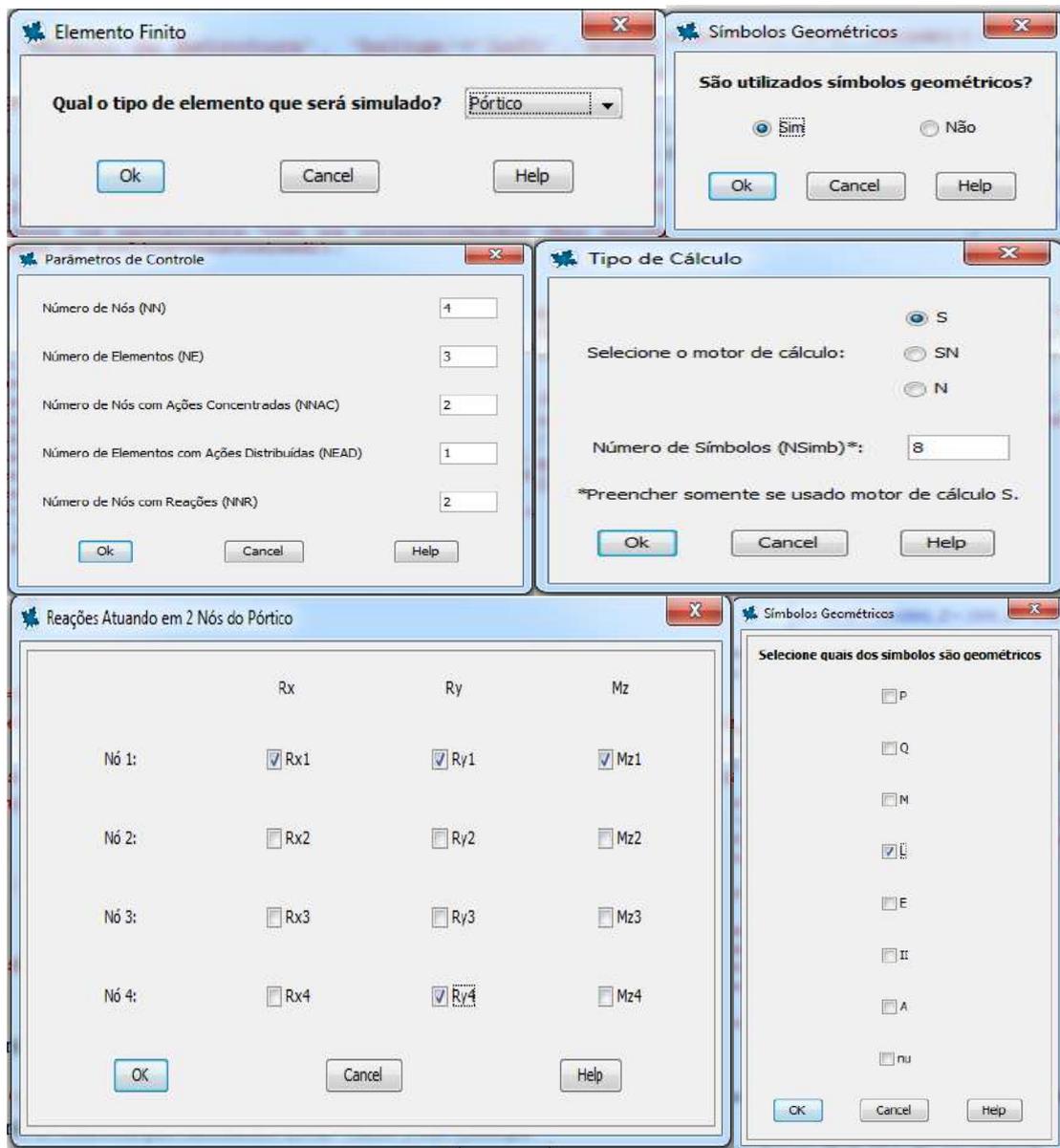


Figura 3 – Exemplos de *Maplets*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Usando o motor de cálculo simbólico, foi considerado, um exemplo de viga, conforme a Figura 4. Como comparação dos resultados, esse problema foi resolvido no programa FTOOL, sendo um bom comparativo para os resultados obtidos pelo *MEFSIM*. Pelo fato do FTOOL não realizar cálculos na forma simbólica foram adotados valores de $P = 10$ KN, $L = 3,00$ m, $Q = - 8$ KN/M e $M = - 15$ KN.M para verificação.

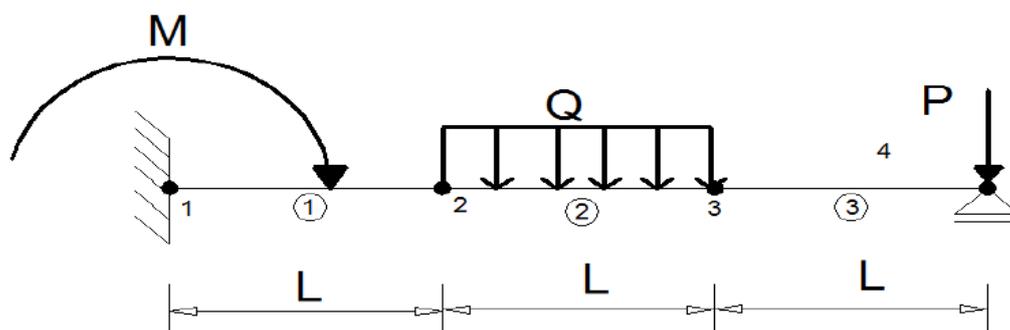


Figura 4 – Viga hiperestática.

A Figura 5 é a plotagem gráfica gerada pelo *Maple* da viga apresentada acima, sendo as reações representadas em vermelho, a carga distribuída em amarelo e as cargas concentradas representadas em verde.

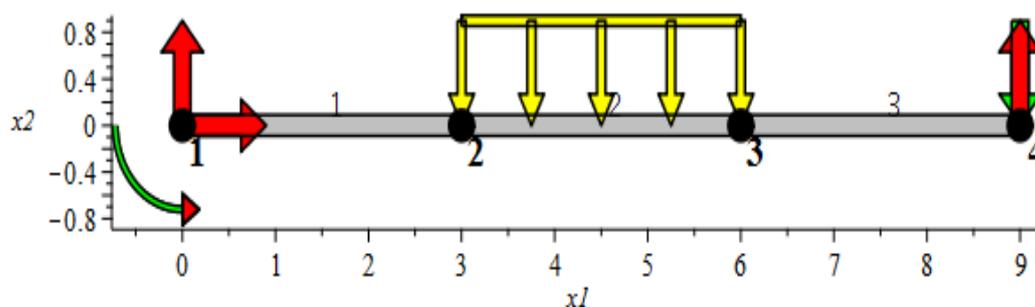


Figura 5 – Viga hiperestática gerada pelo *Maple*.

Lembrando que o programa FTOOL utiliza convenção de HIBBELER (2009) para gerar gráficos, já o programa *MEFSIM* utiliza convenção de POPOV (1978), com isso, diagramas de esforço cortante, Figura 6 e 7, e de momento fletor, Figura 8 e 9, possuem sinais invertidos, mas se comparado os resultados em módulo, percebe-se que são valores idênticos.

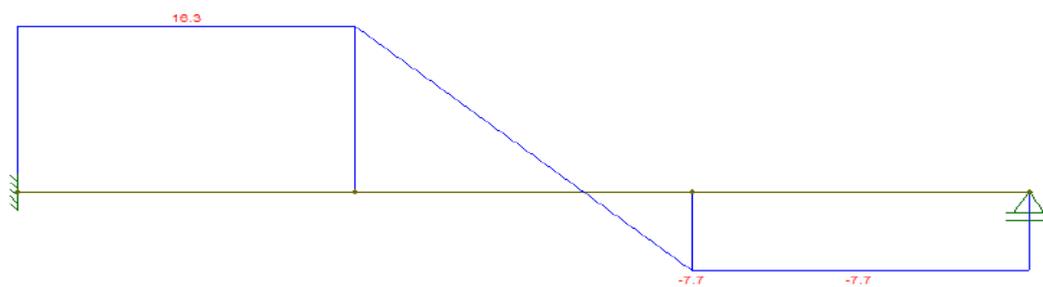


Figura 6 – Diagrama de esforço cortante gerado pelo FTOOL.

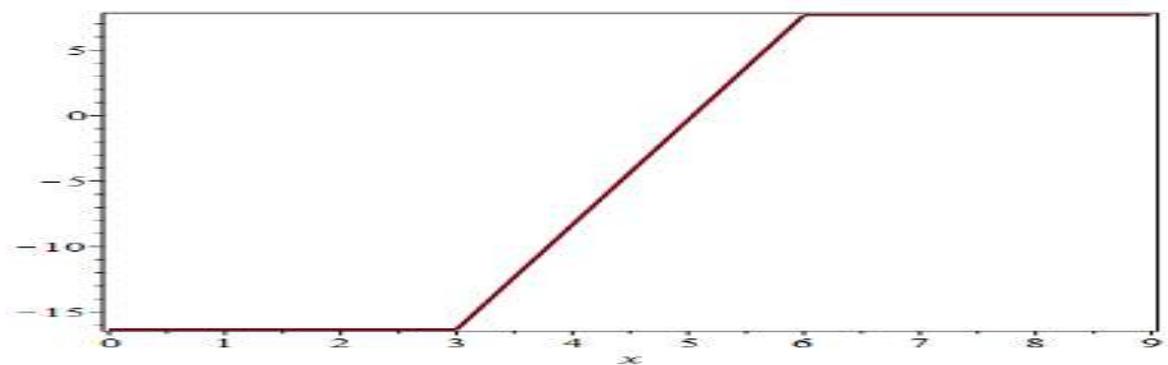


Figura 7 – Diagrama de esforço cortante gerado pelo MEFSIM.

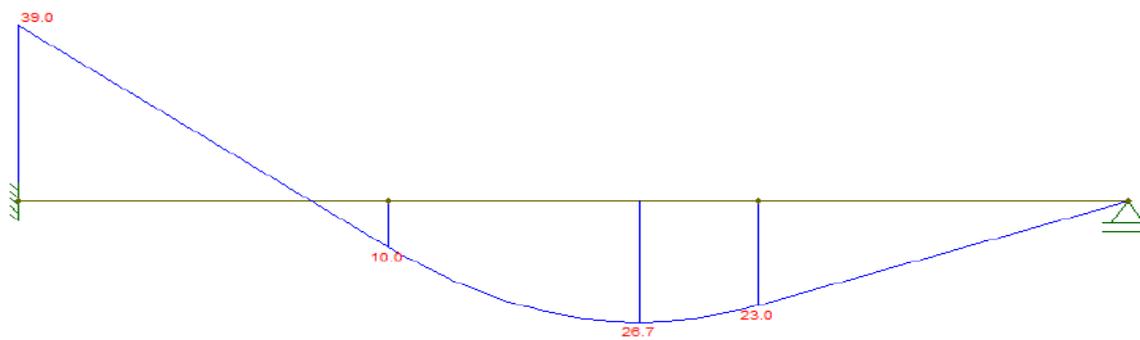


Figura 8 – Diagrama de momento fletor gerado pelo FTOOL.

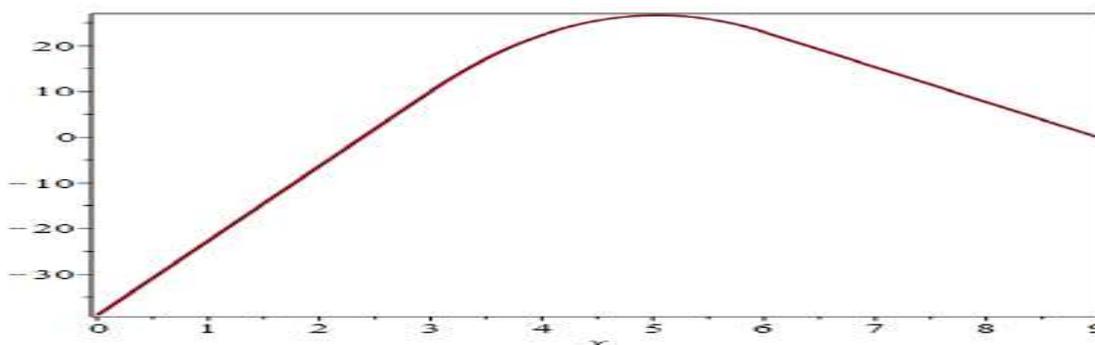


Figura 9 – Diagrama de momento fletor gerado pelo MEFSIM.

CONCLUSÕES

O embasamento teórico para a aplicação do MEF para pórticos bidimensionais foi apresentado neste trabalho, juntamente com a programação *Maple* e o sistema de *Maplets*, que devido à interface gráfica para usuário possibilita maior praticidade na entrada dos dados para a simulação de problemas.

O problema descrito anteriormente foi resolvido no programa *MEFSIM* com motor de cálculo SN. Analisando os esforços cortantes e momentos fletores, percebe-se que praticamente não há discrepância de resultados quando comparados com resultados obtidos pelo programa FTOOL, o MEF juntamente com o sistema *MEFSIM* se mostraram ferramentas eficazes na solução de problemas de vigas e pórticos estáticos bidimensionais. Quando comparados exemplos de vigas resolvidas utilizando o *MEFSIM* com o motor de cálculo simbólico (S), notou-se que a exatidão foi de 100%, comparado à resultados encontrados na bibliografia.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A.F.M. **Método dos elementos finitos**. Faculdade de engenharia de Porto, Portugal, 2003.

HIBBELER, R.C. **Resistencia dos Materiais**. São Paulo, 2009.

MAPLESOFT. **Maplesoft**. 2016. Home page < <http://www.maplesoft.com>> Acesso em: 15 de setembro de 2017.

POPOV, E.P. **Introdução à mecânica dos sólidos**. São Paulo: Edgar Blücher, 1978.

VILCHES, M. e LEITE, M. **Maple para cálculo em uma variável**. Departamento de Análise IME, UERJ, Rio de Janeiro, 2007.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE SOLOS
QUANDO ESTABILIZADOS COM ADITIVOS
QUÍMICOS****Aluno: Gustavo Dall Igna****Orientador: Fabiano da Silva Jorge****INTRODUÇÃO**

Os pavimentos são constituídos de uma estrutura de múltiplas camadas, construídas sob terraplanagens, com função técnica de resistir aos esforços oriundos do tráfego e a melhorar as condições de rolamento. França (2003) comenta que com a crise que o país tem enfrentado nos últimos anos e a escassez de recursos financeiros, torna-se oportuno estudar materiais alternativos que possam ser utilizados na construção rodoviária, sob o ponto de vista técnico-econômico. Diante da busca cada vez maior por soluções de baixo custo, e que visem à preservação dos recursos naturais, a estabilização de solos surge como uma boa alternativa ao emprego de britas, tradicionalmente usadas em camadas de pavimento. O processo de estabilização de solos conduz à estruturas de pavimento com bom desempenho e durabilidade (LOVATO, 2004). Dentre os vários processos de estabilização de solos, este trabalho tem enfoque na estabilização química, mais especificamente, com cimento, cal e um aditivo específico para solos. O uso de solo-cimento e solo melhorado com cimento tem se mostrado uma solução técnica e economicamente viável em diversas regiões do país, tendo início na construção de estradas de solo-cimento no Brasil em 1935 (MACÊDO, 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho, foi utilizada uma amostra de solo da cidade de Maximiliano de Almeida. Esta amostra passou por uma caracterização prévia, através de alguns ensaios, como o peneiramento, limite de liquidez, limite de plasticidade.

Os aditivos que foram utilizados foram o cimento, CP II Z-32 da empresa Itambé, cimento o qual é aconselhável para estabilização de solos, a cal utilizada foi a Cal Hidratada calcítica CH II, da empresa Itabranca e a emulsão foi o Hydrossil, emulsão específica para estabilização de solo, suas características se assemelham as de uma emulsão RL-1C.

O peneiramento do material foi realizado após ser destorroado e seco ao ar, desta forma o material foi peneirado com uma amostra representativa preparada com auxílio de um quarteador. O limite de liquidez é o teor de umidade ao qual ocorre a transição do estado plástico para o estado líquido. O limite de plasticidade é o teor de umidade onde marca a transição do estado plástico para o estado semi-sólido.

A fim de ter uma umidade ótima foi realizado o ensaio de compactação, onde tem a finalidade de obter a correlação entre a umidade e a densidade específica aparente seca do solo. O ensaio foi realizado de acordo com a Norma DNIT 164/2013-ME, Solos – Compactação, utilizando para a compactação o Método A, com 12 golpes em 5 camadas.

O Ensaio de ISC (Índice de Suporte Califórnia), exprime uma porcentagem de penetração a resistência de um material em relação a Brita Graduada Simples, o ensaio foi realizado com a Norma DNIT 172/2016 – ME, Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 exprime os resultados obtidos nos ensaios de caracterização.

Tabela 1 - Classificação da amostra de solo.

Amostra de solo	
% passante peneira nº 4	71,20
% passante peneira nº 10	50,13
% passante peneira nº 40	7,88
% passante peneira nº 200	0,45
L.L(%)	30,61
IP (%)	10,50
Índice de Grupo (IG)	0
Cu	6
Cc	1,13
Classificação HRB	A-2-6
Classificação SUCS	SW

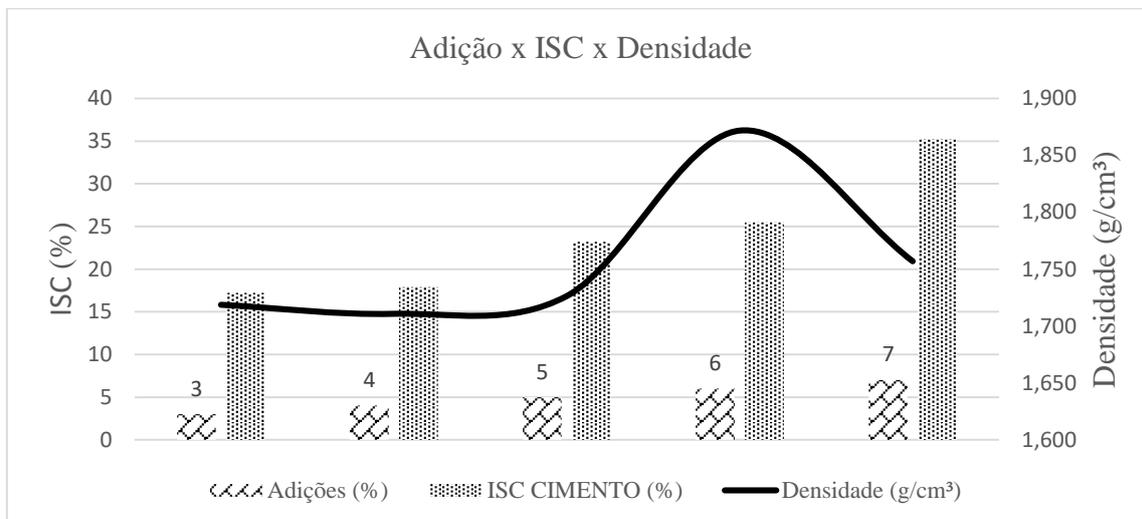
Fonte: Autor (2017)

Desta forma o material foi nomeado conforme a classificação HRB, A-2-6 como Pedregulho ou Areia siltosa ou argilosa, e segundo a SUCS, SW, como Areia com poucos finos, bem graduada. Através do ensaio ISC obteve-se como resultados uma expansão média de 0,36 % e um ISC médio de 7,2 %. Após obtida a classificação do solo, começou-se trabalhar com as adições dos agentes estabilizadores. A fim de ter uma referência da quantidade das adições a serem usada para o tipo de solo em estudo, buscou-se na literatura, quantidades para solos com propriedades semelhantes. Desta forma utilizou-se as seguintes adições para os tipos de aditivos:

- a) Cimento: de 3% a 7 %;
- b) Cal: 3% a 7%;
- c) Emulsão (Hidrossil): 2% a 6%.

Com as adições definidas moldou-se 5 corpos de prova para cada agente estabilizador, sendo moldados os corpos de prova acrescentando 1% a mais em relação ao anterior. Para as adições de cimento obteve-se os resultados demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Resultados das adições de Cimento

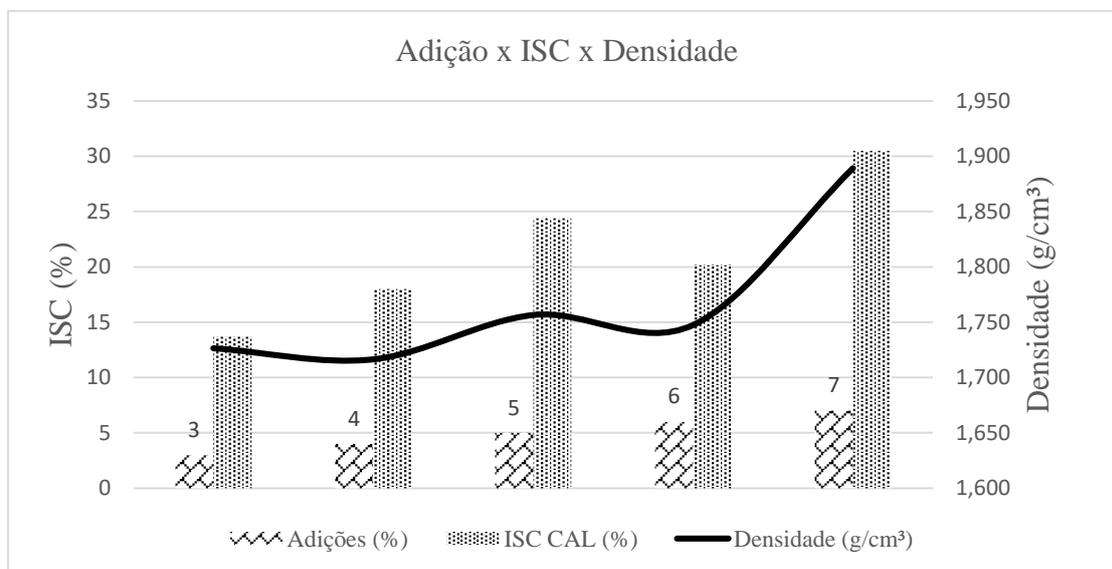


Fonte: Autor (2017)

Para a adição de cimento, o teor ótimo adotado foi o de 6 %, com uma densidade de 1,872 g/cm³ conforme mostra a Figura 2, nesta porcentagem o solo demonstrou os melhores resultados, comparando sua densidade, e seu ISC encontrado, pensando também, que uma adição maior poderia vir a se tornar muito rígida, condição essa que não é desejada, pois dessa forma não absorveria as deformações provenientes das camadas subseqüentes. Outro ponto que foi levado em consideração para a escolha do teor ótimo, foi que uma adição muito grande poderia vir à se tornar muito cara, inviabilizando assim a sua utilização. Cruz (2004) avalia que o recurso do uso de cimento para estabilização de solos, é um método viável que permite obter consideráveis melhorias nas características do solo, do ponto de vista mecânico ou de durabilidade. O uso do cimento é aconselhável quando se busca um incremento de resistência ao solo, tomando cuidado para não se tornar uma base cimentada.

Nas adições de cal, obteve-se os resultados demonstrados pela Figura 2:

Figura 2 – Resultados obtidos nas adições de Cal

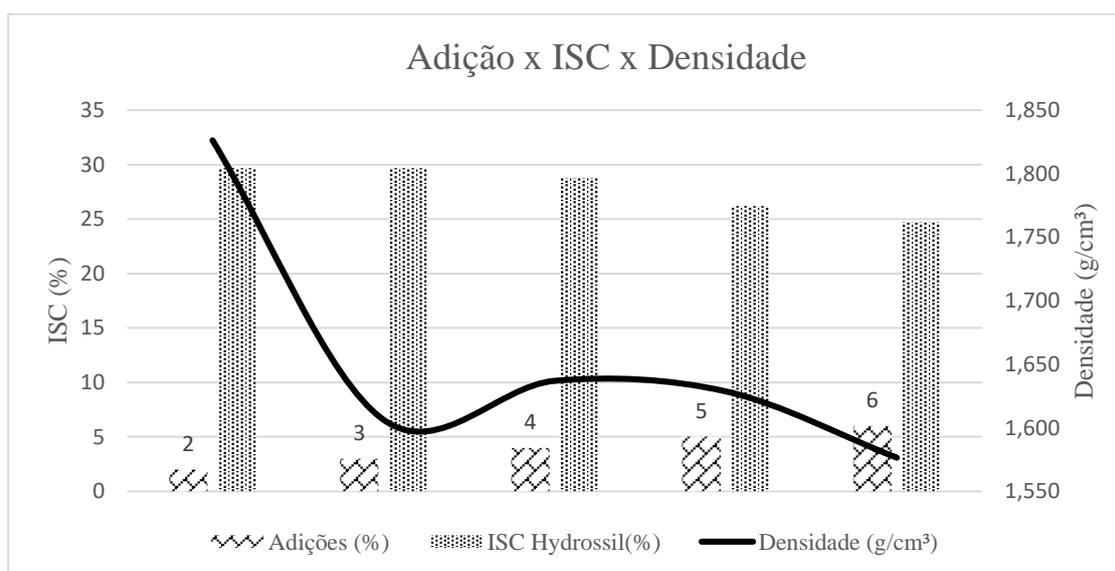


Fonte: Autor (2017)

Para a escolha do teor ótimo da cal, foi seguida a mesma interpretação de forma a não obter uma camada muito rígida, conseguindo assim absorver as deformações, pensando também que uma quantidade muito elevada poderia vir a se tornar caro e inviável a sua utilização. Desta forma a porcentagem escolhida foi de 5 %, com uma densidade de 1,756 g/cm³. Araújo (2009) comenta que a cal proporciona um aumento da resistência das amostras, a qual pode aumentar ainda mais com maiores adições e tempo de cura. Quando se busca diminuir a expansão do solo é aconselhável o uso da cal.

A Figura 3 demonstra os resultados obtidos nas adições de Hydrossil:

Figura 3 - Resultados obtidos nas adições de Hydrossil



Fonte: Autor (2017).

Para a escolha do teor ótimo buscou-se uma boa densidade para a mistura solo-emulsão, a qual obtivesse um bom incremento de ISC. O teor ótimo da emulsão ficou em 2%, com uma densidade de 1,826 g/cm³ e ISC atingindo 29,7%, sendo a menor adição realizada. O incremento de teor de emulsão acaba por aumentar a plasticidade do solo, o que de fato é desejado. Observa-se ainda que a capacidade de suporte sofre uma pequena redução com o aumento de teor na amostra.

Com base nos valores encontrados de ISC do solo natural e com os ISC do Solo estabilizado montou-se uma tabela com os valores encontrados, Tabela 2

Tabela 2 - Espessura das camadas de solo natural x solo estabilizado.

	Solo Normal (cm)	Solo estabilizado (cm)
Revestimento	5	5
Base	15	15
Sub-base	31,5	24
Σ	51,5	44

Fonte: Autor (2017)

Com base nos dimensionamentos realizados foi possível identificar a necessidade de estabilizar uma espessura de 24 cm do solo natural. Isso é necessário para que não haja necessidade de usar uma camada de sub-base de rachão. No dimensionamento resolvido com o ISC do solo natural houve a necessidade de uma camada de sub-base de 31,5 cm. Para comparação de custo foi usado como referência o rachão (material comumente utilizado para este tipo de camada), o cimento ficou 72,46% mais barato, a cal 73,78% e o Hydrossil 51,60%.

CONCLUSÕES

No ensaio realizado com o solo natural foi obtido um ISC de 7,2% e uma expansão de 0,36%, sendo assim este tipo de solo admite uma estrutura de pavimentação sem necessidade de reforço do subleito. O solo foi classificado segundo a classificação HRB, como A-2-6, Pedregulho ou Areia siltosa ou argilosa, e segundo a SUCS, SW, como Areia com poucos finos, bem graduada

Quanto a adição de cimento ao solo, concluiu-se que a adição de 6% de cimento proporcionou um incremento de resistência significativamente alto, chegando a um ISC de 27 % e uma densidade de 1,686 g/cm³.

Para as adições de cal ao solo, concluiu-se que a adição de 5% de cal incrementou a resistência do solo chegando a um ISC de 25,65% e uma densidade de 1,715 g/cm³.

Nas adições de Hydrossil ao solo, concluiu-se que a adição de 2% de Hydrossil proporcionou um significativo aumento de resistência chegando a um ISC de 39 % e uma densidade de 1,720 g/cm³.

Neste trabalho concluiu-se que se obteve sucesso em todas as adições e pode-se dizer que a característica do solo contribuiu para os bons resultados, e que, a escolha do melhor aditivo a ser utilizado deve levar em conta as características do solo natural. Neste estudo o aditivo com melhor desempenho foi a emulsão Hydrossil enquanto que a Cal foi a melhor economicamente, tendo o menor custo e atingiu o suporte acima de 20%, o que garantiria a mesma estrutura executiva que a emulsão.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Arielton Fonteles. **Avaliação de misturas de solos estabilizados com cal, em pó e em pasta, para aplicação em rodovias do estado do Ceará.** 2009. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia dos Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

CRUZ, Maria de Lurdes Santos da. **Novas Tecnologias de Aplicação de Solo-Cimento.** 2004. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Minho, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 164/2013 - ME: Solos- Compactação utilizando amostras não trabalhadas - Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2013. 7 p

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. 17 p

FRANÇA, Fabrício Carlos. **Estabilização química de solos para fins rodoviários: Estudo de caso com produto "RBI GRADE 81".** 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

LOVATO, Rodrigo Silveira. **Estudo do Comportamento Mecânico de um solo laterítico estabilizado com cal, aplicado à pavimentação.** 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MACEDO, Mirtes Maria de. **Solos modificados com cimento:** Efeito no módulo de resiliência e no dimensionamento de pavimentos. 2004. 289 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO
CIMENTO PORTLAND POR CINZA DO BAGAÇO
DA CANA-DE-AÇÚCAR EM ARGAMASSAS AUTONIVELANTES****Aluno: Gustavo Wilian Dellagostin****Alunos de Iniciação Científica: Bruno Marangoni****Alessandra Zaleski****Orientador: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil consome entre 15% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza, e após a retirada destes recursos alguns materiais passam por um processo de industrialização, caso este de um dos principais componentes do cimento Portland, o clínquer, no qual para produzir-se uma tonelada, são gerados 600kg de dióxido de carbono (CO₂) em forma de gases (JOHN 2000).

Outro material no qual o Brasil é um grande produtor e gera quantidades elevadas de poluição para sua usinagem é o da indústria sucroalcooleira. O bagaço é gerado como resíduo do processamento do açúcar e do álcool, a queima deste bagaço gera uma cinza residual, sendo que cada tonelada de bagaço que é utilizado na indústria ocasiona 25kg de cinza. Esse resíduo é utilizado para a cogeração de energia por meio da queima em caldeiras, restando ao final as cinzas residuais do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA).

Atualmente, grande parte dessas cinzas são aproveitadas nas lavouras de cana como adubação orgânica, apesar de ser um material com poucos nutrientes e com potencial poluente de águas subterrâneas. Mas, segundo estudos já realizados, o material apresenta características sílicas, podendo ser substituto parcial do cimento Portland em argamassas, ou até mesmo, como substituto de agregados miúdos.

Conforme publicado por Oliveira et al. (2007), o setor da construção civil é um dos que vem apresentando maior destaque na aceitação de substituição de matérias-primas por resíduos provenientes das indústrias, tornando esta técnica grande promissora de crescimento futuro.

Este trabalho tem como objetivo geral analisar a influência da substituição parcial do cimento Portland pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de argamassas autonivelantes. A argamassa autonivelante é um sistema bombeável no qual o espalhamento se efetua por efeito da gravidade devido à fluidez da argamassa no estado fresco.

MATERIAL E MÉTODOS**Programa experimental**

O programa experimental utilizado para o desenvolvimento do trabalho encontra-se na Figura 1.

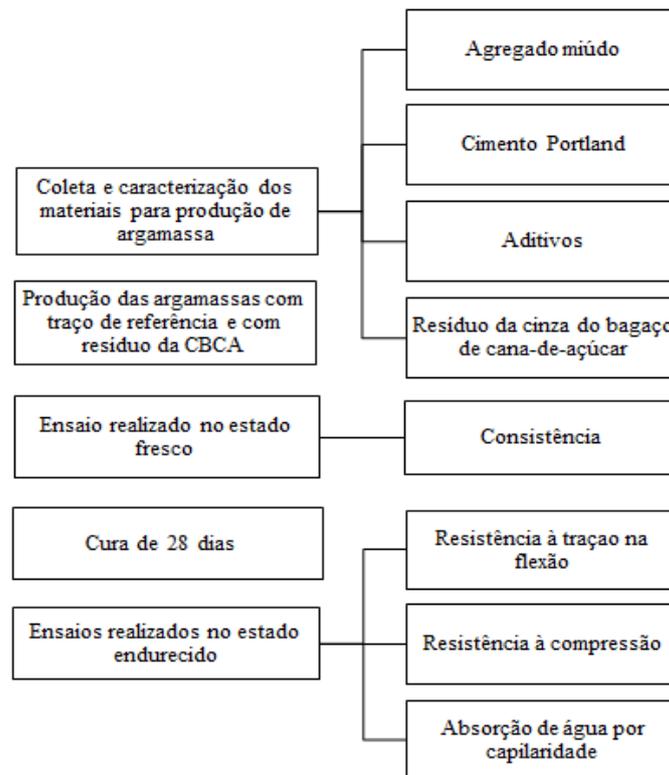


Figura 1 – Fluxograma de atividades

Materiais utilizados

Para esta pesquisa foi utilizado como aglomerante hidráulico o cimento Portland CP II-Z (classe 32 MPa), que tem em sua composição de 6 a 14% de pozolana, selecionado pela sua versatilidade e trabalhabilidade em diversas aplicações, sendo um dos cimentos mais utilizados no Brasil. Tendo como massa específica $2,95 \text{ g/cm}^3$ e resíduo de peneira #200 μm , 1,51%.

O agregado miúdo utilizado é a areia média natural de origem quartzosa, chamada comercialmente de areia média.

Para melhorar a performance (aderência, consistência e pega) das argamassas de contrapiso, desenvolvidas nesse trabalho e conferir ao cimento maior impermeabilidade, foram utilizados o gesso e o calcário em pó (CaCO_3).

O resíduo da cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar utilizado neste trabalho provém de uma cachaçaria localizada na cidade de Três Arroios/RS. O processo de secagem foi realizado em estufa na temperatura de 100°C no período de 24 horas. Em seguida, a cinza passou por um processo de moagem no Moinho de Bolas, por cerca de 2 horas, onde constatou-se que não havia necessidade de peneiramento devido à grande quantidade de matéria fina obtida. A Figura 2 mostra a cinza do bagaço da cana-de-açúcar no processo de reaproveitamento por queima.



Figura 2 - Cinza do bagaço da cana-de-açúcar no processo de reaproveitamento por queima

A caracterização da cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar realizada através dos ensaios de granulometria (NM 248/2003), massa unitária (NM 45/2006), massa específica (NM 23/2009) e módulo de finura (NBR 11579/2012), determinaram as características da cinza, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização da cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar

Características físicas	
Massa específica (g/cm ³)	2,33
Módulo de finura	27,23

Para incrementar a trabalhabilidade e aumentar a coesão das argamassas, foram utilizados os incorporadores de ar, que tem como função principal produzir um número elevado de microbolhas de ar, estáveis, separadas entre si e distribuídas uniformemente, sua dosagem deve ser de 0,05 a 2%. No auxílio da dispersão das argamassas e para melhorar sua qualidade e abatimento, reduzindo assim, o consumo de cimento e proporcionando a utilização de um traço de menor consistência, foi incrementado na mistura o superplastificante, que tem como base química o Éter poli carboxílico.

Dosagens, preparação e moldagem das argamassas

As argamassas foram produzidas no traço definido 1:2 (aglomerante : agregado) convertido em volume. Além do traço de referência, foram substituídos teores de 5; 7,5; 10 e 15% do cimento por resíduo da cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

Os corpos de prova foram moldados em camada única, como pode ser visto na Figura 3. Após 48 ± 24 horas, foi realizada a desforma dos corpos de prova, os quais foram dispostos na câmara climatizada para o processo de cura.



Figura 3 – Moldagem dos corpos de prova

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa são apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão com intuito de aferir a efetividade da utilização da cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland na confecção de argamassas autonivelantes.

Segundo Mota 2006, a relação de dosagem de argamassas deve revelar no estado endurecido: resistência mecânica, aderência, durabilidade e segurança, fatores que indicam a existência ou não de patologias relacionadas à argamassa. Na Figura 4 pode-se observar a influência do teor de substituição sobre a resistência à compressão, a partir da análise estatística (ANOVA).

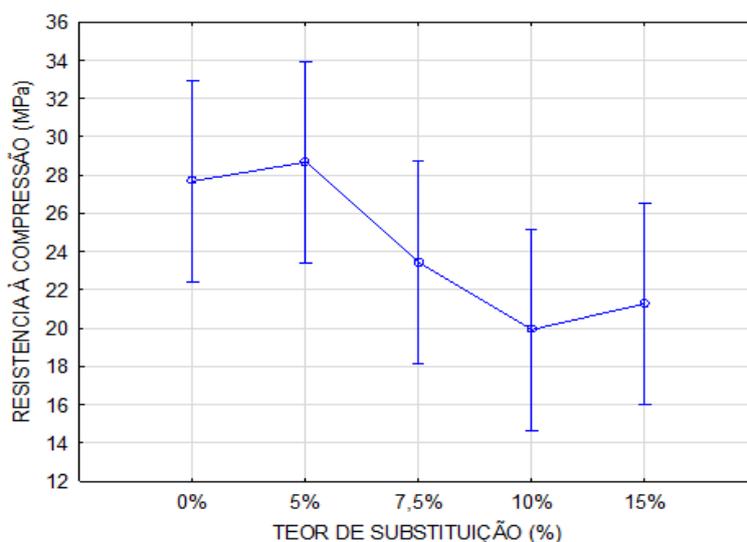


Figura 4 - Influência do teor de substituição sobre a resistência à compressão

Analisando o gráfico, observa-se que os teores de substituição 5; 7,5; 10 e 15% são estatisticamente iguais ao referênci. Apesar disso, evidencia-se que o teor de 5% apresentou melhor resultado de resistência à compressão das argamassas autonivelantes, sendo de 28,67MPa e teor de 10% apresentou a menor resistência à compressão sendo de 19,92MPa.

Metha e Monteiro (2014), constatou que existe uma relação inversa entre a porosidade e a resistência à compressão, onde a resistência das argamassas está diretamente relacionada à porosidade da mistura. Devido a maior porosidade da CBCA pode-se constar que quanto maior o teor de substituição nas argamassas, teve-se maior perda de resistência à compressão das mesmas.

Segundo Heissler (2017), uma argamassa de contrapiso com elevada porosidade proporciona maior leveza e um melhor isolamento térmico, em seus estudos a incorporação de material polimérico em argamassas fez com que a resistência mecânica diminuísse significativamente, entretanto, uma melhor proporcionalidade da incorporação podia resultar em boas características de argamassas para contrapiso.

CONCLUSÕES

Buscando uma solução ecologicamente correta ao destino da cinza do bagaço da cana-de-açúcar, avaliou-se a substituição parcial do cimento Portland por CBCA na produção de argamassas autonivelantes nos teores de 0, 5, 7,5, 10 e 15% no tempo de cura de 28 dias.

Relacionado à resistência à compressão, pode-se considerar todos os teores de substituição do cimento Portland pela CBCA, o melhor resultado foi obtido no teor de 5% de substituição apresentando um ganho de resistência 3,58% maior que o traço de referência.

Ao final deste trabalho, pode-se contatar como viável a substituição do cimento Portland pela CBCA, além da obtenção de resultados similares à argamassas sem substituição, decorre uma correta destinação à cinza. Pois, segundo Ganasan (2007), o destino da CBCA é um dos maiores problemas enfrentados por administradores das usinas sucroalcooleiras, a fuligem gerada no processo juntamente com as cinzas de caldeira, constituem-se em resíduos finais do processo industrial, sendo que não há possibilidade de redução dos mesmos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). 4f. Rio de Janeiro, 2013.

HESSEILER, R.F. **Caracterização térmica de contrapisos produzidos com poliuretano em substituição de areia**. Artigo apresentado em congresso. EURO ELECS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2017.

METHA, P K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****CARACTERIZAÇÃO DE GESSO RECICLADO
COMO SUBSTITUIÇÃO DE GESSO
CONVENCIONAL**

**Aluno: João Alberto Cechetti, Beatriz Schimelfenig, Francine Padilha.
Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristina Vitorino da Silva**

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa enfatiza a sustentabilidade e busca avaliar a viabilidade de reciclar e reutilizar os resíduos de gesso oriundos da construção civil. Este modelo de estudo que foi desenvolvido poderá ter possibilidades de recuperação deste material, podendo ser usado como substituição do gesso convencional.

A preocupação com o meio ambiente e a necessidade da criação de novas tecnologias ecologicamente viáveis está difundindo-se ano após ano em nosso meio, onde esta visa um desenvolvimento positivo, em que se possa reaproveitar o material sem comprometer os recursos naturais para as futuras gerações. Com o aumento da população, e por conseqüente aumento da demanda imobiliária, é decisivo a adoção de novas estratégias que visem a redução e reutilização de resíduos da construção civil.

Os resíduos da construção civil representam significativamente os resíduos sólidos urbanos, onde, parte destes resíduos é oriundo de demolições, principalmente do desperdício de materiais nos canteiros de obra. Dentre os inúmeros materiais utilizados no setor da construção civil no Brasil, o gesso representa cerca de 5% do total destes resíduos, o que só tende a aumentar (Brasil, 2009), devido ao fino acabamento e baixo custo de produção desse material.

Podemos observar mudanças neste cenário a partir da Resolução n° 431 (CONAMA, 2011), em que esta ideia de reaproveitamento do resíduo de gesso se intensificou, pois tal Resolução passa a tratar o gesso como Classe B, ou seja, como resíduos recicláveis para outras destinações, este que até anteriormente era classificado como Classe C, onde não havia viabilidade de reciclagem e reutilização (CONAMA 307, 2002).

Portanto, devido ao significativo desperdício e pela busca da preservação do meio ambiente, os resíduos provenientes do gesso da construção civil apresentam-se como um material com potencial de reaproveitamento para a cadeia produtiva da construção civil, sendo este o propósito principal desta pesquisa.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram escolhidos baseando-se na empregabilidade dos mesmos na região de Erechim-RS. Os métodos e etapas de preparação do gesso reciclado seguiram as normas que regem os ensaios.

- **Gesso convencional e gesso reciclado**

O gesso comercial utilizado foi o gesso de fundição (tipo A), o qual é um gesso com alta qualidade, composto basicamente por um hemidrato (beta). O mesmo deve ser utilizado na produção industrial ou artesanal de componentes pré-moldados de gesso, destinados à construção civil, como blocos e placas, ou elementos decorativos, dentre eles estatuetas e imagens. O gesso de fundição é embalado em sacos de papel, contendo 40 kg.

Este gesso foi utilizado parcialmente em todas as combinações de gesso e como totalidade para o gesso referência.

O gesso reciclado utilizado neste trabalho é proveniente de resíduos de molduras e placas de forro de gesso.

- **Coleta dos resíduos**

A coleta dos resíduos de gesso foi a primeira etapa a ser realizada. O material em estudo foi coletado em obras da cidade de Erechim - RS, sendo proveniente de restos de molduras de gesso e de placas de forro de gesso.

Estes resíduos podem ser originados de demolições ou de restos de gesso oriundos de cortes de obras novas ou desperdício de placas e molduras devido ao mau uso.

- **Trituração e moagem**

A transformação do resíduo de gesso bruto, obtido em obras localizadas na cidade de Erechim – RS, para pó de gesso passaram por três etapas: britagem manual, trituração mecânica e moagem.

A primeira etapa que demanda da britagem manual, foi feita a fim de reduzir o tamanho dos resíduos de placas de gesso e de molduras, onde para essa etapa o material utilizado foi um martelo de ferro e bandejas de plásticos para armazenar o resíduo.

A segunda etapa contou com a trituração mecânica, onde com a ajuda de um britador de resíduos foi possível reduzir significativamente as dimensões das partículas. Este britador é um britador de impacto, onde pode-se regular o espaçamento entre as mandíbulas, fazendo com que passe apenas o material com dimensões inferiores a este espaçamento, a distância deixada entre as mandíbulas foi de 1,2 cm quando recuadas e de 0,5 cm quando impactadas.

O último procedimento para reduzir as dimensões das partículas de gesso reciclado foi o de moagem, onde após o material passar pela etapa dois foi submetido ao moinho de bolas. Esse procedimento contou com um tempo de moagem de 5 horas, onde cada jarro (dois) do moinho de bolas continha 2 kg de gesso e 1 kg de esferas, tendo uma relação esfera/gesso de 0,5. A relação esfera/gesso e o tempo de moagem foram escolhidos seguindo critérios de bibliografias relacionadas ao estudo proposto (Nascimento; Pimentel, 2010).

- **Calcinação do gesso reciclado**

O processo de calcinação foi feito apenas para o gesso reciclado, onde após passar pela etapa de moagem foi submetido a esse procedimento. O material foi separado em quatro frações iguais com 1 kg de material armazenado em fôrmas de alumínio às quais foram levadas para duas estufas, onde uma das estufas foi mantida em uma temperatura de 175 °C e a outra em 200 °C. Dessa maneira foram duas fôrmas para cada estufa, onde após 6 horas de calcinação foi retirada apenas uma fôrma, deixando o material em repouso por 10 minutos e após, sendo armazenado em sacolas plásticas para impedir a entrada de umidade. As outras duas fôrmas restantes permaneceram por mais 2 horas com as suas temperaturas respectivas, totalizando um tempo de 8 horas em estufa,

onde após sua retirada foi feito o mesmo processo de repouso por 10 minutos e na sequência o seu devido armazenamento.

- **Homogeneização do gesso reciclado com o gesso convencional**

A etapa de homogeneização foi a última etapa antes de iniciar os ensaios, onde a mesma demandou das porcentagens de substituição já citadas de gesso convencional por gesso reciclado. Nessa fase foram obtidos oito tipos diferentes de gesso:

Gesso 1 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;

Gesso 2 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;

Gesso 3 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;

Gesso 4 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado;

Gesso 5 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;

Gesso 6 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;

Gesso 7 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;

Gesso 8 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado.

Seguindo as etapas, ainda se tem o gesso sã, o qual não conta com nenhum teor de substituição, finalizando com o nono tipo de gesso. Após todas as etapas de preparação finalizadas, todas as amostras serão submetidas aos ensaios propostos nessa pesquisa.

- **Granulometria**

O ensaio de granulometria foi realizado conforme as exigências da NBR 12127 (ABNT, 2017) onde para os nove tipos de gesso foram realizadas análises de duas amostras.

Primeiramente foi passado todo o material em estudo na peneira com abertura de malha 2,0 mm, onde com o auxílio de um pincel foi feito um melhor aproveitamento do material para restar apenas torrões não desfeitos, como também, demais impurezas que por ventura poderiam estar presentes.

O método de peneiramento utilizado foi o método mecânico automático, em que uma porcentagem de material fica retida em diferentes peneiras de aberturas de malhas, onde segundo essa normativa, são empregadas as peneiras de malha 0,840 mm, 0,420 mm, 0,210 mm, 0,105 mm mais o fundo. Após colocar a tampa, o conjunto foi colocado sobre um agitador eletromagnético por 3 minutos. Feito este procedimento o material retido em cada peneira foi pesado em balança digital com precisão de 0,01 g, para na sequência se fazer a média aritmética percentual através da utilização da equação 1.

$$R = \frac{m}{M} \times 100 \quad (1)$$

R = material passante, em porcentagem (%);

m = resíduo na peneira, em gramas (g);

M = massa inicial, em gramas (g).

- **Módulo de Finura**

Para o módulo de finura foram utilizados os resultados obtidos no ensaio de granulometria, sendo assim, os resultados foram obtidos seguindo as prescrições da NBR 12127 (ABNT, 2017), onde para os cálculos este parâmetro representa a soma das porcentagens retidas nas peneiras de série normal, acumuladas em massa, dividida por 100, conforme equação 2.

$$MF = \frac{\Sigma Ra}{100} \quad (2)$$

MF = módulo de finura;

ΣRa = somatório da porcentagem retida acumulada em cada peneira da série padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das diferentes composições de gesso geradas entre combinações de temperaturas de calcinação em diferentes tempos e de substituições do gesso convencional por gesso reciclado foram determinadas duas propriedades físicas do pó de gesso, granulometria e módulo de finura.

• Granulometria

A granulometria foi determinada em laboratório com duas determinações para cada amostra onde os valores encontrados podem ser observados na figura 1.

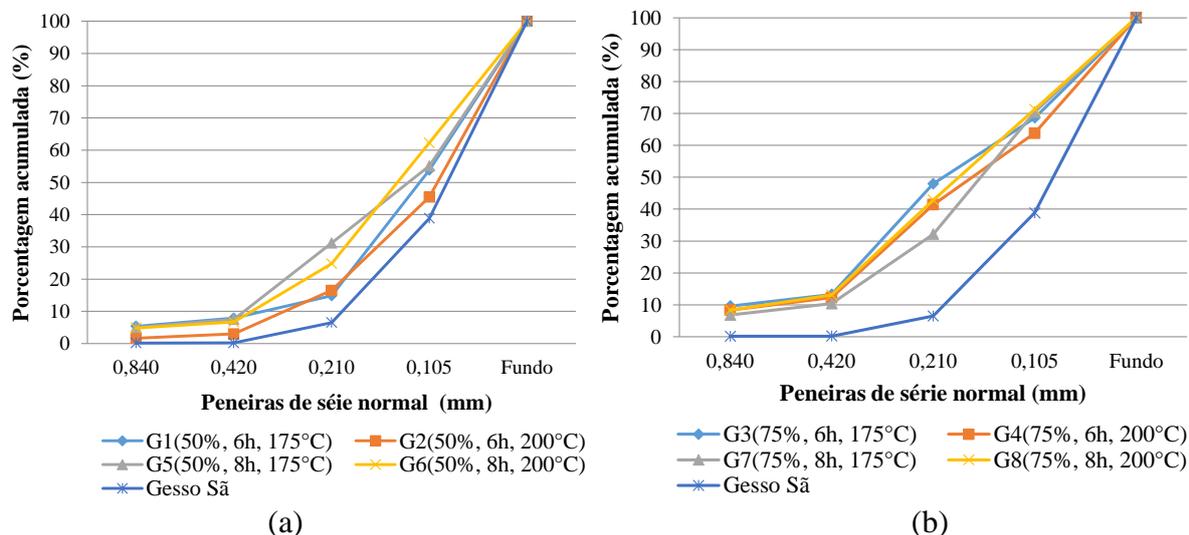


Figura 1 - (a) Curva granulométrica dos gessos com teor de substituição de 50%; (b) Curva granulométrica dos gessos com teor de substituição de 75%.

Observando-se as curvas granulométricas, nota-se que as combinações que mais se aproximam do gesso são dos gessos G1, G2, G5 e G6, onde pode-se confirmar esta afirmativa na sequência com os resultados do módulo de finura que dependem do ensaio de granulometria. Isto pode se dar devido às combinações com 50% de gesso reciclado ter maior quantidade de gesso são em sua composição (50%), sendo que para as combinações com 75% de gesso reciclado o teor de gesso são é bem inferior (25%).

• Módulo de Finura

Os valores encontrados para módulo de finura estão dispostos na tabela 1. Estes valores são de duas determinações exigidas por norma.

Tabela 1 - Valores médios de módulo de finura.

Módulo de Finura		
G1 _(50%, 6h, 175°C)	0,82	< 1,10 gesso fino para fundição
G2 _(50%, 6h, 200°C)	0,67	
G3 _(75%, 6h, 175°C)	1,39	
G4 _(75%, 6h, 200°C)	1,26	
G5 _(50%, 8h, 175°C)	0,99	> 1,10 gesso grosso para fundição
G6 _(50%, 8h, 200°C)	0,98	
G7 _(75%, 8h, 175°C)	1,2	
G8 _(75%, 8h, 200°C)	1,36	
Gesso sã	0,46	

Analisando os valores dispostos na tabela 1, observa-se que as combinações G1, G2, G5 e G6 inclusive o gesso sã, são classificadas como gesso fino para fundição, onde seus módulos de finura são menores que 1,10 segundo a NBR 13207 (ABNT, 1994). Para as demais combinações G3, G4, G7 e G8 têm-se um módulo de finura superior a 1,10, classificando o gesso como gesso grosso para fundição.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que os gessos com teores de substituição de 50% foram os que mais se aproximaram do gesso sã, com um módulo de finura igual a 0,87, mesmo assim, tendo um elevado grau de variabilidade, com um acréscimo de 88,04% no módulo de finura, comparativamente ao gesso sã. Em contrapartida, o grupo que teve maior variabilidade foi o do gesso com 75% de substituição, onde o acréscimo foi de 183,15%, com módulo de finura de médio de 1,30. Para as demais variáveis, como tempo de calcinação tem-se para um acréscimo de 125,00% para o tempo de 6 horas, e 146,20% para o tempo de 8 horas em relação ao gesso sã. Para a temperatura de calcinação de 175°C verifica-se um acréscimo de 139,13% e para a temperatura de 200°C de 132,07% nessa propriedade.

Analisando apenas o gesso sã, nota-se que seu módulo de finura é relativamente baixo, onde diante de sua utilidade alguns problemas podem ser causados como retração da pasta após uso, tendo um maior consumo de água.

CONCLUSÕES

Ao avaliar as propriedades físicas do pó, sejam elas, granulometria e módulo de finura, nota-se que quanto maior o teor de substituição, maior é seu módulo de finura, onde pode-se notar ainda que nas peneiras iniciais tem-se maior quantidade de material retida, podendo ser notada também variações em relação ao processo de calcinação.

Com os valores encontrados, conclui-se, então, que o gesso reciclado pode ser substituído parcialmente por gesso convencional, pois diante destes ensaios, é possível verificar uma melhora nos resultados em relação ao gesso sã, pois, se analisado apenas o gesso sã seus parâmetros estão muito baixos, influenciando diretamente em outras propriedades, podendo ser elas em estado fresco ou estado endurecido, onde também seus resultados mostram coerência e podem ser comparados aos valores normativos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127**: Gesso para construção civil: Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 13207**: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Anuário mineral brasileiro 2009**. Brasil: DNPM, 2009.

CONAMA. **Resolução n.º. 307**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 2002.

CONAMA. **Resolução n.º. 431**: Estabelecendo nova classificação para o gesso. 2011.

NASCIMENTO, F. J. de F.; PIMENTEL, L. L. **Reaproveitamento de Resíduo de Gesso**. In: XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-CAMPINAS, 2010, Campinas. 2010.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO
CIMENTO PORTLAND NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS****Aluno: Jocasta Mânica****Bolsistas de Iniciação Científica: Bruno Marangoni****Alessandra Zaleski****Orientador: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

O crescimento constante e acelerado da construção civil em decorrência do aumento populacional das cidades e da demanda pelo setor, ao longo das últimas décadas, vem trazendo cada vez mais a necessidade de soluções ecológicas e não prejudiciais ao meio ambiente, pois o setor da construção civil é considerado o que mais consome recursos naturais e por consequência, o que produz maior quantidade de resíduos sólidos. Por conta disso, os sinais da degradação ambiental tornam-se maiores a cada ano e o impacto é sentido de forma direta pela população mundial (PAIXÃO, 2011). Em sua obra, Silva (2004) contribui explicando que as perdas geradas pelo setor civil justificam-se, em sua maioria, à decorrente falta de investimentos em tecnologias e processos produtivos, além da mão de obra de baixa qualidade, sem treinamento e desmotivada, que tende a fomentar o aumento dos índices de perdas e desperdícios a cada ano.

No Brasil estima-se que a construção civil gere cerca de 31 milhões de toneladas de resíduos (RCC) por ano (FERNANDEZ, 2012). Porém, mesmo com a grande geração de empregos e de renda, falta à construção civil uma política voltada para a minimização dos impactos e a uma gestão otimizada dos resíduos sólidos, dando auxílio para o devido controle e destinação de tais materiais (ROSA, 2011).

Dessa forma, a reciclagem dos resíduos de construção civil e a sua incorporação na forma de agregado reciclado é considerada uma alternativa de grande importância para a destinação final destes resíduos, a qual deve ser incentivada pelos próprios gestores municipais, pois beneficia a diminuição do consumo de recursos naturais (areia e brita) e das áreas destinadas de forma irregular para disposição final destes resíduos (SACHO, 2016).

O mercado da construção civil, devido ao aumento significativo por uma maior diversidade de materiais, apresenta-se como uma das melhores alternativas para reaproveitar materiais reciclados (MALTA, 2003). Segundo Angulo (2000), os agregados reciclados podem ser utilizados em diversos novos produtos, como argamassa, concretos e blocos de construção.

Diante disso, com base nas soluções ambientais e pela importância da reciclagem e reutilização na construção civil, seja no âmbito social ou econômico de uma obra, busca-se uma forma de contribuir com os processos de reciclagem e reutilização de resíduos RCC, avaliando a possibilidade de incorporar resíduos de porcelanato em argamassas como substituição parcial do cimento Portland.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os materiais utilizados, assim como a metodologia de elaboração dos corpos de prova de argamassa e dos ensaios realizados no desenvolvimento do trabalho.

Programa experimental

O programa experimental utilizado para o desenvolvimento do trabalho encontra-se na Figura 1.

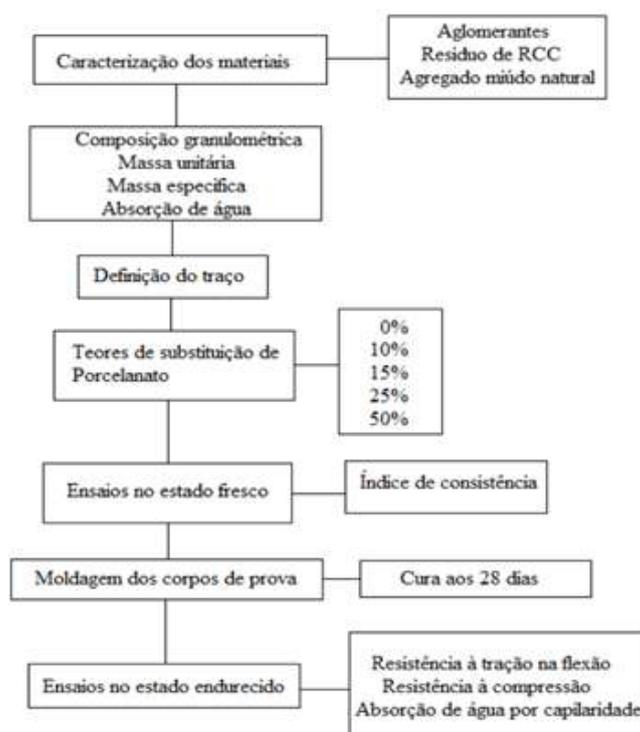


Figura 1 – Fluxograma de atividades

Materiais utilizados

Para este trabalho, foi utilizado o cimento CP II – Z, classe 32 MPa, que tem em sua composição de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático. Já o resíduo de porcelanato, doado por uma empresa localizada na cidade de Erechim – RS, proveio da britagem das peças, realizada no britador de mandíbulas, após seu peneiramento, foi feita a moagem por cerca de 4 horas no moinho de bolas e calcinação em forno mufla a 700 °C por 1 hora, conforme Figura 2.

Como aglomerante, foi utilizada a cal hidratada CH III e como agregado, a areia média natural. A Tabela 1 abaixo relacionada mostra o comparativo entre os dois materiais utilizados (cimento e porcelanato).

Tabela 1 – Características físicas

	Porcelanato	CP II – Z
--	-------------	-----------

Resíduo peneira #200 μm (%)	7,56	1,51
Massa específica (g/cm^3)	2,51	2,95



Figura 2 – Resíduos após beneficiamento concluído

As argamassas foram elaboradas com o traço 1:1:6 (cimento: cal: areia média) em volume, sendo o traço convertido em massa para correto proporcionamento dos materiais. Com relação aos teores de substituição, além do traço de referência, com uso apenas do cimento Portland, foram substituídos teores de 10, 15, 25 e 50% do cimento Portland por resíduo de porcelanato.

Para a determinação da quantidade de água necessária, foi fixado o limite da consistência em 260 ± 5 mm, conforme estabelecido pela ABNT NBR 13276/2005. Na Tabela 1 encontram-se os parâmetros de dosagem utilizados.

Tabela 1 – Parâmetros de dosagem

Resíduo	Traço	Teor de substituição (cimento)	Consumo de cimento (Kg/m^3)	Consistência média (mm)
Porcelanato	1:1:6	0 %	160	262
		10 %		262
		15 %		263
		25 %		262
		50 %		263

Os corpos de prova foram moldados de acordo com a ABNT NBR 13279/2005, com forma prismática de dimensões $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$, untadas com desmoldante. Foram moldados 06 corpos de prova para cada teor de substituição. A cura dos corpos de prova foi realizada em laboratório por 48 ± 24 horas, posteriormente foram desmoldados e armazenados em câmara climatizada, permanecendo por 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios de resistência a tração na flexão e resistência à compressão, os quais foram realizados a fim de verificar a viabilidade de utilização do resíduo de porcelanato como substituição ao cimento Portland. Segundo Carasek (2010) essas propriedades representam a capacidade apresentada pelos sistemas de resistirem aos esforços de tração e compressão, sem deformações (ruptura ou microfissuras) as quais poderiam comprometer sua aderência e durabilidade.

A Figura 3 mostra a influência do teor de substituição do cimento pelo resíduo de porcelanato sobre a resistência à tração na flexão das argamassas, a partir da análise estatística (ANOVA).

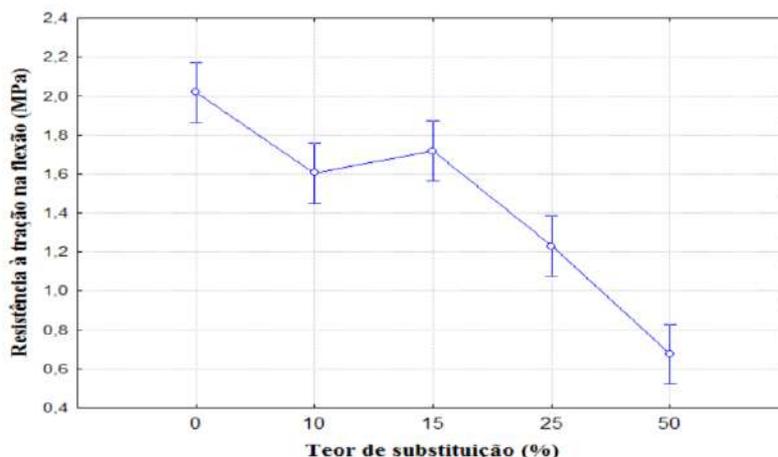


Figura 3 – Influência do teor de porcelanato sobre a resistência à tração na flexão

Através da Figura 3, pode-se observar que os teores de 0, 10 e 15% são estatisticamente iguais entre si. Já os teores de 25 e 50% tiveram decréscimos significativos em relação a referência, com 35,64% e 59,9% de redução.

Estes resultados justificam-se pelo aumento da quantidade de água de amassamento, que teve um aumento proporcional ao acréscimo de finos, causando por consequência uma maior porosidade. Segundo Machado (2014), a porosidade é uma das principais características responsáveis pelo comportamento das argamassas, sendo o seu aumento responsável pela redução da resistência, percebida nos corpos de prova confeccionados com agregados reciclados. A Figura 4 a seguir relacionada mostra a influência do teor de substituição do cimento pelo resíduo de porcelanato sobre a resistência à compressão das argamassas, a partir da análise estatística (ANOVA).

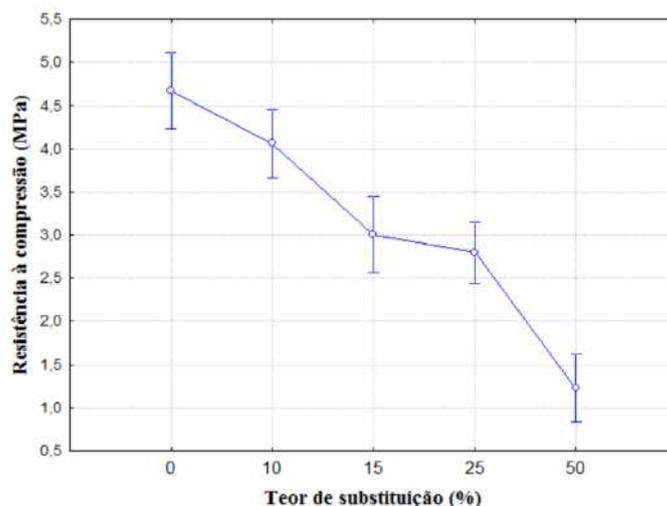


Figura 3 – Influência do teor de porcelanato sobre a resistência à compressão

Observa-se na Figura 3 que o traço com substituição de 10% de porcelanato é estatisticamente igual ao teor de 0%. Já os teores de 15, 25 e 50% tiveram redução de 35,76%, 40,04% e 73,66% respectivamente, comparados ao valor de referência.

Os decréscimos da resistência, justificam-se pelo aumento da quantidade de água de amassamento necessária para a trabalhabilidade, devido à grande quantidade de finos, além do aumento da porosidade, a qual influencia no adequado preenchimento das partículas, prejudicando assim a resistência. Segundo Machado (2014), os decréscimos das resistências mecânicas com a

substituição do cimento por resíduo podem ser devidos à diminuição dos principais constituintes do cimento por unidade de volume de argamassa.

Para Siqueira (2012), a resistência à compressão diminui com o aumento da percentagem de substituição do cimento, devido a estas argamassas apresentarem menores quantidades de hidróxido de cálcio, em relação às argamassas de referência. De acordo com Netto (2006) uma das desvantagens da substituição parcial do cimento é a diminuição das resistências mecânicas iniciais em função das reações pozolânicas serem mais lentas.

CONCLUSÕES

Este trabalho contribui para os estudos de dosagem de argamassas utilizando resíduo, onde buscou-se avaliar a viabilidade da utilização de rejeitos de revestimentos cerâmicos (porcelanato) em substituição parcial do cimento Portland na confecção de argamassas, buscando a redução dos impactos ambientais, sabendo-se que a disposição inadequada desses resíduos contribui para a degradação ambiental, prejudicando a qualidade de vida.

Com relação à propriedade mecânica da resistência à tração na flexão, considerando todos os teores de substituição de cimento Portland por resíduo de porcelanato, o melhor resultado foi o teor de substituição de 15%, atingindo uma resistência de 1,72 MPa, sendo estatisticamente igual a referência. Para a resistência à compressão, o teor de 10% com resíduo de porcelanato, alcançou a melhor resistência com 4,06 MPa, considerado estatisticamente igual a referência.

Dessa forma, a substituição de até 15% de resíduo de porcelanato, pode ser considerada satisfatória, minimizando os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desse resíduo e propiciando para o mercado da construção civil um novo material.

Segundo Calcado (2015), a reciclagem é uma das destinações mais favoráveis que pode ser atribuída aos resíduos de construção civil e a utilização dos resíduos na produção de argamassas pode ser considerada viável técnica e economicamente. O agregado reciclado não afeta todas as propriedades das argamassas e o desempenho das mesmas é função do traço adotado e do teor de substituição do cimento pelo resíduo de porcelanato.

Pode-se dizer que com adequado manejo, os resíduos de construção civil podem ser utilizados na produção de argamassas, devendo o poder público incentivar o beneficiamento e a reutilização dos mesmos, pensando no benefício ao meio ambiente e no futuro da própria humanidade (OLIVEIRA, 2015).

REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **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 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

CALCADO, G. C. S. **Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland**. 2015. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella et al (Org.). **Materiais de construção civil**: e princípios de ciência e engenharia de materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. Cap. 28. p. 893-944.

FERNANDEZ, J. A. B. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**: Relatório de pesquisa. Brasília: Ipea, 2012.

MACHADO, S. F. A. **Influência de agregados provenientes de RCD e cinzas volantes não-conformes no desempenho de argamassas de cimento**. 2014. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

MALTA, J. O.; SILVA, V. S.; GONÇALVES, J. P. Argamassa contendo agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 176-188, 2013.

NETTO, R. M. **Materiais pozolânicos**. 2006. 148 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, B. T. **Uso de resíduos de construção e demolição em argamassas para revestimento de alvenaria**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PAIXÃO, C. A. B. **Utilização de refugos de revestimentos cerâmicos (porcelanato e azulejo) em substituição à areia em argamassas cimentícias**. 2011. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROSA, F. R. **Identificação e cadastramento de áreas de descarte de resíduos de construção e demolição na região da AMREC, Santa Catarina**. 2011. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Unesc, Criciúma, 2011.

SACHO, S. D. et al. Avaliação econômica e de emissões de CO₂ da reciclagem de resíduos de construção e demolição classe a: estudo de caso para Goiânia-GO. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 20-28, 2016.

SILVA, L. R. A. **Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

SIQUEIRA, J. S.; SOUZA, C. A. G.; SOUZA, J. A. S. Reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassas. **Cerâmica [online]**. 2012, vol.58, n.346, pp.275-279.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA
COM ADIÇÃO DE MACROFIBRAS DE POLIETILENO
SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS**

Alunos: Kauana Paula Carus, Vinícius André Tochetto
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daiane De Sena Brisotto

INTRODUÇÃO

O concreto é um material amplamente utilizado na engenharia para construção de diversos tipos de estrutura. Tanto fisicamente quanto quimicamente, é um dos mais complexos materiais dentre os utilizados na construção civil, apresentando um comportamento ainda mais complexo quando exposto a elevadas temperaturas, tal como em uma situação de incêndio (SILVA, 2013).

O comportamento do concreto exposto a altas temperaturas depende de fatores intrínsecos do próprio material, além dos relacionados ao programa experimental e às características das amostras envolvidas nas pesquisas (PHAN, 2007). Além disso, o tipo de agregado graúdo, a idade e a umidade interna do elemento estrutural ensaiado, relação água/cimento (*a/c*), existência de partículas finas, por exemplo, possuem significativa influência no comportamento do elemento estrutural, principalmente quanto ao fenômeno de deslocamento explosivo. Todos estes aspectos dificultam uma visão ampla e real do comportamento do concreto sob efeito da temperatura (BRITTEZ, 2011).

Nos concretos de alta resistência o deslocamento explosivo, também conhecido como *spalling* é frequente. São raros os experimentos cujos corpos-de-prova aquecidos não sofram deslocamentos instantâneos, a não ser sob taxa de aquecimento muito baixa, da ordem de 1 °C/min a 5 °C/min, inferior ao incêndio-padrão. Isto pode ser explicado pela baixa permeabilidade do concreto de alta resistência, que faz com que o vapor gerado durante o aquecimento não encontre porosidade suficiente na matriz para atingir a superfície, ocasionando a saturação dos poros existentes e elevando as pressões internas (SILVA, 2013).

Com base no exposto acima, considera-se indispensável compreender e interpretar corretamente o efeito das ações térmicas no concreto. A presente pesquisa objetiva avaliar a eficiência da adição de macrofibras de polietileno no concreto de alta resistência exposto a altas temperaturas, investigando a influência do teor de fibras (0,3% e 0,7%), temperatura (400 °C e 800 °C) e tempo de exposição (30 min e 60 min) no comportamento mecânico do concreto, comparando com o desempenho do concreto sem adição, sob as mesmas condições.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados para confecção do concreto foram caracterizados no Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC) da URI - Erechim. O concreto foi confeccionado utilizando cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, sílica, água, aditivo e macrofibras de polietileno.

O cimento utilizado para esta pesquisa foi o cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI), com resistência de 55 MPa, por ter um menor percentual de adição e apresentar uma maior resistência inicial se comparado com os outros cimentos encontrados no mercado e, em consequência disso, a desmoldagem dos corpos de prova pode ser realizada 24 horas após a concretagem.

Como agregado miúdo utilizou-se a areia natural media, sua caracterização foi feita através de ensaios de massa específica (NBR NM 52: 2002), massa unitária (NBR NM 45: 1996), composição granulométrica (NBR NM 248: 2003) e a absorção de água (NBR NM 30: 2001). Tendo como resultados, massa específica de 2,49 g/cm³ e massa unitária de 1,42 g/cm³, composição granulométrica 1,18mm, absorção de água de 0,32%. O agregado graúdo escolhido foi uma brita 19 mm, conhecida como brita 1, de origem basáltica.

O aditivo utilizado é um superplastificante para concreto a base de policarboxilatos. A massa específica da sílica ativa foi determinada no LAPATEC, sendo obtido um valor de 2,22 g/cm³. A quantidade utilizada de aditivo e sílica ativa foi controlada em função da trabalhabilidade do concreto durante a dosagem. As macrofibras de polietileno utilizadas, tem comprimento de 40mm.

Para dosagem do concreto, foi utilizado o método do IPT/EPUSP modificado, desenvolvido por Helene e Terzian (1992), sendo especificado um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm e resistência à compressão aos 28 dias da ordem de 55 MPa. Essa resistência foi adotada por ser frequentemente usada em obras de concreto de alta resistência. Os resultados da dosagem para o cimento CPV-ARI são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da dosagem experimental (CPV - ARI)

TRAÇOS	α	TRAÇO UNITÁRIO				a/c	Slump (mm)	Aditivo (kg)	Consumo de cimento (kg/m ³)	H (%)	RESISTÊNCIA	
		c	a	p	sa						F _{cj} (MPa)	a/c
2	0,50	0,9	0,50	1,50	0,10	0,20	150	0,0128	790,972	0,065	68,70	0,20
3,5		0,9	1,25	2,25	0,10	0,29	130	0,01075	519,251	0,065	63,90	0,29
5		0,9	2,00	3,00	0,10	0,39	150	0,0158	386,483	0,065	65,26	0,39

Fonte: AUTORES, 2017

O traço de referência utilizado foi 1:2,0:3,0 (cimento, areia e pedra), fator água/cimento de 0,39, gerando um consumo de cimento de 386,483 Kg/m³.

A moldagem dos corpos de prova foi executada em ambiente climatizado. Os procedimentos foram realizados conforme a (ABNT NBR 5738: 2015). Foram moldados 60 corpos de prova, sendo utilizados 4 para cada combinação, em formas metálicas com dimensões de 10 cm (diâmetro) e 20 cm (altura) e em seguida adensados em mesa vibratória. As amostras foram mantidas em uma câmara climatizada (UR 60 ± 10% e temperatura de 23 ± 2 °C), sobre superfície rígida e nivelada, por 24 horas. Após este período, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e levados à cura úmida (UR > 95 e temperatura de 23 ± 2 °C) até a idade de 28 dias para a realização dos ensaios.

Os ensaios realizados foram: Perda de massa e alteração de coloração.

Os corpos de prova foram aquecidos a dois níveis de temperatura (400 °C e 800 °C), a uma taxa de aquecimento de 12 °C/min, conforme recomendado por Silva (2004). Após atingir a temperatura desejada, as amostras de concreto permaneceram submetidas a esta temperatura durante intervalos de tempo de 30 e 60 minutos. O resfriamento natural, fora do forno, teve duração mínima de 24 horas antes de serem iniciados os demais ensaios.

Os equipamentos a serem utilizados foram uma mufla da marca SANCHIS, com capacidade de até 1.200 °C, e uma gaiola de proteção em aço inoxidável, para que os corpos de prova fossem colocados dentro da mesma durante o aquecimento.

A perda de massa dos corpos de prova devido ao aquecimento foi determinada pela diferença entre as massas antes do aquecimento e 24 horas após, através da seguinte expressão:

$$pm = \frac{mA - mB}{mB} \cdot 100 \quad \text{equação (2)}$$

onde:

pm = perda de massa do corpo de prova (%);

mA = massa do corpo de prova (kg), antes do aquecimento;

mB = massa do corpo de prova (kg) 24 horas após ser exposto ao aquecimento.

A mudança de cor do concreto é um ótimo guia visual para estimar a baixa de temperatura a qual o mesmo foi submetido. Esta alteração pode ser relacionada às perdas de resistência sofridas pelo material devido à exposição ao calor (LIN, 1996). Este ensaio foi realizado através da análise visual das amostras, contrapondo umas em relação as outras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 2 apresenta os valores médios de perda de massa para os 4 corpos de prova de cada combinação.

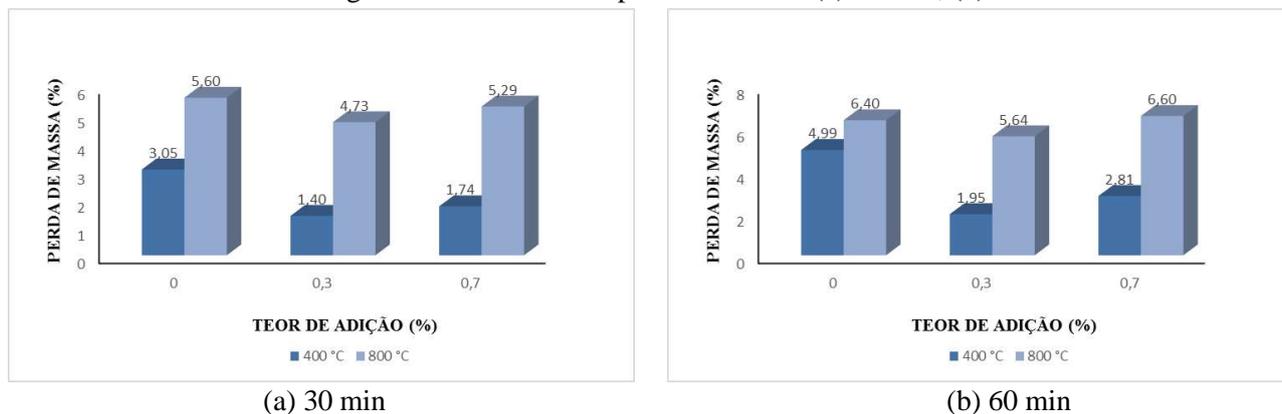
Tabela 2 - Resultados médios do ensaio de perda de massa

Teor de fibra (%)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Perda de massa (%)
0	23	0	-
0	400	30	3,05
0	400	60	4,99
0	800	30	5,60
0	800	60	6,40
0,3	23	0	-
0,3	400	30	1,40
0,3	400	60	1,95
0,3	800	30	4,73
0,3	800	60	5,64
0,7	23	0	-
0,7	400	30	1,74
0,7	400	60	2,81
0,7	800	30	5,29
0,7	800	60	6,60

Em relação a perda de massa, observa-se que, independentemente dos teores de fibras, à medida que a temperatura e tempo de exposição aumentam, a perda de massa é maior (figura 1). Este comportamento já era esperado em função da maior degradação do concreto nestas circunstâncias, vindo de encontro aos resultados obtidos por Lima (2005).

Considerando a influência das fibras, as amostras sem adição foram as que apresentaram maior perda de massa, enquanto que aquelas com teor de fibras de 0,3% foram as que obtiveram menor perda. Este resultado indica que a presença das fibras tende a minimizar a ocorrência dos deslocamentos explosivos.

Figura 1 - Resultados da perda de massa: (a) 30 min; (b) 60 min



(a) 30 min

(b) 60 min

O quadro 1 apresenta as imagens dos corpos de prova após serem submetidos ao aquecimento, para os diferentes teores de fibra, temperatura e tempo de exposição.

Quadro 1 - Coloração dos corpos de prova após serem submetidos ao aquecimento

Teor de Fibra e Tempo de exposição	Aspectos após a exposição de 400 °C	Aspectos após a exposição de 800 °C
0 % - 30 min		
0 % - 60 min		

<p>0,3 % - 30 min</p>		
<p>0,3 % - 60 min</p>		
<p>0,7 % - 30 min</p>		
<p>0,7 % - 60 min</p>		

Pode-se entender que, sem a adição de fibras, o concreto de alta resistência tem maiores probabilidades de ocorrência de *spalling*, sendo que com a adição de fibras esta tendência diminui. Através das inspeções visuais, nota-se que os corpos de prova com teor de fibra de 0,3%, em geral apresentaram uma cor levemente acinzentada. Os corpos de prova com 0,3% de adição de fibra de

polietileno foram menos suscetíveis aos deslocamentos explosivos. Este fato é explicado pelo fato das fibras derreterem com a elevação da temperatura, criando poros adicionais que podem ser preenchidos pela água evaporada (BONOMI, 2001).

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que entre os dois teores estudados, o mais indicado para a prevenção da ocorrência do deslocamento explosivo seria 0,3%, pois neste teor ocorreu a menor perda de massa para as amostras ensaiadas.

REFERÊNCIAS

BONOMI, M. 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**. Vancouver: The University of British Columbia, Canadá, 2001.

BRITEZ, C. **Avaliação de pilares de concreto armado colorido de alta resistência, submetidos a elevadas temperaturas**. São Paulo: USP, 2011. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LIMA, R. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas**. 2005. 241 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

LIN, W. M.; **Microstructures of fire-damaged concrete**. ACI structural journal, 1996

MENESES, I. A.; **Avaliação de concreto com adição de fibras de PET submetidas a altas temperaturas**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

PHAN L. T. **Spalling and mechanical properties of high strength concrete at high temperature**. Proc. of CONSEC'07, Tours, France, 2007.

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****ANÁLISE DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NOS MODELOS
MATEMÁTICOS PARA A PREVISÃO DA DESPASSIVAÇÃO DO AÇO EM
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO****Aluna: Leticia Ampessan Slussarek****Orientadora: Prof.^a MSc. Neiva Isabel B. Silveira****INTRODUÇÃO**

Durante anos o concreto armado foi considerado um material altamente durável e que praticamente dispensava reparos. No entanto, diversos processos de deterioração passaram a ser identificados com o tempo, dentre eles, a corrosão das armaduras. Diante disso, muitos pesquisadores desenvolveram modelos matemáticos para a previsão da vida útil das estruturas nas fases de iniciação e de propagação da corrosão, a partir do modelo teórico de degradação apresentado por Tuutti (1982). Neste trabalho procurou-se realizar um comparativo e determinar o parâmetro de maior influência nos resultados de três modelos relativos à fase de iniciação da corrosão, nos quais considera-se a despassivação do aço induzida por carbonatação. São eles: Hamada (1969), CEB (1996) e Helene (1997).

MATERIAL E MÉTODOS

A análise dos modelos matemáticos iniciou pelo estudo dos parâmetros considerados em cada modelo, os quais influenciam na difusão do dióxido de carbono (CO_2) para o interior do concreto de cobertura. O modelo de Hamada (1969) determina a espessura carbonatada (ec) de acordo com as equações 1, 2 e 3.

$$t = \frac{k}{R^2} \cdot ec^2 \quad (1)$$

$$k = \frac{0,3 \cdot (1,15 + 3a/c)}{(a/c - 0,25)^2} \quad (2)$$

$$R = ra \cdot rc \cdot rs \quad (3)$$

Sendo ec a espessura carbonatada expressa em mm, t o tempo em anos, a/c a relação água/cimento do concreto em kg/kg, k o coeficiente em função da relação água/cimento e R o coeficiente tabelado que depende do tipo de agregado (ra), tipo de cimento (rc) e da presença de aditivos (rs). O modelo do CEB (1996) permite a determinação da medida da frente de carbonatação pelas equações 4, 5 e 6.

$$ec = k_{\text{CO}_2} \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right)^n \cdot \sqrt{t} \quad (4)$$

$$k_{CO_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot D_{CO_2} \cdot C_s \cdot K_1 \cdot K_2}{a}} \quad (5)$$

$$D_{CO_2} = 10^{-\left(7+0,025 \cdot \frac{f_{ck}}{10}\right)} \quad (6)$$

Onde t_0 é o tempo de referência (1 ano), f_{ck} é a resistência característica do concreto em MPa, D_{CO_2} é o coeficiente de difusão do CO_2 em m^2/s , k_{CO_2} é o coeficiente de carbonatação em $m/s^{1/2}$, C_s é a concentração de CO_2 no ar em kg/m^3 , a é o teor de óxido de cálcio em $1 m^3$ de concreto, expresso em kg/m^3 , e $K_1 \cdot K_2$ e n são os coeficientes tabelados de cura e exposição e fator de idade, respectivamente. Por sua vez, Helene (1997) observou que a modelagem da carbonatação pode ser expressa através das equações 7 e 8.

$$ec = k_{CO_2} \cdot \sqrt{t} \quad (7)$$

$$k_{CO_2} = (6,7882 - 0,1131 \cdot f_{ck}) \cdot \frac{\sqrt{C_s}}{\sqrt{0,1}} \quad (8)$$

As formulações propostas pelos autores foram aplicadas para duas situações distintas. Na primeira, considerou-se a inserção da estrutura em um ambiente urbano, no qual a agressividade ambiental é moderada (CAA II) conforme a ABNT NBR 6118:2014. Para tal, foram adotadas as seguintes características referentes ao ambiente e ao material:

- Concentração ambiental de CO_2 : 0,1%;
- Concentração ambiental de Cl: 0,9%;
- Relação água/cimento: 0,60;
- Classe de concreto: C25;
- Tipo de cimento: cimento Portland comum (CP I);
- Teor de adições: sem adições;
- Cobrimento nominal: 30 mm.

Já para a segunda situação de aplicação, considerou-se a inserção da estrutura em um ambiente marinho, com agressividade ambiental forte (CAA III), para a qual foram adotados os seguintes valores:

- Concentração ambiental de CO_2 : 0,3%;
- Concentração ambiental de Cl: 2,5%;
- Relação água/cimento: 0,50;
- Classe de concreto: C35;
- Tipo de cimento: cimento Portland composto com pozzolana (CP II-Z);
- Teor de adições: 10% de material pozzolânico;
- Cobrimento nominal: 40 mm.

Para a realização dos cálculos e construção de gráficos comparativos entre os resultados obtidos por cada modelo, foram empregadas planilhas do Excel. Posteriormente, a fim de determinar a maneira que cada parâmetro (variáveis independentes) influencia na resposta do modelo (variável dependente), utilizou-se o software estatístico XLSTAT, no qual foi executada uma regressão linear, aplicando 3 valores distintos para cada variável independente dos modelos, isoladamente. Através dos resultados das análises da soma dos quadrados tipo III e pela tabela de coeficientes padronizados, fornecidos pelo programa, determinou-se a ordem de significância dos parâmetros nos modelos estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar os parâmetros considerados em cada modelo, percebe-se que no modelo de Hamada (1969) excluem-se os fatores externos de influência (relativos ao ambiente). Portanto, o fato das considerações serem apenas acerca das características do material exige cuidado em relação à confiabilidade dos resultados. Já o modelo do CEB (1996) possui uma abrangência de fatores muito mais ampla, fazendo considerações relativas ao material e ao ambiente de inserção da estrutura. O modelo de Helene (1997) possui aplicação relativamente simples, sendo que consideram-se apenas dois parâmetros. No entanto, um refere-se às características ambientais e o outro às do material, o que torna o modelo adequado.

Após aplicados os valores dos dados de entrada adotados, para ambas situações ambientais, geraram-se os gráficos comparativos entre os modelos, conforme observa-se na figura 1.

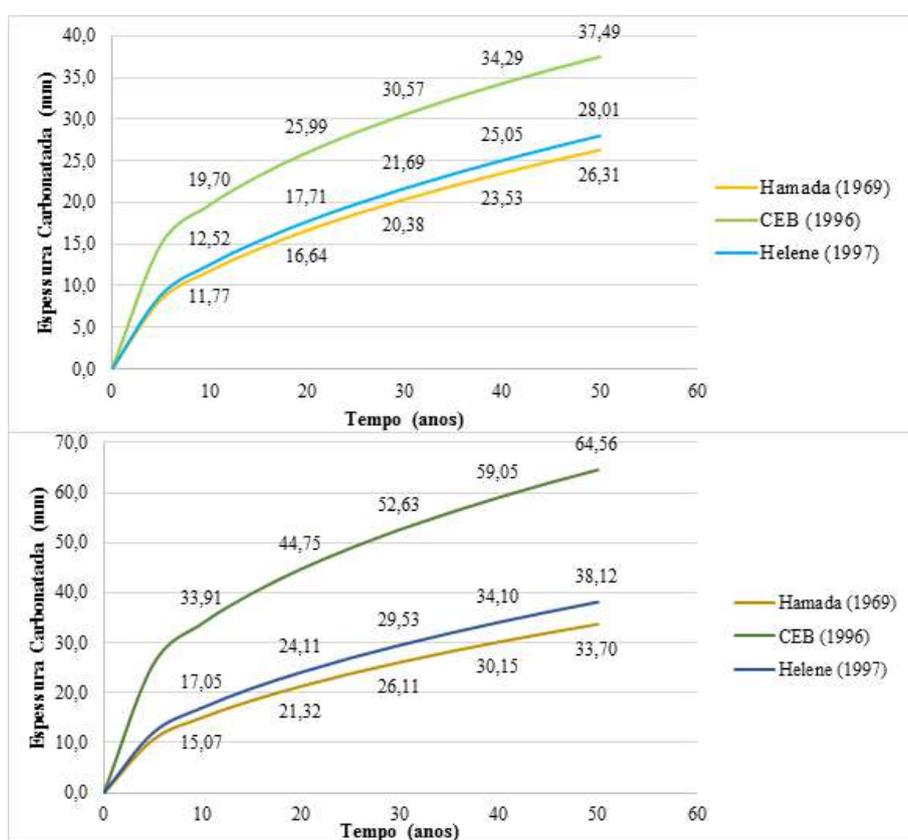


Figura 1 – Comparativo entre os resultados obtidos através dos modelos de Hamada (1969), CEB (1996) e Helene (1997), para agressividade moderada (gráfico superior) e forte (gráfico inferior).

Denota-se que as curvas dos três modelos evoluem ao longo dos anos e que, aos 50 anos, aquele que apresentou uma maior espessura carbonatada, em ambos ambientes de inserção, foi o do CEB (1996). Com o modelo de Hamada (1969), por sua vez, foram obtidos valores inferiores, enquanto o de Helene (1997) apresentou um comportamento mais intermediário, mas com valores ligeiramente superiores aos de Hamada (1969). Além disso, observa-se que apesar de atendidas as espessuras nominais de cobertura estabelecidas pela ABNT NBR 6118:2014 para cada tipo de ambiente, o modelo do CEB (1996) apontou estes valores como insuficientes para proteger as armaduras da despassivação durante o período de tempo pretendido. No entanto, não é possível afirmar que este modelo sempre apresentará valores superiores, pois a aplicação de uma situação distinta e com a consequente alteração dos valores de entrada, é possível que outro modelo passe a apresentar maiores medidas da frente de carbonatação.

Os resultados apresentados pelo modelo de Hamada (1969) também necessitam atenção, pois apesar de exibir valores superiores para o ambiente litorâneo, tal fato deve-se apenas à adoção de um cimento não recomendado para diminuir os efeitos desse processo. Caso fosse mantida a utilização do cimento Portland comum para a segunda situação, a espessura carbonatada verificada seria menor, devido às características do material proporcionarem capacidade de proteção ao concreto, e aos dados ambientais serem desconsiderados pelo modelo.

Ao realizar a análise estatística da influência dos parâmetros, obteve-se no gráfico da figura 2 os resultados para o modelo de Hamada (1969).

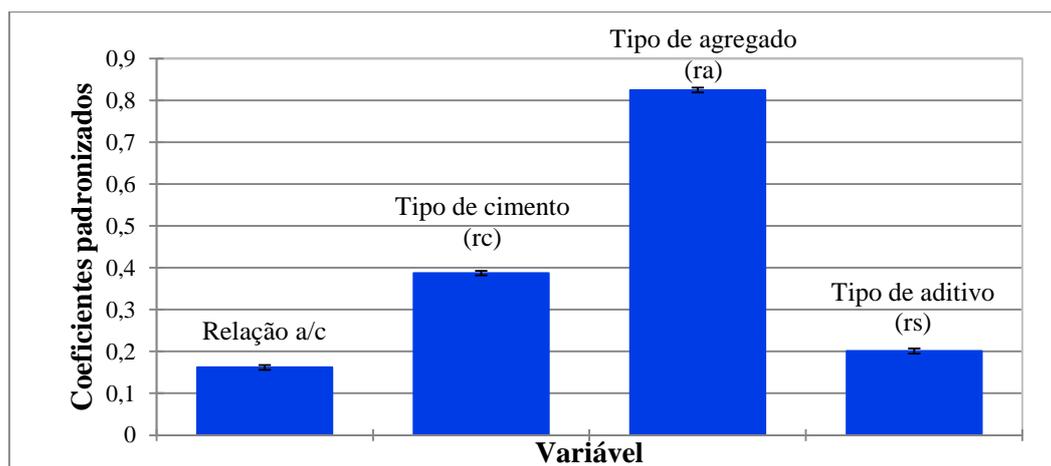


Figura 2 – Gráfico dos pesos das variáveis no modelo de Hamada (1969).

O gráfico indica que todas as variáveis explanatórias do modelo são significantes para explicar a variabilidade da espessura carbonatada. Por possuir um valor absoluto mais elevado, o coeficiente relativo ao tipo de agregado é o parâmetro de maior peso no modelo. Para o modelo do CEB (1996), apresentam-se os resultados da análise estatística na figura 3.

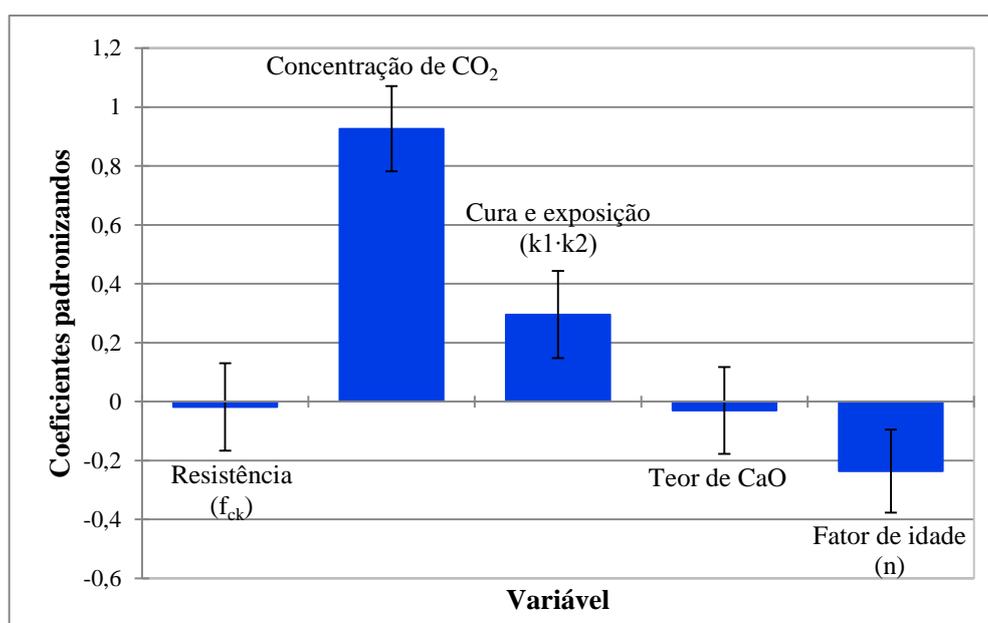


Figura 3 – Gráfico dos pesos das variáveis no modelo do CEB (1996).

Verifica-se através do gráfico que a variável mais influente do modelo é a concentração de CO_2 no ambiente. Por outro lado, os fatores relativos à resistência característica do concreto e ao teor de óxido de cálcio no cimento não possuem significância na obtenção dos resultados. Além disso, o fato destas

duas variáveis apresentarem valores de coeficientes padronizados negativos, assim como o fator de idade, significa que possuem uma correlação negativa com a variável dependente, ou seja, quando seus valores aumentam, a espessura carbonatada diminui. Já a concentração de CO_2 e os coeficientes de cura e exposição possuem uma correlação positiva com a variável de resposta. Para o modelo de Helene (1997) foram obtidos os seguintes resultados, mostrados na figura 4:

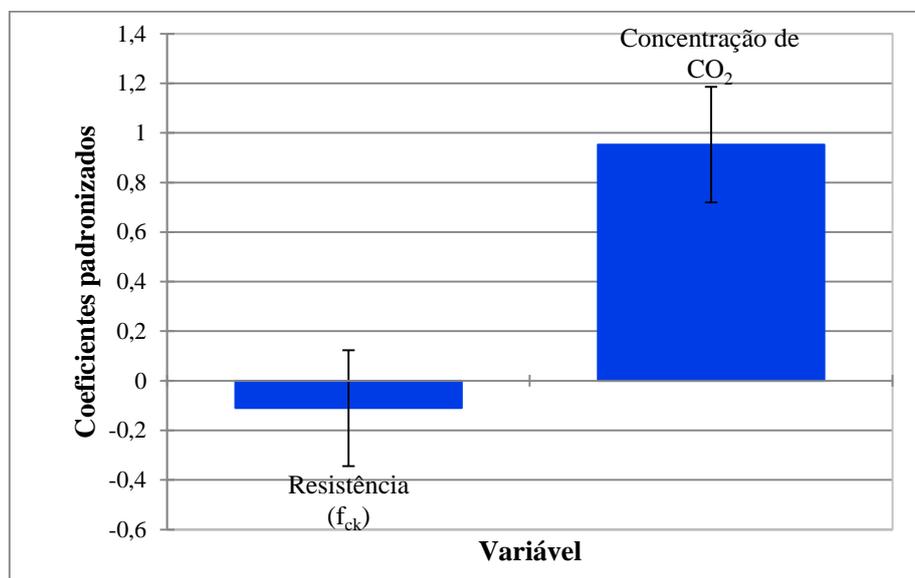


Figura 4 – Gráfico dos pesos das variáveis no modelo de Helene (1997).

Observa-se que a concentração de CO_2 é a variável que traz informações significativas para explicar a variabilidade da espessura carbonatada, além de possuir uma correlação positiva com a mesma, enquanto a resistência à compressão não tem grande influência e apresenta correlação negativa com a variável dependente.

CONCLUSÕES

Após a aplicação prática dos modelos, constatou-se que houveram divergências entre os resultados dos mesmos. Tal fato já era esperado, tendo em vista que cada autor leva em conta diferentes parâmetros relativos ao ambiente e ao material em suas formulações. Verificou-se que a mesma ordem foi apresentada pelas curvas dos gráficos dos modelos para ambos ambientes de inserção, sendo ela a seguinte (da maior para a menor espessura obtida): CEB (1996), Helene (1997) e Hamada (1969). Apesar disso, denota-se que não é possível considerar que um modelo é mais favorável à segurança do que os outros, sendo que a aplicação de valores distintos pode reverter as situações. Através da análise estatística da influência dos parâmetros, constatou-se que os modelos do CEB (1996) e de Helene (1997) apresentaram a variável referente à concentração de CO_2 no ar como fator mais influente, enquanto o modelo de Hamada (1969), por não considerar as características do ambiente na sua formulação, apresentou o coeficiente relativo ao tipo de agregado como variável de maior peso.

Outra observação importante deve ser feita acerca das espessuras de cobertura adotadas nos problemas de aplicação. Apesar de obedecidas as exigências da ABNT NBR 6118:2014 quanto à espessura mínima de cobertura das armaduras, o modelo do CEB (1996) apontou, para as duas situações, estas espessuras como insuficientes para proteger as armaduras da despassivação durante o período de tempo pretendido. Consequentemente, a vida útil de projeto não foi alcançada.

Neste sentido, sabe-se que a ABNT NBR 15575:2013 estabelece para a vida útil de projeto um período mínimo de 50 anos. No entanto, não consta no sistema normativo brasileiro nenhum indicativo de como cumprir as exigências de durabilidade estipuladas. Considerando que a norma de desempenho atualmente está referenciada no código de defesa do consumidor, o estudo de modelos matemáticos para a previsão da despassivação e dos fatores influentes na ocorrência deste fenômeno foi considerado oportuno, devido à relevância do assunto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais – Desempenho**. NBR 15575. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **Projeto de estruturas de concreto. Procedimento**. NBR 6118. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. **Durable Concrete Structures**. Report of Task Group 1 + 2, 1996.

HAMADA, M. Neutralization (carbonation) of concrete and corrosion of reinforcing steel. In: International Symposium on the Chemistry of Cement, 5, Tokyo, 1969. **Proceedings...** Tokyo, 1969, Part III, v. II/4.

HELENE, P. R. L. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: IV Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções. Anais... Porto Alegre, RS, 1997.

TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO
DE ARATIBA/RS.****Aluno: Lucas Antônio Scheer Brandão
Orientador: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

Podemos definir saneamento básico como “o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas”. Boa parte dos municípios de menor porte gastam frações consideráveis dos seus recursos em saúde corretiva, ao invés de saúde preventiva, como por exemplo combatendo epidemias como diarreia, cólera, hepatite e verminoses. Muito se afirma que do ponto de vista político, as obras de esgotamento sanitário ficam embaixo da terra, deixando de ser uma ação governamental prioritária, e transformando em um segundo plano. O Brasil marca um dos melhores desempenhos quanto ao abastecimento de água, mas de contrapartida uma das piores performances com relação ao esgoto sanitário. Com base nisso, o objetivo geral desse trabalho é elaborar um estudo para a implantação de um sistema de coleta e tratamento de esgoto doméstico para o município de Aratiba/RS, visando a redução de impactos ambientais gerados pela forma inadequada de tratamento e disposição final.

MATERIAL E MÉTODOS

De forma inicial, foi feita a projeção aritmética populacional e definido o volume total de esgoto a ser tratado. O tempo de projeto considerado foi de 20 anos.

O trabalho levou em considerações questões fundamentais como a definição do sistema de tratamento mais adequado para a situação, decisões relacionadas a implementação da rede coletora de esgoto, implantação de Estações Elevatórias de Esgoto e por fim, uma composição de quantitativos e custos. A definição do sistema de tratamento adotada baseou-se em otimizar o espaço e utilizar modernos métodos, o traçado da rede foi feito de acordo com o relevo da área urbana objetivando conduzir por meio gravitacional onde fosse possível, não sendo possível é feito o uso de Estações Elevatórias de Esgoto e a composição de custos usou como base o banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) por se tratar de um método corriqueiro aos municípios quanto ao levantamento de valores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estima-se que para o ano de 2037 a área urbana do município seja composta por 4.257 habitantes, e que isso reflita em um volume total de esgoto a tratar fixado em 681,14m³/dia.

Após análises realizadas para definição do sistema de tratamento a ser empregado, fica definido o uso de uma Estação de Tratamento de Esgoto Compacta, a qual tem como principal característica a otimização do espaço de implantação e uma sistemática moderna de tratamento. A figura 01 demonstra o layout de uma ETEC.



Figura 01 – Layout de uma ETEC

Após ser tomada a decisão do método de tratamento adequado ao município, foi realizado uma separação do perímetro urbano em três grandes zonas, com o objetivo de associar as características topográficas e a condução gravitacional do esgoto até pontos específicos. A figura 02 demonstra a setorização citada.



Figura 02 – Setorização do Perímetro Urbano de Aratiba/RS

A ETEC será localizada na Zona Leste, e todo esgoto gerado pela Zona Leste será conduzido de forma gravitacional até a ETEC. Já a Zona Sul e a Zona Oeste não apresentam condições de que o esgoto chegue até a ETEC por meio gravitacional, logo, é necessário o emprego de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) e o esgoto gerado nas citadas zonas será conduzido por forma gravitacional até as suas respectivas EEE's para que posteriormente, por meio de emissários, todo esgoto seja pressurizado e encaminhado para o tratamento na ETEC, contemplando tratamento a toda rede coletora. A figura 03 ilustra a localização dos dispositivos de acordo com suas zonas.

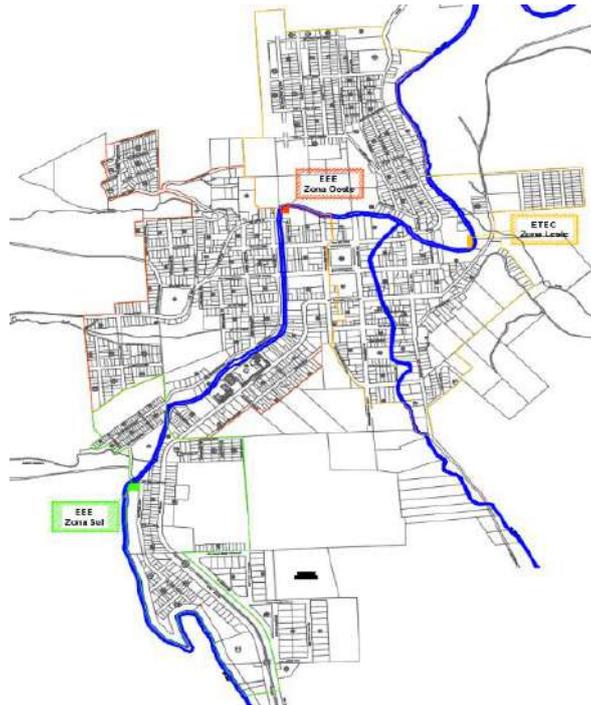


Figura 03 – Localização dos Dispositivos

O traçado da rede coletora de esgoto será feito pelo lado par e lado ímpar do passeio público. A decisão se origina pelo fato de que os índices de valores demonstram que é a opção mais racional financeira e executivamente falando. A figura 04 demonstra esquematicamente o detalhe da implantação da rede coletora.

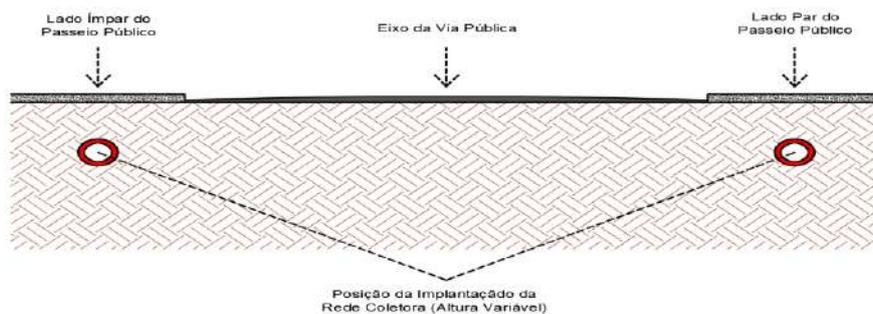


Figura 04 – Esquema Detalhe Implantação Rede Coletora

Para o dimensionamento das estações elevatórias de esgoto, foi considerado a altura de sucção relativa a cada zona até chegar a ETEC e também a vazão produzida por elas.

Com todos os dados e quantitativos levantados, podemos gerar então uma estimativa de custos baseados no banco de dados SINAPI. Apenas a ETEC e as EEE foram objetos de orçamento por parte de empresas especializadas no ramo. A setorização possibilita uma execução em etapas das referidas obras de saneamento, o que gera um plano de implantação. A figura 05 define o fluxograma da implantação, com seus respectivos valores e também a taxa da porcentagem que isso representa perante ao sistema inteiro.

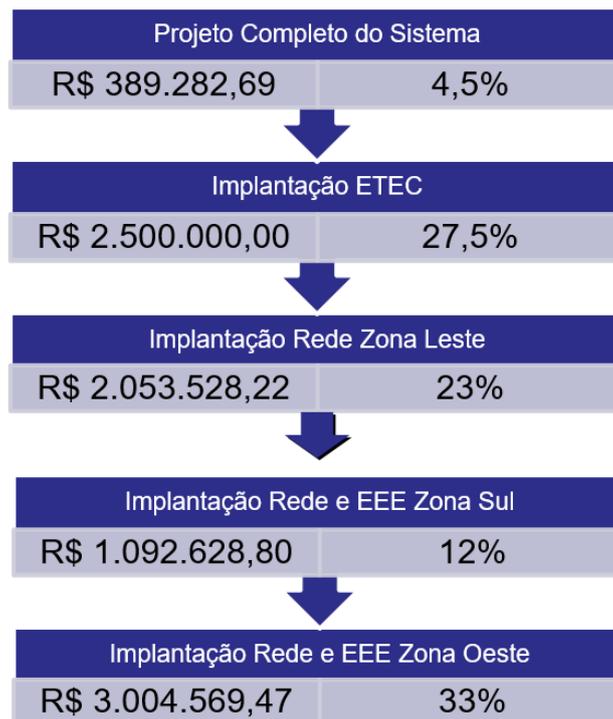


Figura 05 – Fluxograma de Implantação

O levantamento de custos nos levou a índices muito próximo da literatura. De acordo com Alem Sobrinho e Contrera (2013) o maior valor relacionado ao sistema como um todo, é o valor oriundo da implantação da rede de coleta. A figura 06 compara o dado literário e o encontrado para o estudo.

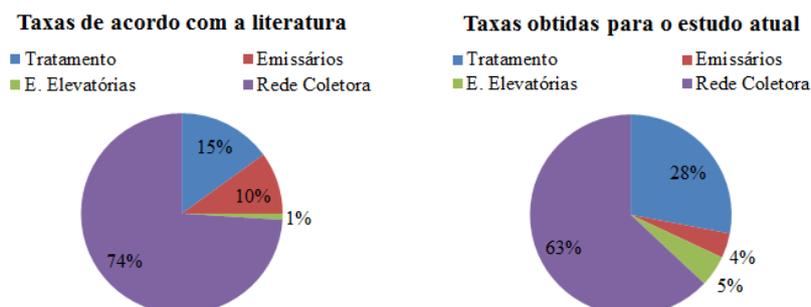


Figura 05 – Custos do Sistema de Esgotamento Sanitário

CONCLUSÕES

A inegável que a importância dos serviços de saneamento básico é facilmente percebida, tanto na prevenção de doenças, quanto na preservação do meio ambiente. As incorporações de aspectos ambientais nas ações de saneamento representam um avanço significativo, em termos de legislação, mas é preciso criar condições para que os serviços de saneamento sejam implementados e sejam acessíveis a todos, a denominada universalização dos serviços.

É possível observar a urgência e a importância de um sistema eficaz para a coleta e o tratamento do esgoto gerado na área urbana do município de Aratiba. O sistema adotado para este estudo se mostra altamente viável, sendo que uma vez instalada a ETEC o restante da implantação do sistema pode ser realizado em etapas independentes.

De forma geral, com base nas estimativas encontradas, concluímos que a maior parcela de investimento é referente a rede coletora, devido ao fato da demolição e reconstrução do pavimento para abertura de valas, ou seja, a falta de planejamento dos municípios eleva as taxas de valores para implantação de um projeto como esse.

O presente trabalho, por ser um sistema pioneiro na região, pode servir como projeto piloto para municípios do mesmo porte.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 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.** Brasil, 2007.

RESK, Sucena Shkrada. **Metade do Brasil não tem esgotamento sanitário.** Planeta Sustentável.2011.DisponívelEm<<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvime to/metade-brasil-nao-tem-esgotamento-sanitario-622195.shtml?func=2>> Acesso em: 20 de maio de 2017.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos– Projeto, construção e operação.** 60 p. 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-12209: **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-9648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

AGUIAR, Jorcy. **Infiltração de água na rede de esgoto.** 2012. Disponível em <<http://jorcyaguiar.blogspot.com.br/2012/09/infiltracao-de-agua-na-rede-de-esgoto.html>>>. Acesso em: 08 de Maio de 2017.

ARATIBA. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Aratiba – RS. Julho de 2016.

BASTOS, Francisco Suetonico; VON SPERLING, Marcos (coord.). **Esgoto – Nutrientes de Esgoto Sanitário: Utilização e Remoção.** Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. FINEP/CNPq/Caixa Econômica Federal. Rio de Janeiro, 2009.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO
DE PAINÉIS TERMOISOLANTES EM
EDIFICAÇÕES DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM
FUNÇÃO DA AÇÃO DO VENTO****Lucas Mulinari Schweitzer; Cristiano Vitorino da Silva****INTRODUÇÃO**

É de conhecimento geral que experimenta-se um desequilíbrio ambiental muito grande. Um dos fatores que levam a isto é a própria construção civil, que é responsável pela maior parte dos impactos gerados ao meio ambiente. Segundo Sjöstrom (1996), o consumo de recursos naturais utilizados de maneira direta e indireta na construção civil é estimado entre 14% a 50%. Já Kasai (1998) apontou que no Japão, esta mesma fatia de mercado ocupa cerca de 50% de todos os materiais comercializados no país no ano de 1995.

Tendo em vista estes fatores, vêm-se desenvolvendo cada vez mais métodos de construção a seco, como por exemplo, o *Steel Frame* e o *Wood Frame*, que acabam por diminuir o desperdício de materiais que ocorre em construções convencionais. Os painéis termoisolantes, constituídos por EPS (*Expanded PolyStyrene*) e revestidos por chapas metálicas, são outro exemplo de construção a seco, porém, apresentam requisitos de sustentabilidade, rapidez, competitividade e conforto térmico e acústico (DOS REIS *et al.* 2015)

Portanto o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento dos painéis termoisolantes sob a influência do vento utilizando o método dos volumes finitos para avaliar o escoamento, através do software Ansys CFX, e suas tensões aplicadas, utilizando-se do software Inventor.

MATERIAL E MÉTODOS**Modelo matemático para o escoamento**

Para Maliska (2004) o método numérico tem por finalidade resolver as equações diferenciais que modelam o fenômeno em estudo, substituindo-as por expressões algébricas simplificadas com solução analítica. O cálculo deste método é realizado iterativamente para cada volume de contorno definido na malha, que representa a subdivisão do domínio em avaliação em pequenos volumes de controle, assim, a cada iteração que é resolvida, diminui-se o erro do resultado final.

De acordo com Fox *et al.* (2006), a equação de continuidade é o princípio de conservação de massa em sua forma diferencial. Considerando um escoamento incompressível e no regime permanente, já com a aplicação das conhecidas médias de Reynolds, ou simplesmente RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) pode-se obter um conjunto de equações que representam a conservação de massa e quantidade de movimento para um escoamento turbulento. Devido à não linearidade das equações de Navier-Stokes, as equações RANS contêm um termo desconhecido chamado de equações médias. Para seu cálculo é necessário inserir os modelos de turbulência de equações diferenciais ou algébricos relacionados aos valores médios do escoamento, nos quais devem compreender todos os efeitos médios da turbulência (SILVESTRINI, 2003), os chamados modelos de fechamento. Os modelos derivados buscam prever estas estatísticas que frequentemente apresentam constantes

ajustáveis, no qual são comparadas com dados experimentais e então otimizadas. O modelo utilizado neste trabalho se baseia na suposição de uma viscosidade turbulenta, μ_t , no qual o valor é determinado pela quantidade de turbulência média local. Sendo assim, a aplicação das médias de Reynolds do software ANSYS CFX, escrevendo em notação de índices (Einstein), tem-se a seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} \delta_{ij} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) \quad (2)$$

onde \bar{u} é a velocidade média [m/s] e u' sua flutuação [m/s], e \bar{p} é a pressão modificada média local e δ_{ij} é o delta de Kronecker.

As equações médias de Reynolds possuem a mesma forma geral que as equações instantâneas de Navier-Stokes, porém as velocidades e solução das outras variáveis. De acordo com a Eq. (6), o último termo representa uma adição ao escoamento devido às flutuações turbulentas que, segundo Reynolds, pode ser resolvido adotando o conceito de viscosidade turbulenta para o fluido newtoniano

$$-\overline{\rho u'_i u'_j} = \mu_t \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \quad (7)$$

onde u'_i e u'_j são as flutuantes de velocidade relacionadas às componentes de velocidades instantâneas u . São propriedades físicas do escoamento, uma média local do nível de turbulência, variando de ponto a ponto e de escoamento para escoamento. Assim, para determinação local de μ_t faz-se necessário um modelo adicional, o chamado modelo de turbulência. Dentre os disponíveis, aplica-se no presente estudo o modelo $k-\omega$.

Modelo de turbulência $k-\omega$

Para o presente estudo foram utilizadas as modelagens do $k-\omega$, tendo em vista que são mais indicadas para casos de turbulências geradas perpendicularmente ao escoamento. Este modelo oferece como vantagem o tratamento do escoamento turbulento para baixos números de Reynolds próximo às paredes, tornando-se mais preciso e robusto que os demais elementos (ANSYS, 2013). Este apresenta duas equações de transporte para representar as propriedades turbulentas do escoamento. Deste modo, estas fazem parte da evolução das formulações de k e ω , como descritas abaixo,

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j k)}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \beta \rho \omega k + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \sigma \frac{\rho k}{\omega} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j \omega)}{\partial x_j} = \alpha \frac{\omega}{k} \rho \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \beta \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \sigma \frac{\rho k}{\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + \sigma_d \frac{\rho}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \quad (4)$$

onde k é a energia cinética turbulenta, ω é a taxa específica de dissipação, t representa o tempo, α , σ , β e σ_d são coeficientes de fechamento (WILCOX, 2008).

Critério de escoamento de von Mises

O critério de escoamento foi elaborado para determinar o estado limite de tensão, ou seja, é a determinação a partir do qual este dará o início ao processo de deformação plástica. O primeiro a desenvolver este critério foi Tresca (1865), quando definiu que a tensão de cisalhamento máxima (τ_{max}) tem seu ponto crítico no momento em que atinge o valor característico constante do

material, independente do estado de tensão aplicado (HIBBELER, 2013). Sendo assim, aplica-se esta teoria no círculo de Mohr, de maneira que,

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = A \quad (5)$$

onde σ_{max} e σ_{min} são respectivamente as tensões máximas e mínimas resultantes da aplicação de tensões sob um determinado material, e A é a constante sob condições específicas de microestrutura e propriedades deste mesmo material. Assim, escreve-se a equação,

$$\tau_{max} = A = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{\sigma_0}{2} \quad (6)$$

onde σ_0 representa a tensão limite de escoamento na tração e $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ são as tensões principais, ou seja, as tensões normais que atuam nos planos onde não ocorre tensões tangenciais (HIBBELER, 2013).

Porém, o critério de Tresca não considera as tensões intermediárias, a qual possui grande influência na análise das tensões internas do material. Dessa forma, von Mises (1913) propôs o “critério por energia de distorção”, que estabelece B , como o valor que a energia de distorção representa quando atinge seu valor crítico, variando de acordo com o material e as condições definidas. Dessa forma,

$$B = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] \quad (7)$$

uma vez que $B = \frac{1}{3} \sigma_0^2$ e $k = \frac{\sigma_0}{\sqrt{3}}$

Modelagem da edificação

O modelo físico (Figura 1-a) é a geometria proposta para receber a carga do vento na direção 0° (paralelo à maior face). Este modelo foi projetado através do software AutoCAD, e posteriormente importado ao Icem para que fosse possível gerar a malha utilizada no cálculo iterativo do Ansys CFX. Dois casos foram avaliados: um modelo com alguns detalhes (Figura 1-b) e um modelo simplificado (Figura 1-c).

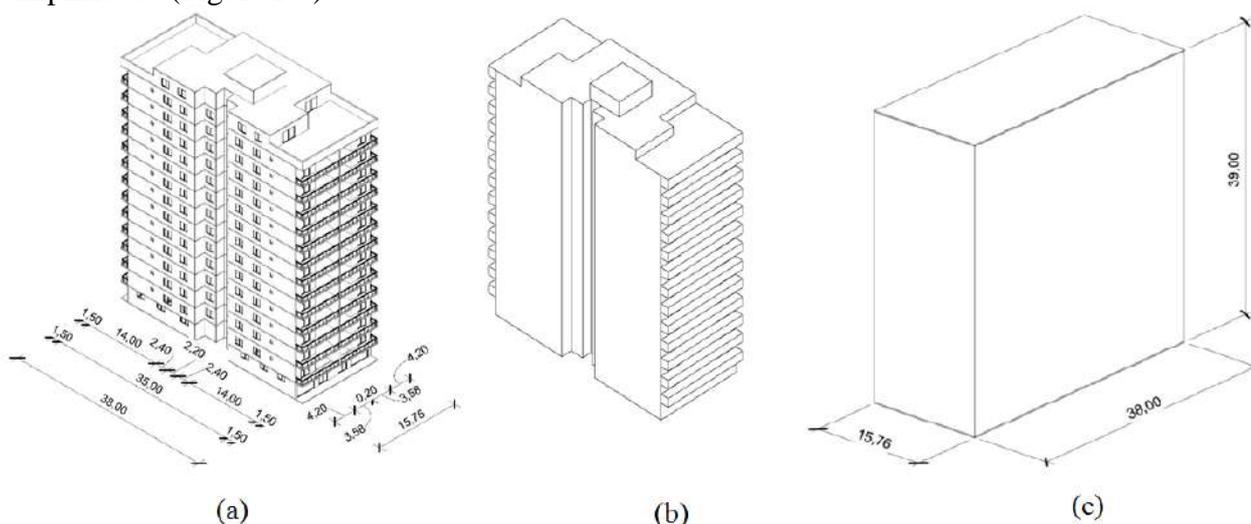


Figura 1 – Modelo físico: (a) edificação; (b) modelo com detalhes; (c) modelo simplificado.

Condições de contorno

As condições de contorno foram definidas a partir das características geométricas do problema analisado. Suas componentes estão identificadas como 'INLET' (*inlet*), 'OPENING' (*opening*), 'SYMMETRY' (*symmetry*), 'PISO' (*wall*), e 'PREDIOS' (*wall*).

Condições de contorno

Para a criação da malha, houve a necessidade de implementar o controle de malha, que consiste em aplicar diferentes tamanhos de volumes para otimizar o tempo de cálculo. Adotou-se uma malha tetraédrica, tipo *Octree*, em seguida, gerou-se a malha *Delaunay*, adicionando prismas sobre todas as superfícies sólidas do domínio. Assim, aplicou-se sobre as superfícies camadas de 8 prismas com 1 mm de altura, com razão de crescimento de 1,5, sendo que o tamanho mínimo sobre o domínio na edificação foi de 500 mm.

Painéis termoisolantes

Para analisar as tensões no software Inventor, foram selecionados os painéis com 200 mm de espessura, os mesmos utilizados para a realização de um laudo técnico realizado pelo laboratório Falcão Bauer, São Paulo – SP. Foram enviados 3 corpos de prova para análise e os resultados dos ensaios podem ser encontrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo das propriedades do painel, segundo o laudo técnico fornecido.

Ensaio	Valor encontrado	Valor especificado
Resistência à flexão [kPa]	357	120 (mínimo)
Resistência à compressão [kPa]	79	70 (mínimo)
Massa específica aparente média [kg/m ³]	14,7	13 (mínimo)
Absorção de água [g/cm ²]	0,22	1 (máximo)
Velocidade de propagação de chamas [mm/s]	1,47	-

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a escolha das características geométricas, obtêm-se os resultados provenientes da simulação do escoamento do vento, onde o campo de pressão está aplicado sobre a superfície do prédio, o campo de velocidades está aplicado a uma altura de 15 metros em relação ao solo, e as *streamlines* representam o escoamento do vento através da estrutura, como é possível observar na Figura 2.

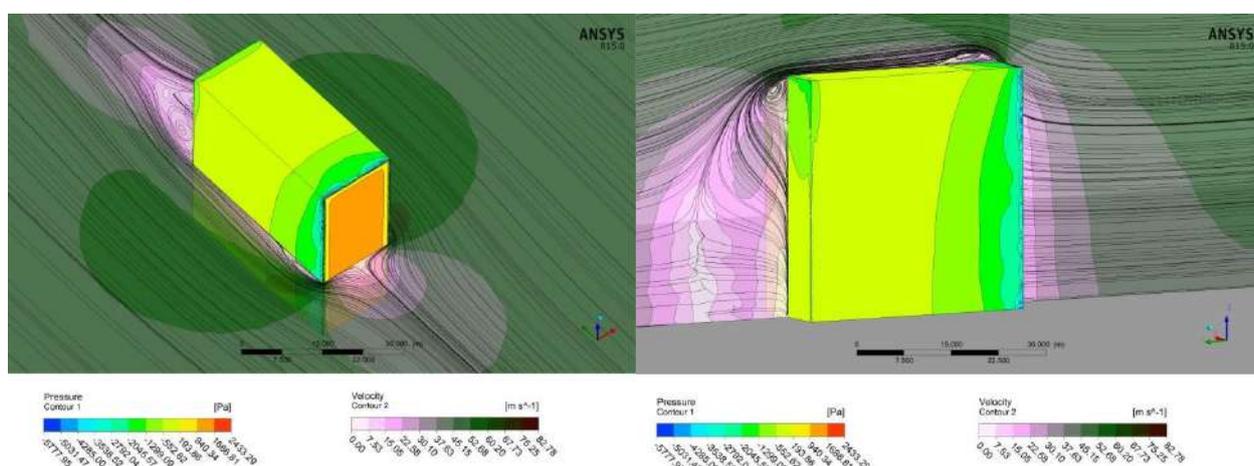


Figura 2 – Campo de pressão aplicado sobre o modelo simplificado, juntamente com o campo de velocidades aplicados sobre as *streamlines*.

A união dos dois campos faz com que seja possível avaliar como o comportamento do vento influencia na pressão exercida na superfície da edificação. Pode-se observar que a região de maior pressão está localizada na fachada frontal da edificação, onde sua grandeza está entre os valores de 0,94 e 1,68 kPa. Isto se dá pelo fato de que o vento atinge a face de maneira direta, causando assim grande pressão nessa região.

O fenômeno de sucção pode ser entendido como uma força que puxa a parede para fora da edificação, algo muito comum em pavilhões que utilizam estrutura metálica. Porém, as maiores forças de sucção estão concentradas na cobertura dos pavilhões, ao contrário deste prédio, que está concentrado principalmente nas laterais. O referido modelo apresenta suas regiões de sucção muito mais avançadas nas laterais que o previsto, chegando a caracterizar boa parte da lateral do prédio com valores entre -1,3 e -2,04 kPa. Este fenômeno pode ser explicado pela presença da camada-limite, a qual gera vórtices turbulentos e regiões de subpressão muito acentuadas, o que contribui para o aumento da sucção na determinada região.

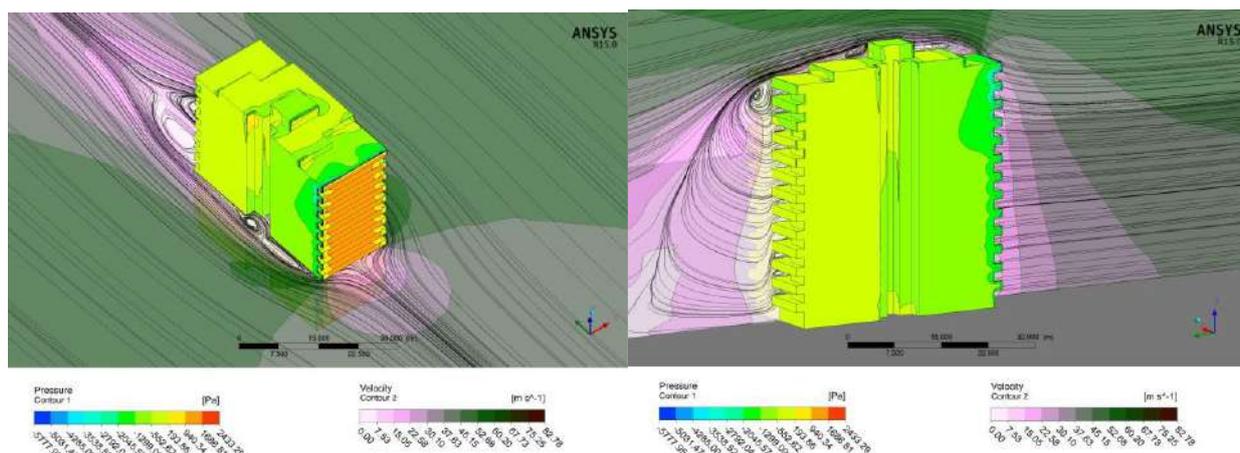


Figura 3 – Campo de pressão aplicado sobre o modelo com detalhes, juntamente com o campo de velocidades aplicados sobre as *streamlines*.

Quando observado na Figura 3, pode-se afirmar que não houve uma mudança significativa nos valores encontrados para os dois modelos quanto à sobrepressão. Porém quando verificado a pressão negativa (sucção), o modelo com detalhes mostra-se muito diferente do modelo simplificado. Este modelo apresenta suas regiões de sucção muito mais avançadas nas laterais que o previsto pelo modelo anterior, chegando a caracterizar mais da metade do prédio com valores entre -1,3 e -552,62 kPa. Este fenômeno pode ser explicado pela presença de um recuo arquitetônico realizado na lateral do edifício, o qual contribui para que as recirculações geradas pelo desprendimento da camada-limite fiquem presas neste detalhe, colaborando assim para o aumento da sucção na determinada região. Já em alguns pontos na lateral, próxima a fachada frontal, é possível encontrar valores muito altos, variando de -1,3 a -2,79 kPa

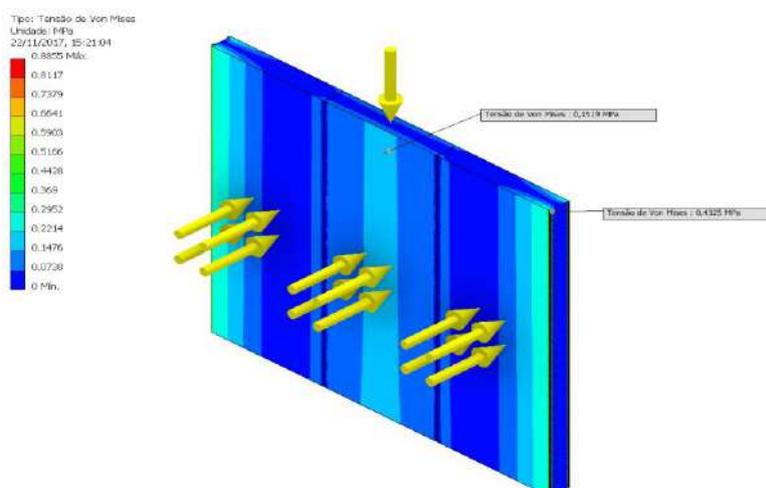


Figura 4 – Campo de tensões sobre os painéis termoisolantes.

De acordo com o que é apresentado na Figura 4, é possível perceber que o local de maior pressão está localizado na região de engaste dos painéis, atingindo valores de até 0,4325 MPa. Já na região central encontra-se uma tensão menor, na ordem de 0,1519 MPa. Esta tensão inferior que se configura na região central do painel intermediário se dá pelo fato de que os encaixes entre painéis são considerados como apoios rotulados, ou seja, são locais onde o momento fletor é aproximadamente zero, desta forma, impedindo que as tensões geradas pelo engaste alcancem o painel intermediário.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pela simulação do escoamento do vento pelo edifício, aplicados sobre os painéis, e os valores obtidos através do laudo técnico, é possível destacar que a tensão resultante é maior que a tensão resistente, (0,4325 MPa > 0,357 MPa). Portanto, é seguro afirmar que, apesar de ser necessário um estudo maior sobre o caso e uma análise mais detalhada das simulações, os painéis não são aconselháveis para serem usados em edificações que não sejam térreas, haja vista que os resultados não se mostraram satisfatórios quanto a resistência do material.

REFERÊNCIAS

ANSYS Inc. User's guide - **CFX Solver Theory**, 2013.

DOS REIS, P. M., OLIVEIRA, M. G., VIVELA, F. O., SIQUEIRA, E. J. A construção modular com utilização de painéis EPS. **Ensino e pesquisa na engenharia: Um percurso necessário**, Volta Redonda, RJ, v.8, n.1, p.22-38, jun/2015.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T., PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6ª edição, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2006.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 7.ed., Pearson Education: São Paulo, 2013.

KASAI, Y. Barriers to the reuse of construction by-products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan. In: *Use of Recycled Concrete Aggregate*. Dhir, Henderson & Limbachiya eds. Tomas Telford, 1998, p. 433-444.

MALISKA, C.R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional**. 2.ed.,

SILVESTRINI, J. H. Simulação numérica direta e de grandes escalas de escoamentos transicionais e turbulentos. In: **Coleção Cadernos de Turbulência. Associação Brasileira de Ciências Mecânicas – ABCM**. Rio de Janeiro, vol.2, cap.1, p.1-18, 2003.

SJÖSTRÖM, C. Service life of the building. In: **Applications of the performance concept in building**. Tel Aviv, 1996, v.2, p.6-11.

WILCOX, D. C. **Formulation of the $k-\omega$ turbulence model revisited**, DCW Industries, Inc. 2008.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE SOLO-
EMULSÃO COMO BASE PARA PAVIMENTAÇÃO
ASFÁLTICA****Aluno: Matheus Matiasso Piaia
Orientador: Fabiano da Silva Jorge****INTRODUÇÃO**

O transporte é responsável pelo desenvolvimento econômico de qualquer cidade, região ou país por proporcionar mobilidade, acessibilidade, além de permitir fluxo de material (PEREIRA et al., 2013). No Brasil, o modal rodoviário representa mais de 60% com relação a todos os modais, sendo o mais utilizado, logo, um dos mais importantes em termos de movimentação econômica. Não obstante, a pavimentação da malha rodoviária brasileira não condiz com sua importância, onde considerando os âmbitos Federal, Estadual e Municipal mais de 80% das rodovias são não pavimentadas. Tal fato prejudica tanto o governo quanto a sociedade no geral por provocar maior desgaste nos veículos, pela má condição das estradas, e maior tempo de locomoção da carga, pelas estradas superlotadas, acarretando em um menor desenvolvimento econômico do país (ABEDA, 2011).

Como forma de reduzir custos para a pavimentação asfáltica pode-se aumentar a capacidade de suporte do subleito por meio de estabilização do solo, a qual pode ser realizada por métodos mecânicos e físico-químicos, sendo os mais utilizados: Cimento asfáltico de petróleo; Asfalto diluído; Emulsão asfáltica (PACHECO, 2011).

Tendo em vista que a mistura solo-emulsão aumenta a capacidade de suporte do subleito e o impermeabiliza, busca-se, neste trabalho, aprofundar o estudo da aplicação da emulsão asfáltica na pavimentação através de ensaios físicos e mecânicos para analisar a viabilidade técnica e econômica da utilização de solo-emulsão como base para pavimentos flexíveis com tráfego leve com foco em municípios do interior do estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Três amostras representativas de solos extraídas das Ruas Erechim, Guarani e Nicolau da cidade de Áurea – RS foram utilizadas, bem como emulsão do tipo RL-1C, fornecida pela empresa Betunel, localizada na cidade de Montenegro – RS.

A classificação das três amostras foi realizada através da tabela do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e da tabela sugerida pela Highway Research Board (HRB). Não obstante, para realizar tal classificação são necessárias algumas informações sobre o solo, tais como: distribuição granulométrica, limite de liquidez, limite de plasticidade e, conseqüentemente, índice de plasticidade. Estas informações foram obtidas de forma experimental no laboratório de solos da URI – campus Erechim, seguindo as normas DNER-ME 080/94, DNER-ME 122/94 e DNER-ME 082/94, respectivamente.

Com o intuito de se conhecer a umidade ótima do solo, ou seja, umidade a qual torna o solo o mais próximo possível da máxima densidade teórica a partir da compactação, realizou-se o ensaio Proctor modificado no laboratório de solos da URI – campus Erechim, segundo a norma DNIT 164/2013-ME.

Após se estabelecer a umidade ótima das amostras é possível determinar o índice de suporte Califórnia (ISC), segundo a norma DNIT 172/2016 – ME.

Com o Índice de Suporte Califórnia dos solos *in natura* conhecidos, prosseguiu-se com a determinação do teor ótimo de emulsão para cada amostra de solo, pois de acordo com Mattos (1991), o teor de emulsão ideal é aquele que proporcione coesão entre as partículas mantendo a resistência cisalhante necessária. Para determinar o teor ótimo se dosou cada amostra de solo com cinco teores distintos, 3% a 7%, subtraindo o teor de emulsão da umidade ótima. Após a homogeneização se deixou a mistura aberta por 2 horas (visando a ruptura) e então se realizou a compactação com energia modificada. Com os corpos de prova moldados se aguardou a cura ao ar por 7 dias e se prosseguiu com a ruptura dos mesmos, obtendo-se os valores de I.S.C e de densidade real para cada um dos corpos de prova a fim de analisar qual teor de emulsão promove maior aumento de tais resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar as propriedades de cada solo, foram executados 5 ensaios de compactação, com umidades distintas, bem como 3 ensaios de Índice de Suporte Califórnia, para cada tipo de solo. Os valores de umidade ótima e densidade seca aparente de cada solo estão representados na Tabela 1.

Amostra	Erechim	Nicolau	Guarani
h_{ot} (%)	17,5	16,8	17,0
d (g/cm³)	1,643	1,688	1,676

Tabela 1 – Resultados de umidade ótima e densidade seca aparente de cada solo.

Após a obtenção das umidades ótimas se prosseguiu com o ensaio de Índice de Suporte Califórnia. Com os resultados, montou-se a Tabela 2 a qual contém os valores de I.S.C e expansão para cada um dos corpos de prova de cada amostra. Não obstante, por existir em um dos casos um corpo de prova o qual o valor de I.S.C divergiu dos seus semelhantes, optou-se por descartá-lo e tomar a média dos dois restantes. O valor descartado está destacado na tabela.

Amostra	Erechim		Nicolau		Guarani	
Corpo de Prova	Expansão (%)	I.S.C (%)	Expansão (%)	I.S.C (%)	Expansão (%)	I.S.C (%)
1	0,13	27,3	0,08	9,9	0,22	20,1
2	0,35	13,7	0,13	6,6	0,13	16,7
3	0,46	24,3	0,2	13,3	0,12	13,1
Média	0,31 ± 0,16	25,8 ± 2,12	0,14 ± 0,06	9,93 ± 3,35	0,175 ± 0,06	16,63 ± 3,5

Tabela 2 – Resultados de expansão e I.S.C de cada solo.

Analisando a Tabela 2, nota-se que se trata de solos distintos, de modo que os dois que apresentaram maior I.S.C (Rua Erechim e Guarani) também apresentaram melhor classificação, tanto pela tabela da HRB quanto pela tabela da SUCS, sendo solos com comportamento de bom a excelente. Já a amostra de solo da rua Nicolau Copérnico foi classificada como uma areia bem graduada com pouca presença de finos e apresentou I.S.C 45% menor que o maior I.S.C obtido.

Com os valores de I.S.C do solo *in natura* se prosseguiu com a dosagem do solo-emulsão para obtenção do teor ótimo de emulsão. Foram moldados 5 corpos de prova com teores de emulsão variando de 3% a 7%, para cada tipo de solo e, após 7 dias de cura ao ar se obteve o Índice de uporte Califórnia para cada um dos 15 corpos de prova. As Tabelas 3, 4 e 5 mostram os valores de I.S.C e de densidade do solo seco para cada teor de emulsão, para os solos das Ruas Erechim, Guarani e Nicolau, respectivamente.

Teor emulsão (%)	I.S.C (%)	Densidade do solo seco (g/cm ³)
3	47,6	1,196
4	43,7	1,038
5	39,4	1,055
6	37,9	1,01
7	35,8	0,991

Tabela 3 – Resultados de I.S.C e densidade do solo seco para cada teor de emulsão ensaiado com a amostra de solo da Rua Erechim.

Teor emulsão (%)	I.S.C (%)	Densidade do solo seco (g/cm ³)
3	50,7	1,11
4	46,7	1,016
5	32,1	0,946
6	28,2	0,934
7	27,2	1,025

Tabela 3 – Resultados de I.S.C e densidade do solo seco para cada teor de emulsão ensaiado com a amostra de solo da Rua Guarani.

Teor emulsão (%)	I.S.C (%)	Densidade do solo seco (g/cm ³)
3	69	1,077
4	55,4	1,041
5	41,5	1,008
6	36	0,968
7	34,6	1,001

Tabela 3 – Resultados de I.S.C e densidade do solo seco para cada teor de emulsão ensaiado com a amostra de solo da Rua Nicolau.

Analisando as Tabelas 3, 4 e 5 é possível observar que para todos os solos conforme se aumentou o teor de emulsão o I.S.C diminuiu, bem como a densidade do solo seco, indo de encontro aos resultados obtidos por Gandolfi e Cardoso (2013). Logo, para todas as amostras o teor ótimo de emulsão é de 3%. Fato que confirma o estudo de Santos (2009), que concluiu que o teor ótimo de emulsão para solos argilosos varia de 2% a 4%. Não obstante, até mesmo para o maior teor de emulsão ensaiado, em todos os solos, o I.S.C do solo-emulsão foi superior ao do solo in natura.

Após definir os teores ótimos de emulsão se moldou três corpos de prova para cada tipo de solo no teor ótimo, e após 7 dias de cura ao ar se obteve o índice de suporte Califórnia para cada corpo de prova. Os resultados de I.S.C, bem como as respectivas médias e desvio padrões pode ser visto na Tabela 6.

Amostra	Erechim	Guarani	Nicolau
C.P	I.S.C (%)	I.S.C (%)	I.S.C (%)
1	46,5	49,6	69,5
2	47,4	49,3	72,9
3	48,7	48,1	67,5
Média	47,53 ± 1,1	49 ± 0,79	69,97 ± 2,73

Tabela 6 – Resultados de I.S.C de cada solo.

A partir dos resultados expostos na Tabela 6 se percebe que o solo com maior presença de finos, Rua Nicolau, classificado como uma areia bem graduada foi o que apresentou maior aumento do I.S.C, de 9,93% para 69,97%, representando um incremento de cerca de 700%. Já o solo mais granular, Rua Erechim, classificado com um pedregulho bem graduado, foi o que apresentou menor aumento do I.S.C, de 25,8% para 47,53%, representando um incremento de cerca de 84%, sendo, mesmo assim, um aumento apreciável. Gondim (2008) e Gandolfi e Cardoso (2013) também obtiveram um aumento no I.S.C com o solo-emulsão, porém os maiores aumentos foram nas propriedades de resistência a compressão e a tração, da mesma forma que para Pacheco (2011), propriedades não ensaiadas no presente trabalho.

Contudo, para o DNIT o material usado como base para rodovias com tráfego leve deve possuir expansão menor que 0,5% e I.S.C superior a 60%. Desta forma todos os solos cumprem o requisito da expansão, entretanto, apenas o solo da Rua Nicolau cumpre o requisito do I.S.C.

Isto se deve muito ao fato da emulsão utilizada ser de ruptura lenta, uma vez que os solos da Rua Erechim e Guarani não apresentam grande quantidade de finos, logo, a emulsão mais indicada para estes casos seria a de ruptura média, segundo Ferreira (1980) e ABEDA (2011).

A eficácia da emulsão de ruptura lenta para solos finos foi testada por Gondim (2008), o qual obteve aumento no I.S.C de 4,37% para 30,51% com adição de 2% de emulsão RL-1C a um solo argiloso, com cura ao ar por 7 dias. Já Soliz (2007) analisou a resistência a compressão simples para três solos distintos in natura, com emulsão de ruptura lenta e de ruptura média. E observou que para o solo argiloso a RL-1C foi mais eficiente, e para o solo arenoso a RM-1C foi mais eficiente. Explicando o porquê dos solos da Rua Erechim e Guarani não terem satisfeito as condições necessárias para aplicação como base de pavimento com tráfego leve.

CONCLUSÕES

Mesmo após séculos de desenvolvimento das obras de pavimentação ainda há a necessidade de avançar em métodos para melhorar o desempenho e reduzir custos das estradas, principalmente em pequenas cidades, as quais, no geral, dispõem-se de menos recursos, quando comparadas as grandes metrópoles.

Desta forma, através do estudo das amostras de 3 regiões distintas da cidade de Áurea - RS, por meio da caracterização dos solos com o auxílio de ensaios de peneiramento, de limite de liquidez e de limite de plasticidade, bem como das tabelas de classificação da HRB e SUCS é possível concluir, primeiramente, que a cidade apresenta solos com características bem distintas. Onde estes variam de pedregulho bem graduado até areia bem graduada. Entretanto, todas as classificações encontradas possuem comportamento geral de excelente a bom, indicado, também, pelos Índices de Suporte Califórnia e expansões satisfatórios.

Com os Índices de Suporte Califórnia obtidos para os solo-emulsão conclui-se que apenas o solo da Rua Nicolau Copérnico pode ser utilizado como base para rodovias de tráfego leve, uma vez que foi o único a possuir I.S.C superior a 60%. Entretanto os outros solos apresentaram grande aumento do I.S.C, ficando muito além do I.S.C indicado para camada de sub-base (I.S.C superior a 20%). Ao utilizar estes solos como sub-base haveria economia na espessura de todas as camadas do pavimento, bem como haveria menor energia gasta na produção de agregados utilizados como sub-base e, conseqüentemente, contribuiria para o meio ambiente.

A presença de finos no solo da Rua Nicolau foi um fator determinante, pois houve compatibilização química e mecânica, formando um solo estabilizado com elevada coesão. Tal fato indica que a emulsão de ruptura lenta é indicada para solos com maior presença de finos, já para solos com menor presença de finos não.

Ressalta-se, ainda, a importância da caracterização do solo antes de submetê-lo a elevados esforços, pois como visto, mesmo locais tão próximos podem apresentar solos com comportamento totalmente diferentes, podendo acarretar no colapso total, prematuramente, da estrutura do pavimento implantado.

REFERÊNCIAS

PEREIRA, Djalma; et al. **Sistemas de Transportes**. Curitiba, PR. 2013 (apostila).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTOS: **Manual Básico de Emulsões Asfálticas: Soluções para Pavimentar sua Cidade**. Rio de Janeiro: ABEDA. 2011.

PACHECO, Lysiane Menezes. Solos Estabilizados com Emulsão Asfáltica Para Uso em Pavimentação: Estudo laboratorial. 2011. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MATTOS, A. B. G. Estabilização de Solo com Betume. **Anais da 25ª Reunião Anual de Pavimentação**. São Paulo, SP. 1991.

GANDOLFI, G. G.; CARDOSO, L. S. **Estudo da Estabilização Química do Tipo Solo-Emulsão em Solo Tropical Laterítico Granular Utilizado em Obras de Pavimentação**. 2013. 84 f. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2013.

SANTOS, W.J. Avaliação do uso de emulsão asfáltica na estabilização química de três solos de Sergipe. Campina Grande. 2009. 141f.

GONDIM, Lilian Medeiros. **Estudo Experimental de Misturas Solo-emulsão aplicado às rodovias do agropólo do baixo Jaguaribe/estado do Ceará**. 2008. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

FERREIRA, A.M. (1980). **Estudo de Três Solos Estabilizados com Uma Emulsão Asfáltica Catiônica**. 1980. 99f. .Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB. 1980.

SOLIZ, Valeria V. Pereira.. **Estudo de Três Solos Estabilizados com Emulsão Asfáltica**. 2007. 182f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA
ARGAMASSA ESTABILIZADA AO LONGO DO
TEMPO EM COMPARAÇÃO COM A ARGAMASSA
TRADICIONAL****Aluno: Odir de Oliveira****Orientador: Prof. Esp. Cristiano Zordan Chiochetta****INTRODUÇÃO**

As argamassas estabilizadas surgiram na década de 70, fabricadas totalmente em usina, chegando à obra pronta para a aplicação, conservando suas características de armazenamento de até três dias (CASALI et al., 2011). Segundo Marcondes (2009) e Slack (2014), esse produto traz inúmeros benefícios, eliminando a necessidade de estoque de material, não gera perda de tempo com produção de material em obra, proporciona baixo índice de desperdício, a dosagem é feita em usina própria para este fim, promove maior limpeza da obra e propicia maior produtividade. Assim sendo, o foco deste trabalho está no processo de revestimento de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos, analisando um comparativo entre vários aspectos da argamassa convencional preparada em obra e a argamassa industrializada, levando-se o condicional de utilização da mesma em 0h, 24h, 48h e 72h, a fim de avaliar se no decorrer do tempo a argamassa estabilizada é capaz de preservar as características de trabalhabilidade, sem prejudicar suas propriedades no estado endurecido.

MATERIAL E MÉTODOS

A argamassa in loco foi preparada e aplicada sobre chapisco em alvenaria de tijolo cerâmico, para comparativo com a argamassa estabilizada, que foi preparada e aplicada a 0h, 24h, 48h e 72h a partir do seu recebimento, aplicando sempre em dois panos: um com posterior hidratação e outro sem. Simultaneamente ao recebimento e aplicação das argamassas nos referidos tempos, foram moldados 3 corpos de prova e 3 de contraprova para ensaio de flexão e compressão, bem como foram realizados os ensaios para determinação da densidade de massa e ar incorporado e verificado a consistência da argamassa. Os corpos de prova foram submetidos aos testes de ruptura aos 28 dias, concomitante com os testes de resistência de aderência à tração.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No ensaio do índice de consistência verificou-se que, após as 24 horas de fabricação da argamassa, a mesma se comportou de maneira estável, perdendo menos água, porém a trabalhabilidade foi

dificultada, ocasionando perda da plasticidade e necessitando um sovamento prévio para chapar a parede, conforme se pode observar na Fig. 1.

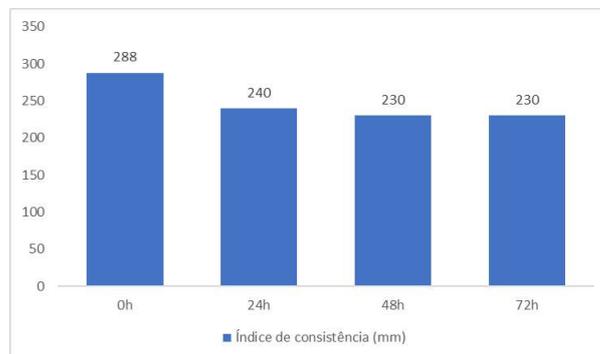


Figura 1 – Gráfico do índice de consistência

Na verificação do teor de ar incorporado constatou-se que, na fabricação da argamassa o teor de ar incorporado foi de 24%, sendo que, ao passar do tempo, esse percentual foi diminuindo gradativamente. O inverso acontece com a densidade, pela diminuição dos vazios a argamassa reduz o volume ficando mais densa para aplicar, com influência na perda da trabalhabilidade. Os resultados podem ser observados nas Tab. 1 e 2.

Tabela 1 – Resultado da densidade de massa.

Horas a partir do recebimento	Densidade de massa (kg/m ³)
0h	1.546,20
24h	1.576,80
48h	1.587,70
72h	1.592,50

Tabela 2 – Resultado do teor de ar incorporado.

Horas a partir do recebimento	Teor de ar incorporado (%)
0h	24,00
24h	21,30
48h	18,18
72h	18,51

O ensaio de resistência de aderência à tração ocorre pelo arrancamento de pastilhas assentadas nos pontos de remoção de cada um dos 12 corpos-de-prova, onde o teste avalia a interação entre as camadas de um revestimento, determinando o valor máximo que este suporta, bem como a interface que tem menor resistência às tensões que atuam no revestimento. A Fig. 3 demonstra uma das paredes utilizada para extração dos corpos-de-prova.

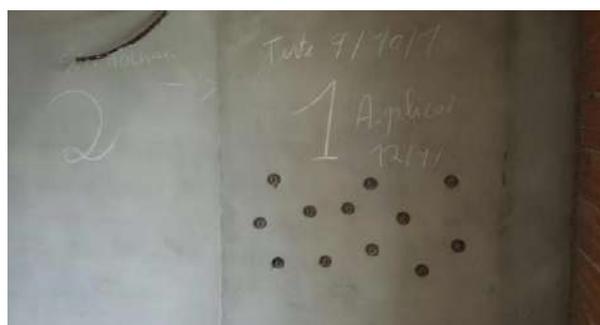


Figura 2 – Corpos de prova extraídos da parede.

Tabela 3 – Resultado da resistência de aderência à tração (pontos de ruptura).

Tipo de argamassa	Condição do pano de aplicação	Horas	Local de ruptura		
			Chapisco	Argamassa	Sub-base
Feita na obra	Hidratado	0h	91,67%	0%	8,33%
Feita na obra	Não Hidratado	0h	100%	0%	0%
Estabilizada	Hidratado	0h	50%	50%	0%
Estabilizada	Não Hidratado	0h	66,67%	33,33%	0%
Estabilizada	Hidratado	24h	91,67%	8,33%	0%
Estabilizada	Não Hidratado	24h	91,67%	8,33%	0%
Estabilizada	Hidratado	48h	50%	50%	0%
Estabilizada	Não Hidratado	48h	66,67%	33,33%	0%
Estabilizada	Hidratado	72h	58,33%	41,67%	0%
Estabilizada	Não Hidratado	72h	83,33%	16,67%	0%

Nos testes feitos aos 28 dias da aplicação da argamassa industrializada e a feita *in loco* resultou nos valores demonstrados na tabela, na análise constatou-se que os panos hidratados não atenderam a resistência mínima de norma, porém a não hidratada atingiu, entende-se, então, que a hidratação conserva por mais tempo a estabilidade de pega do cimento e não altera seu potencial de aderência a tração. A argamassa feita *in loco* atingiu seu potencial de aderência e resistência, tanto hidratada quanto não hidratada, quanto ao substrato chapisco conforme observado em porcentagem de arranque, funcionou perfeitamente fazendo a ponte de aderência entre os substratos cerâmicos e concreto sem romper.

O mais importante neste experimento foi constatar o bom comportamento das propriedades físicas no estado plástico e, principalmente, no estado endurecido no seu potencial de carga das argamassas estabilizadas.

Para os ensaios de resistência à tração na flexão, foram rompidos corpos-de-prova e de contraprova, conforme as horas a partir do recebimento da argamassa estabilizada, gerando os resultados expressos no gráfico da Fig. 3.

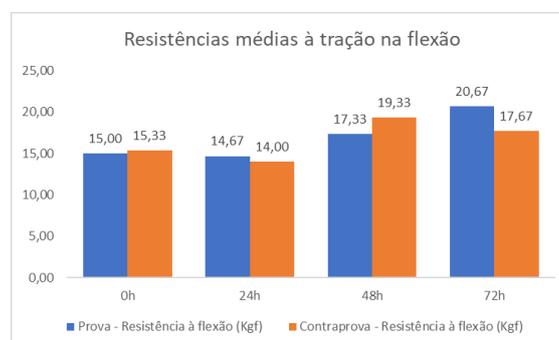


Figura 3 – Resistência à tração na flexão

Quanto os ensaios de resistência à compressão, foram rompidos novamente as duas metades dos corpos-de-prova do ensaio de flexão, chamando Lado A e Lado B, gerando os resultados demonstrados na Fig. 4.

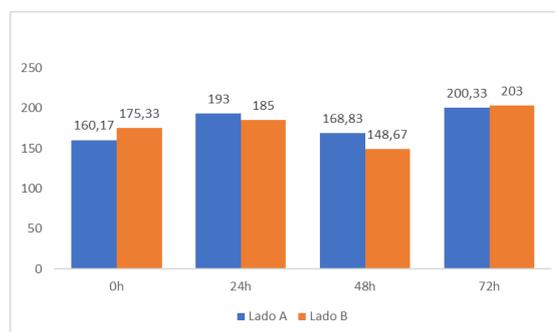


Figura 4 – Resistência à compressão

A moldagem dos corpos de prova no decorrer do tempo, com a diminuição de vazios e estabilizador e aumento da densidade, aos 28 dias, demonstraram maiores resistências na tração à flexão e na compressão. A argamassa feita na obra teve um desempenho de resistência superior por atingir seu potencial de resistência com menos tempo, sendo menos flexível e com menor potencial de absorver deformações, além de maiores possibilidades de fissuras de retração.

CONCLUSÕES

Os testes ao longo deste período de 72 horas relatados e comprovados demonstraram que, mesmo após vencer o prazo de utilização de 48 horas de estabilização da argamassa especificada pelo fabricante, ela ainda mantém seu potencial de resistência mínima exigida por norma e também sua plasticidade e trabalhabilidade, porém, com o aumento da densidade e diminuição de seu volume o revestimento perde quantidade de vazios se tornando mais pesado.

Mesmo os testes de resistência aderência à tração que não atingiram o valor mínimo de norma mostraram que possuem potencial para atingir, no caso das amostras hidratadas onde a umidade colaborou com o retardo do tempo de pega e o cimento ficou inerte, semelhante às resistências da argamassa feita na obra onde a hidratada teve um acréscimo de 22% a mais do que a não hidratada.

O desempenho quanto às resistências, nos testes da argamassa feita na obra, superou em muito a argamassa industrializada, pois obteve seu potencial aos 28 dias, o que não significa que é melhor que a industrializada já que com o passar do tempo pode alcançar resistências maiores. A vantagem da argamassa industrializada é a agilidade de produção e manuseio.

REFERÊNCIAS

SUQUET, P.M. Local and global aspects in the mathematical theory of plasticity – Plasticity today: modelling, methods and applications. **Elsevier Applied Science Publishers**. In Sawczuk A. and Bianchi G. editors, 1985, 279–310.

ZOHDI, T.I. **Computational modeling and design of new random microheterogeneous materials**. CISM Course Notes, 2002.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****SIMULAÇÃO ESTÁTICA DE TRELIÇAS 2D E 3D
COM PROGRAMAÇÃO DO MÉTODO DOS
ELEMENTOS FINITOS EM LINGUAGEM MAPLE**

Aluno: Paulo Henrique Soligo
Orientador: Prof. Dr. Tancredo Westphal Junior

INTRODUÇÃO

Dentre os métodos mais utilizados na solução de problemas relativos à teoria da elasticidade e mecânica dos sólidos destaca-se o Método dos Elementos Finitos (MEF). Segundo Logan (2007), formulações baseadas neste método resultam em um sistema de equações algébricas, cuja resolução é relativamente mais simples do que a solução das equações diferenciais que regem os problemas.

A análise de estruturas pode ser vista como uma simulação computacional do comportamento de estruturas. De acordo com Martha (2010), é importante estar ciente que não se concebe atualmente executar as tarefas de análise de estruturas, mesmo para o caso de estruturas reticuladas, sem o uso de computador e de computação gráfica.

Com as mudanças de concepções estruturais e exigências de verificação mais precisas do comportamento das estruturas, existe uma procura crescente por sistemas computacionais com recursos para análise estática e dinâmica. Existem no mercado ferramentas (computadores e softwares) disponíveis desenvolvidas para resolver problemas específicos como é o caso do software *Maple*, que constitui um ambiente computacional de expressões algébricas e simbólicas, permitindo a plotagem de gráficos em duas ou três dimensões.

A partir da programação *Maple* vem sendo elaborado um sistema para a análise de treliças pelo MEF, denominado MEFSIM (Método dos Elementos Finitos – Simulação Sistema *Maple*). O sistema que está em desenvolvimento possui três módulos com diferentes finalidades, sendo o MEFSIM-Pré responsável pela modelagem da estrutura, o MEFSIM-MEF pela realização dos cálculos através do MEF e o MEFSIM-Pós pela plotagem dos gráficos e diagramas.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada consiste na programação do MEF para um elemento finito e matriz de rigidez de uma barra 2D, Figura (1) e Eq.(1), em um programa de Cálculo Algébrico e Simbólico (CAS), plataforma *Maple*, que combina um poderoso motor matemático com uma interface que o torna extremamente fácil para analisar, explorar, visualizar e resolver problemas matemáticos, dando origem ao programa MEFSIM. A principal vantagem desse ambiente é possuir uma linguagem de programação de alto nível, exigindo que o usuário tenha apenas conhecimentos básicos de programação, não sendo necessário usar técnicas avançadas de programação e estruturas de dados.

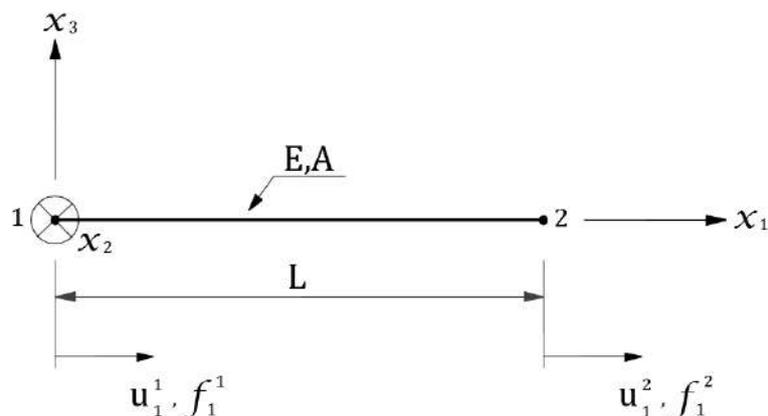


Figura 1 – Elemento finito de barra

$$K = T^T K' T = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

De acordo com Oñate (2009), o MEF é um procedimento de solução numérica para equações que regem os problemas achados na natureza, normalmente 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.

Quando referenciado à análise estrutural, o MEF é utilizado para a discretização do sistema estrutural e implementação do modelo mecânico que simula o seu comportamento, sendo um método eficaz para cálculo dos deslocamentos e tensões.

Uma das maneiras de se descrever o equilíbrio de uma estrutura, seja para cada elemento que a compõe ou para a mesma como um todo, é utilizado o Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV). Esse princípio afirma que o trabalho realizado pelas tensões internas, durante uma deformação virtual do corpo em questão, iguala-se ao trabalho realizado pelas ações externas (forças e momentos) durante o deslocamento ou giro virtual (COOK *et al.*, 1989). Assim, o equacionamento do MEF pode ser feito a partir do PTV.

O programa MEFSIM tem por função a resolução de problemas estruturais de treliças 2D e 3D utilizando o MEF, possuindo três módulos com diferentes finalidades implementados completamente na plataforma *Maple*. O primeiro é o módulo pré-processador, MEFSIM-Pré, responsável pela modelagem da estrutura, o segundo é o módulo processador, MEFSIM-MEF, que realiza os cálculos pelo MEF da estrutura gerada anteriormente, e o terceiro é o módulo pós-processador, MEFSIM-Pós, responsável pelo cálculo das forças nas barras, pela representação gráfica dos dados obtidos e posteriormente, em futuros trabalhos, pela representação da deformação da estrutura.

O *Maple* é um programa versátil, onde pode-se explorar computação algébrica, numérica, gráficos, possuindo os mais variados tipos de linguagens e métodos de cálculo. Devido a esta versatilidade, o *Maple* tem encontrado grande aplicação, tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista educacional. Com a programação *Maple* é possível inserir dados diretamente no ambiente de trabalho, através de janelas denominadas *Maplets*, conforme a Figura 2, requisitando os valores e tornando o sistema em um ambiente interativo bastante amigável.

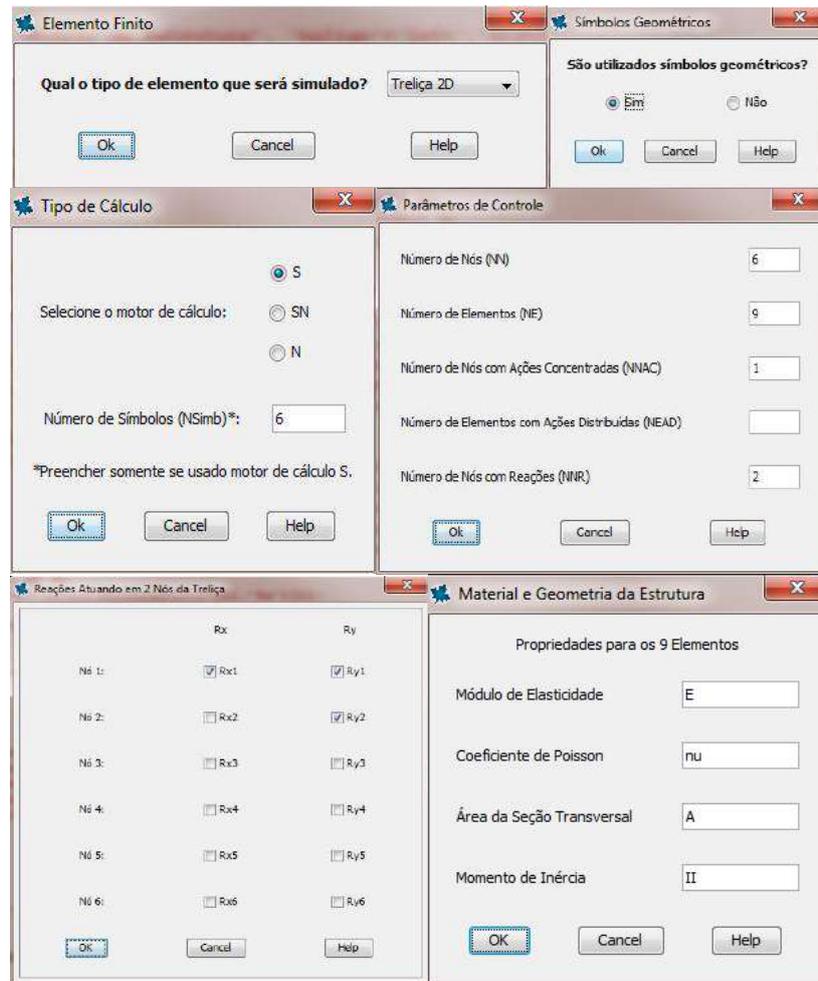


Figura 2 – Exemplos de *Maplets*

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a finalidade de validar os resultados obtidos pelo sistema em desenvolvimento, foram considerados exemplos apresentados por diversos autores com diversas combinações de forças e vinculações. Na sequência são apresentados problemas de treliça 2D e 3D.

Usando o motor de cálculo simbólico, foi considerado um exemplo apresentado por Soriano (2010) com algumas modificações, conforme a Figura 3. Como comparação dos resultados, esse problema foi resolvido no programa Ftool, sendo um bom comparativo para os resultados obtidos pelo MEFSIM. Em virtude do Ftool não realizar cálculos na forma simbólica foram adotados valores de $P = 10 \text{ kN}$ e $L = 1,00 \text{ m}$ para verificação.

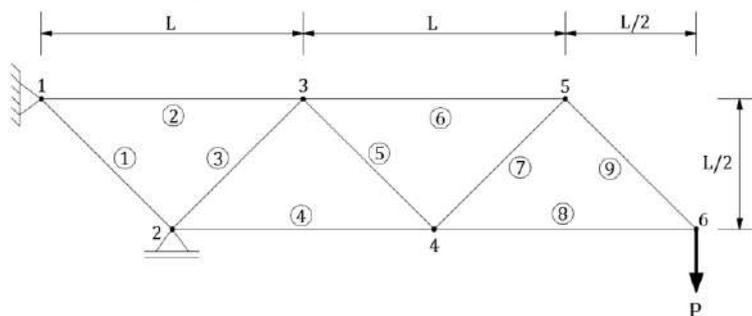


Figura 3 – Exemplo de treliça 2D

Nas Figuras 4a e 4b são apresentados os resultados obtidos pelo MEFSIM e pelo Ftool respectivamente. Ao substituir os valores adotados no Ftool nos obtidos pelo MEFSIM tem-se valores idênticos, apresentando o sistema em desenvolvimento a vantagem do cálculo simbólico, podendo substituir os símbolos por qualquer valor.

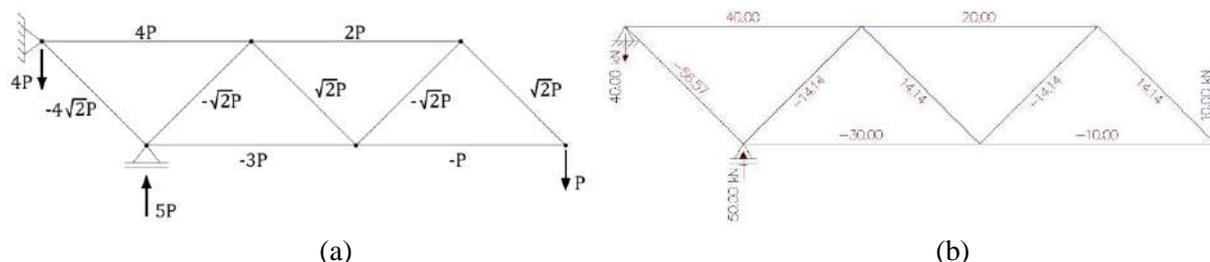


Figura 4 – (a) Valores simbólicos obtidos pelo MEFSIM (b) Valores obtidos pelo Ftool adotando valores numéricos de $P = 10 \text{ kN}$ e $L = 1,00 \text{ m}$

Para análise de treliças 3D é apresentado uma torre de transmissão apresentada por Pappalardo Júnior e Agnelo (2014), onde a discretização da estrutura é mostrada na Figura 5a. O problema que serviu de exemplo foi resolvido utilizando linguagem Python e visualização através do Visualization Toolkit (VTK), sendo um bom comparativo para os resultados obtidos pelo MEFSIM. Na Figura 5b é apresentada a modelagem da estrutura pelo MEFSIM, que serve como conferência após o lançamento dos dados.

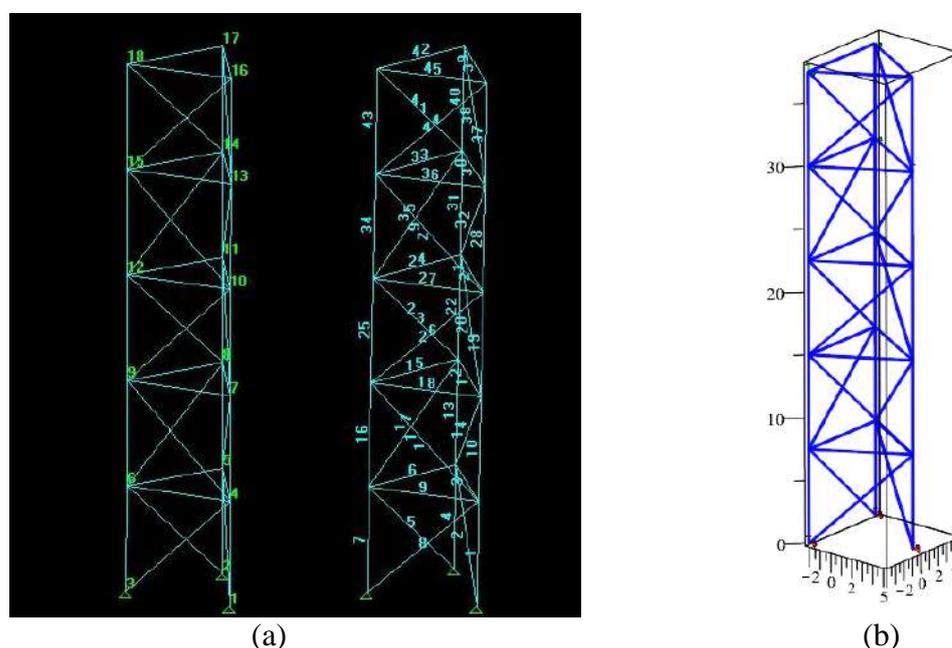


Figura 5 – (a) Discretização da torre de transmissão (b) Modelagem da estrutura pelo MEFSIM

Como foi academicamente proposto por Pappalardo Júnior e Agnelo (2014), no nó 13 é aplicada uma carga de -4 kN na direção y , no nó 18 na direção y e uma carga de -3 kN e nos nós 14, 15, 17 e 18 cargas de 2 kN na direção x . Os nós 1, 2 e 3 encontram-se engastados. Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos pelo MEFSIM. Considerando quatro casas decimais os resultados obtidos foram idênticos aos apresentados por Pappalardo Júnior e Agnelo (2014). O primeiro GDL de cada nó se refere à direção x , o segundo a direção z e o terceiro a direção y .

GDL	Forças Nodais (kN)	Barra	Forças nas Barras (kN)
1	-4,0000	1	-39,5556
2	2,3093	2	-6,4098
3	44,0000	3	0,0000
4	0,0000	4	20,0000
5	-20,0000	5	0,0000
6	-4,0000	6	0,0000
7	-2,3093	7	12,5556
8	-17,0000	8	6,4098
9	0,0000	9	0,0000
10	0,0000	10	-30,6667
11	0,0000	11	-6,4098
12	0,0000	12	0,0000
13	0,0000	13	11,1111
14	0,0000	14	6,4098
15	0,0000	15	0,0000
16	0,0000	16	12,5556
17	0,0000	17	0,0000
18	0,0000	18	0,0000
19	0,0000	19	3,6667
20	0,0000	20	6,4098
21	0,0000	21	0,0000
22	0,0000	22	11,1111
23	0,0000	23	0,0000
24	0,0000	24	0,0000
25	0,0000	25	3,6667
26	0,0000	26	6,4098
27	0,0000	27	0,0000
28	0,0000	28	-12,8889
29	0,0000	29	-6,4098
30	0,0000	30	-2,3094
31	0,0000	31	2,2222
32	0,0000	32	6,4098
33	0,0000	33	1,1547
34	0,0000	34	3,6667
35	0,0000	35	0,0000
36	0,0000	36	0,0000
37	0,0000	37	-2,2222
38	0,0000	38	-3,2049
39	-4,000	39	0,0000
40	2,000	40	2,2222
41	0,0000	41	0,0000
42	0,0000	42	1,1547
43	2,0000	43	-3,0000
44	0,0000	44	3,2049
45	0,0000	45	-2,3094
46	0,0000	-	-
47	0,0000	-	-
48	0,0000	-	-
49	2,0000	-	-
50	0,0000	-	-
51	0,0000	-	-
52	2,0000	-	-
53	0,0000	-	-
54	-3,0000	-	-

Assim como para treliças 2D, comprova-se a eficácia do sistema em desenvolvimento para treliças 3D, comparando com a literatura e com outros programas também desenvolvidos para fins acadêmicos.

CONCLUSÕES

O MEFSIM mostrou-se um programa versátil, disponibilizando de todas as ferramentas e bibliotecas necessárias para a implementação computacional do MEF para treliças 2D e 3D. O estudo realizado mostrou como são processadas as etapas do programa e o que foi resolvido em cada uma delas, desde a discretização do elemento finito, aquisição dos dados, montagem das matrizes e verificação da solução.

Quando comparado com a bibliografia disponível, o processamento no modo simbólico reproduziu fielmente os resultados, comprovando a eficácia do programa. Da mesma forma, quando comparado com programas comerciais de análise por elementos finitos, no caso presente o Ftool, os resultados foram condizentes.

Concluindo, para um leigo na utilização de programas de simulação de treliças 2D e 3D com elementos finitos, o MEFSIM é de utilização simples e rápida, possuindo como vantagem sobre outros programas educacionais ou até mesmo comerciais, a possibilidade de cálculo no processamento simbólico.

REFERÊNCIAS

COOK, R.D.; MALKUS, D.S.; PLESHA, M.E.; WITT, R.J. **Concepts and applications of finite element analysis**. 4. ed. Nova Iorque: John Wiley, 1989.

LOGAN, D.L. **A first course in the finite element method**. 4. ed. Plateville: Thomson, 2007.

MARTHA, L.F. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

OÑATE, E. **Structural analysis with the finite element method. Linear statics. Volume 1. Beams, plates and shells**. Springer, 2009.

PAPPALARDO JÚNIOR, A.; AGNELO, D.P. **Desenvolvimento de programa de análise de treliças espaciais**. Trabalho Final de Disciplina. Faculdade de Engenharia de São Paulo. São Paulo, 2014.

SORIANO, H.L. **Estática das estruturas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADO MIÚDO
POR RESÍDUO DE VIDRO MOÍDO NA PRODUÇÃO
DE ARGAMASSA****Aluna: Priscila Ongaratto Trentin****Bolsistas de Iniciação Científica: Bruno Marangoni****Alessandra Zaleski****Orientadora: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

O crescimento industrial vem acompanhado de avanços tecnológicos e científicos que visam melhorar a qualidade de vida da população em geral. Uma das consequências desse processo é a geração de grande quantidade de resíduos, danosos ou não ao meio ambiente e à vida da população (BARDINI e MARCHIORO, 2007).

Nas últimas décadas, a consciência ecológica dos consumidores vem crescendo e fazendo com que as autoridades e os setores produtivos busquem cada vez mais informações sobre os impactos ambientais associados aos processos produtivos, uso e descarte final dos produtos (PRADO, 2007).

O Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, ocupando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. Em 2010, apenas 47% do total de embalagens utilizadas no Brasil foram recicladas, ou seja, mais da metade dessas embalagens tem um destino inadequado (CEMPRE, 2017). Devido principalmente ao elevado custo do transporte até a reciclagem, impurezas e mistura de sucatas de cores diferentes que são difíceis de serem separadas, a maior parte do vidro é descartada, fazendo com que este seja um dos materiais de maior tempo de decomposição presente em aterros sanitários e outros depósitos (PINTO et al., 2008).

De acordo com Oliveira et al., 2007, o setor da construção civil é excelente para incorporar resíduos, pois pode aceitar grandes quantidades de materiais, sendo a técnica de encapsulamento de resíduos em artefatos de construção civil uma das mais promissoras.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de avaliar a viabilidade de incorporação dos mais diversos resíduos na construção civil. Entre eles destaca-se o vidro, que apresenta elevada durabilidade química, o que o torna capaz de compor materiais cimentícios como argamassas e concretos (SOUZA, 2016).

São inúmeras as vantagens advindas da utilização de resíduos como substituição às matérias-primas naturais. Fávero, 2009, destaca que a extração da areia causa grande impacto ambiental e sua disponibilidade diminui com o passar do tempo. Dessa forma, segundo o autor, a substituição da areia por resíduos diminuiria a poluição do solo, da água e do ar.

Dessa forma, o presente trabalho busca analisar soluções técnicas que permitam a utilização do resíduo de vidro moído como substituto parcial ao agregado miúdo na argamassa, aliando formas de crescimento sustentável à construção civil.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os materiais utilizados, assim como a metodologia de confecção dos corpos de prova de argamassa e dos ensaios realizados no desenvolvimento do trabalho.

Programa experimental

O programa experimental utilizado para o desenvolvimento do trabalho encontra-se na Fig. 1 a seguir relacionada.

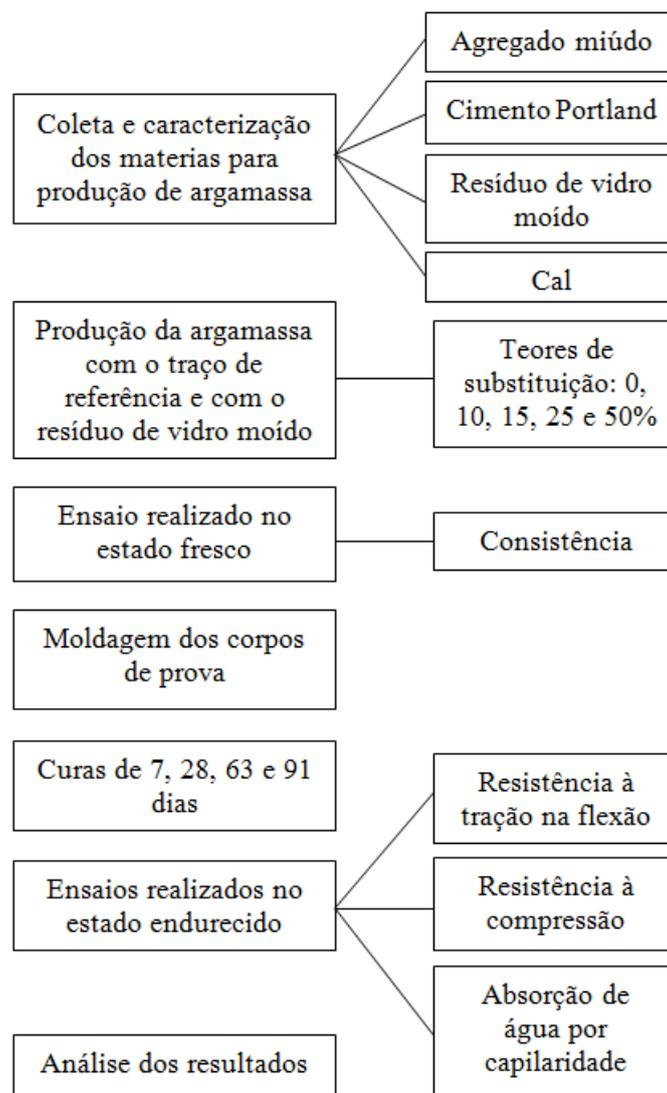


Figura 1 – Programa experimental

Materiais utilizados

Cimento Portland

O Cimento Portland Pozolânico Resistente a Sulfatos (CP IV-32 RS), que foi utilizado neste trabalho, tem baixo calor de hidratação, o que o torna bastante recomendável na concretagem de

grandes volumes e sob temperaturas elevadas. É bastante utilizado com agregados reativos e tem ótima resistência a meios agressivos, como, por exemplo, ataque por sulfatos. Além disso, é altamente eficiente em argamassas de assentamento e revestimento (com adequada redução do efeito de eflorescência), em concreto magro, concreto armado, concreto para pavimentos e solo cimento.

Cal

Neste trabalho foi utilizada a cal hidratada CH III.

Agregado miúdo natural e resíduo de vidro moído

O agregado miúdo que foi utilizado neste trabalho é a areia média natural de origem quartzosa, chamada comercialmente de areia média. Já o resíduo de vidro proveio da moagem de garrafas long neck que foram recolhidas em um posto de combustíveis na cidade de Aratiba/RS. A Tabela 1 a seguir relacionada mostra o comparativo entre os dois materiais utilizados.

Tabela 1 – Caracterização da areia média e do resíduo de vidro moído

Abertura da Peneira (mm)	Agregado miúdo natural		Resíduo de vidro moído	
	% Retida	% Acumulada	% Retida	% Acumulada
6,30	0	0	0	0
4,75	0,15	0,15	0	0
2,36	2,17	2,32	0	0
1,18	7,67	9,99	20,50	20,50
0,60	13,14	23,12	22,02	42,52
0,30	48,05	71,18	26,71	69,23
0,15	20,34	91,52	26,34	95,56
Fundo	8,47	100,00	4,44	100,00
Total	100,00		100,00	
Dimensão máxima característica (mm)		2,36		2,36
Massa específica (g/cm ³)		2,59		2,41
Massa unitária (g/cm ³)		1,52		1,28
Módulo de finura		1,98		2,28
O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.				
O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.				
O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.				

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão que foi realizado a fim de verificar a viabilidade de utilização do resíduo de vidro moído como substituição ao agregado miúdo natural na produção de argamassa.

Nas argamassas pode-se associar a resistência à compressão às retrações hidráulicas que o sistema sofre em consequência da perda de água de amassamento, por evaporação, absorção do substrato, ventos e alta temperatura. Segundo Koller et al., 2007, a resistência à compressão está diretamente relacionada com a durabilidade e a segurança, é, portanto, um fator que indica a existência, ou não, de alguma patologia relacionada à argamassa.

A Fig. 2 a seguir relacionada mostra a influência isolada do teor de substituição de agregado miúdo pelo resíduo de vidro moído sobre a resistência à compressão das argamassas, a partir da análise estatística (ANOVA).

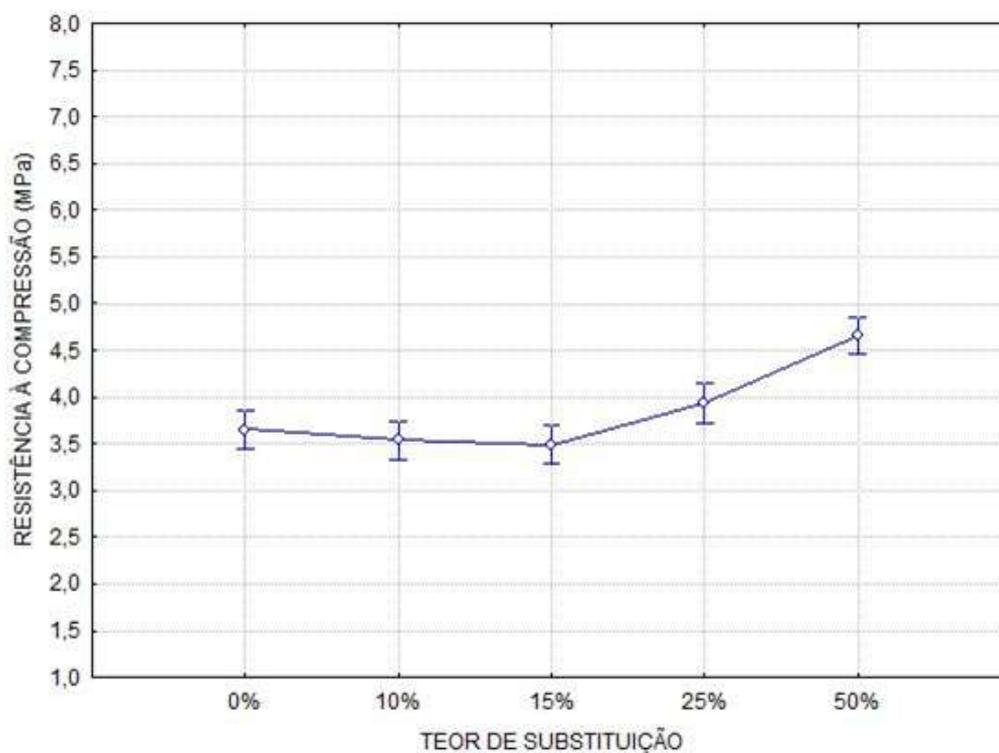


Figura 2 – Influência do teor de substituição sobre a resistência à compressão

Analisando a Fig. 2, pode-se observar que os teores de substituição de 0, 10, 15 e 25% são estatisticamente iguais entre si. Destaca-se apenas o teor de substituição de 50%, que apresentou o melhor resultado de resistência à compressão das argamassas, sendo 27,38% superior ao traço de referência.

Segundo Mehta e Monteiro, 2014, existe uma relação inversa entre porosidade e resistência dos sólidos e a resistência à compressão das argamassas está diretamente ligada à porosidade da mistura. Dessa forma, como o resíduo de vidro moído apresentou melhor distribuição granulométrica em comparação com o agregado miúdo natural utilizado, o aumento do teor de substituição melhorou o empacotamento da mistura e reduziu os vazios e a quantidade de água utilizada, o que justifica o aumento da resistência à compressão nos teores de 25 e 50%.

De acordo com López et al., 2005, existe uma curva granulométrica ideal para o agregado miúdo, que leva a uma diminuição dos vazios da mistura. No caso dos teores de 10% e 15%, essa curva granulométrica ideal pode não ter sido atingida em virtude da quantidade insuficiente de finos, que não preencheram completamente os vazios da mistura, o que justifica a leve queda na resistência em relação ao traço de referência.

A Fig. 3 a seguir relacionada mostra a influência isolada do tempo de cura sobre a resistência à compressão das argamassas, a partir da análise estatística (ANOVA).

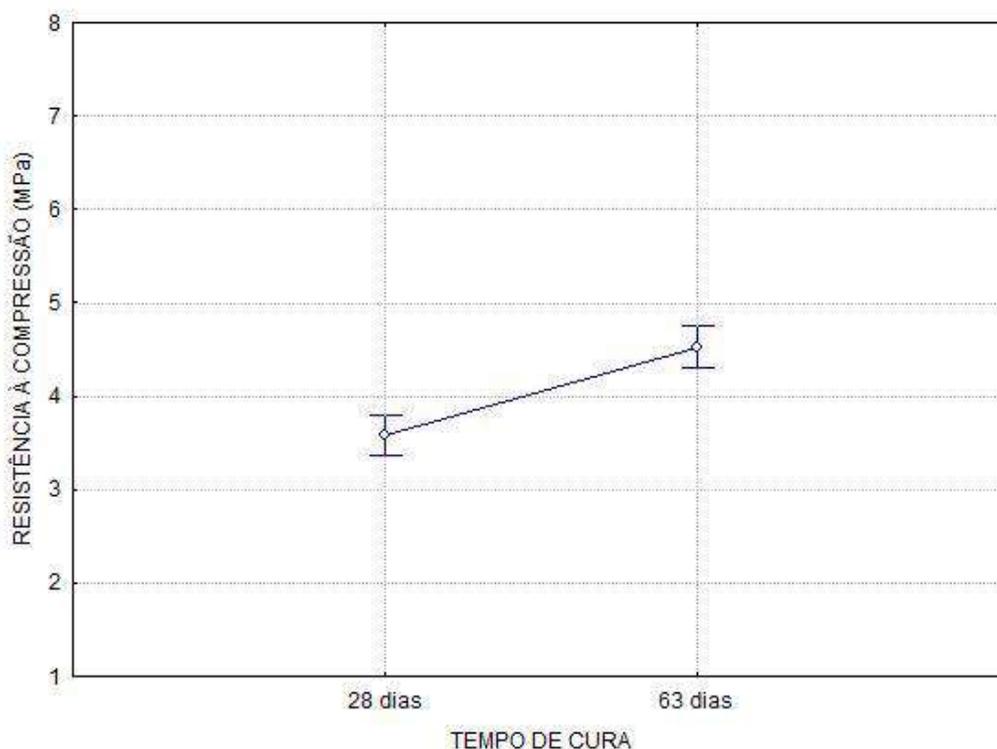


Figura 3 – Influência do tempo de cura sobre a resistência à compressão

Analisando a Fig. 3, pode-se observar que a resistência à compressão aos 63 dias aumentou 26,18% em relação ao tempo de cura de 28 dias.

Segundo Fávero, 2009, a sílica ativa é uma excelente pozolana, altamente reativa e que confere ótimos ganhos de resistência e, de acordo com Santos, 2003, o principal componente de fabricação do vidro é a sílica. Dessa forma, o aumento de resistência ao longo do tempo deve-se ao efeito pozolânico gerado pelo resíduo de vidro.

CONCLUSÕES

Ao apresentar uma solução econômica e ambientalmente eficiente para o descarte das garrafas long neck, avaliou-se a substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa nos teores de 0, 10, 15, 25 e 50% e nos tempos de cura de 28 e 63 dias. As principais conclusões deste trabalho são:

Com relação à resistência à compressão, considerando todos os teores de substituição de agregado miúdo por resíduo de vidro moído, o melhor resultado foi obtido com o teor de 50% de substituição, que é 27,38% maior do que o traço de referência. Os demais teores de substituição são estatisticamente iguais ao traço de referência.

Quanto ao tempo de cura, a resistência à compressão das argamassas aumentou ao longo do tempo devido ao efeito pozolânico gerado pela utilização do resíduo de vidro moído.

Ao final deste trabalho, pode-se concluir que a utilização de resíduo de vidro moído das garrafas long neck em substituição ao agregado miúdo na produção de argamassa é viável, pois, além de melhorar significativamente a resistência das argamassas em relação ao traço de referência, é ambientalmente vantajoso. De acordo com Okada, 2013, tem-se atualmente a necessidade de reduzir resíduos industriais sem impedir o progresso tecnológico, diminuindo assim, o impacto ambiental promovido pelo descarte de materiais e reduzindo os custos de produção de argamassas para a crescente demanda da construção civil.

REFERÊNCIAS

BARDINI, I. S. e MARCHIORO, T. B. **Um estudo exploratório de uso de vidro reciclado como agregado de concreto.** 2007. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2007.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

FÁVERO, R. B. **Avaliação da utilização de sucata de vidro como adição mineral frente à sílica ativa e como agregado miúdo artificial na produção de materiais à base de cimento.** 2009. 77f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

KOLLER, D. R. P.; PILECCO, D. S.; BOHRER, D.; DE GODOY, J.; FENSTERSEIFER, C. A. J.; BARROSO, L. B. **Avaliação da resistência à compressão de argamassas produzidas com vidro moído.** Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 8, n. 1, 2007.

LÓPEZ, D. A. R.; DE AZEVEDO, C.A. P.; BARBOSA NETO, E. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro moído como agregado fino.** Revista Cerâmica, São Paulo, v. 51, 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto:** Microestrutura, Propriedades e Materiais, 3 ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2014.

OKADA, E. M.; CHIBLI P. A.; BASTOS, L. A. C.; ELIANE, R. F.; FONTES, W. C.; PEIXOTO, R. A. F. **Produção de argamassa aditivada com resíduo de fibra de vidro pós-processada.** X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA, L. T.; SILVA, J. B.; IDE, C. N. Avaliação das Propriedades Físicas de Corpos de Prova com a Adição de Lodo de Reciclo de Cromo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 51., 2007, Salvador. **Anais...** Salvador: ABC, 2007.

PINTO, J. L. A.; MASUERO, A. B.; HASPARYK, N. P. Aproveitamento de resíduo de vidro em compósitos de cimento e a preservação do meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: IBRACON, 2008.

PRADO, M. R. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e pet utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil.** 2007. 188f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SOUZA, T. M. **Análise das propriedades mecânicas de argamassas com adição de vidro triturado.** 2016. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Araruna, 2016.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS



ANÁLISE DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO NO PAVER.



Aluno: Rafael Colet

Alunos de Iniciação Científica: Bruno Marangoni

Alessandra Zaleski

Orientador: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

No contexto atual, a crescente demanda da construção civil fez com que a mesma gerasse um acúmulo excessivo de resíduos de materiais provenientes de restos de obras ou demolições. Devido a esta questão, surgiu a necessidade de se encontrar uma destinação correta e sustentável para estes. O início da utilização dos RCD ocorreu pós-guerra, na década de 1940, na Europa, onde centros urbanos foram totalmente ou parcialmente destruídos. A grande massa de escombros e a falta de espaço a ser utilizado como depósito para os agregados trouxe a ideia e a oportunidade de utilização dos RCD proporcionando a consequente redução do uso dos agregados naturais. No Brasil, ainda é baixa a utilização de processos de reciclagem dos RCD, aproveitando-se, atualmente, menos de 10% dos resíduos gerados (FERREIRA, 2013).

O aprofundamento deste estudo e pesquisa na área de reciclagem de RCD, como substituição da brita natural pela reciclada no paver, contribui diretamente no incentivo à reutilização destes materiais nas diversas atividades da construção civil, como uma nova matéria prima, reduzindo custos e impactos ambientais causados pelo acúmulo destes resíduos em locais inadequados.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a possibilidade de utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) em substituição parcial e total do agregado graúdo na fabricação de pisos intertravados para a construção civil. Comparando o desempenho dos pavers produzidos com RCD e o paver de referência, como também avaliando estatisticamente o ensaio de resistência característica a compressão.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo tem como objetivo expor os materiais e as metodologias utilizadas na realização da parte experimental desta pesquisa, que envolveu a incorporação de resíduos de construção e demolição como substituição parcial e total do agregado graúdo na produção de pisos intertravados. Para ter êxito e alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa a metodologia experimental foi estabelecida a partir dos procedimentos de identificação e caracterização dos agregados de RCD, para posterior definição dos traços para uso no pavimento intertravado.

Os ensaios foram realizados no LAPATEC (Laboratório de Preparação de Amostras e de Técnicas Construtivas) no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Análise de reaproveitamento de resíduos de construção e demolição na substituição do agregado graúdo no paver.

(URI). Todos os ensaios foram executados de acordo com as prescrições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O detalhamento do programa experimental encontra-se na Fig. 1 abaixo relacionada.



Figura 1 – Etapas para procedimento experimental.

O resíduo de construção e demolição utilizado na pesquisa foi coletado de uma indústria de coleta de resíduos, localizada na cidade de Passo Fundo/RS, e transportado até o Campus II da URI Erechim, o restante dos materiais foi adquirido pelo Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC), da URI Erechim. O agregado graúdo de RCD utilizado na pesquisa consiste em um material de origem de resíduos de construção e demolição, conforme as Figuras 2 e 3.



Figura 2 – RCD no local da britagem



Figura 3 – RCD secando no LAPATEC

Os resultados da caracterização física do RCD foram determinados através do ensaio de composição granulométrica, o qual segue as recomendações da norma NM 248 (2003). O módulo de finura obtido através da caracterização, demonstrou-se superior ao módulo de finura do agregado graúdo, observando assim que o resíduo de construção e demolição possui partículas de dimensões maiores. Em vista disso como a diferença do módulo de finura é pequena, as características

granulométricas são semelhantes e aceitáveis. Notou-se também que o RCD possui uma massa específica de 2,44 g/cm³, mostrando-se menor quando comparada com a massa específica da brita 0 de 2,73 g/cm³, o que torna os pavers com teores de substituição mais leves quando comparado ao de referência. Nestas condições se define que o resíduo se apresenta em conformidade para ser utilizado nesta pesquisa. A diferença granulométrica entre o RCD e a brita 0 convencional encontram-se dentro dos limites estabelecidos em norma.

Para essa pesquisa adotou-se para a elaboração do traço, o método de dosagem do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992). Esse método consiste no ajuste de curvas de resistência e trabalhabilidade do concreto em função dos materiais disponíveis.

Na Tab. 1 segue o traço definido, sendo: m - teor de materiais secos (m=a+p); a – areia; c – cimento; b0 – brita zero.

Relação a/c	m	Consumo de Cimento (kg/m ³)	α	Traço unitário			Quantidade de Material (kg)				
				c	a	b0	c	a	b0	Água (Kg)	Aditivo (%)
0,46	4	446,79	0,54	1	1,70	2,30	13,04	14,78	20	6,00	0,13

Tabela 1 – Traço definido pela dosagem experimental

Para a moldagem dos corpos de prova foram utilizados os seguintes materiais: cimento portland, areia média convencional, brita 0, água, aditivo e RCD. Seguindo os requisitos que seguem a NBR 9781 (2013) referente à moldagem e cura de corpos de prova. O procedimento consiste, primeiramente, em separar e untar com desmoldantes as fôrmas de pavers, sendo estas plásticas que visam à redução da variabilidade dimensional e proporcionam assim um melhor acabamento.

Anteriormente à moldagem, foi executado o preparo do RCD, deixando-o submerso em água por 24 horas para saturação, por ele ser considerado mais poroso que o material convencional, e apresentar índice de absorção de água superior ao material convencional, sugere-se que seja saturado e realizado o escorrimento com 10 minutos sob uma peneira, para evitar problemas de trabalhabilidade no momento da concretagem, portanto, alterando a relação água/cimento para cada porcentagem de substituição.

Para definir a quantidade de substituição de RCD adotou-se o processo de substituição em massa (kg). A Tab. 2 demonstra a quantidade de material adotada para cada substituição.

Teor de Substituição	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	RCD (Kg)	Aditivo (%)	Relação água cimento (a/c)
0%	9,44	16,04	21,70	0,00	0,013	0,46
25%	9,44	16,04	16,28	4,428	0,013	0,46
50%	9,44	16,04	10,85	8,856	0,013	0,46
100%	9,44	16,04	0,00	17,711	0,013	0,46

Tabela 2 – Quantidade de material utilizado.

Análise de reaproveitamento de resíduos de construção e demolição na substituição do agregado graúdo no paver.

O processo de adensamento foi realizado através do auxílio da mesa vibratória de modo a garantir uma mistura homogênea e adequada dos materiais. Após moldados e devidamente vibrados, os corpos de prova foram identificados com informações do seu teor de substituições utilizado. Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e posteriormente dispostos em câmara úmida, conforme Fig. 4, até completar o período de 28 dias para a realização do ensaio de compressão uniaxial.



Figura 4 – Corpos de prova desmoldados e dispostos em câmara úmida.

Para o ensaio de resistência característica a compressão foi feito o uso da norma NBR 9781 (2013), que especifica o método pelo qual devem ser ensaiados os corpos de prova cujo o formato é apresentado em forma de paver. Para a realização deste ensaio é necessário o conhecimento exato das dimensões dos corpos de prova, duas placas auxiliares com formato circular e uma prensa hidráulica que aplique uma força de compressão sobre os pavers. A NBR 9781 (2013) também determina que nas superfícies de carregamento seja preparado um capeamento com pasta de cimento segundo a NBR 5738 (2015), além da necessidade de o corpo de prova estar saturado em água no período de 24h anterior ao ensaio de rompimento.

O procedimento para realização do ensaio está descrito na NBR 9781/2013. A máquina adequada para o teste deve atender à ABNT NBR NM ISO 7500-1/2016. A Fig. 5 e a Fig. ilustram o ensaio realizado no LAPATEC da URI, no período de 28 dias após a concretagem dos corpos de prova.



Figura 5 – Ensaio de compressão.



Figura 6 – Corpo de prova rompido

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a fabricação dos pavers, foi priorizada a menor interferência possível, buscando repetir o mesmo procedimento de confecção para todos os traços, de modo a obter a máxima veracidade nos resultados, totalizando o uso de 24 corpos de prova, sendo 6 para cada teor de substituição.

A resistência à compressão uniaxial é a característica utilizada para relacionar a capacidade de um elemento em resistir a esforços, sem entrar em colapso. As médias da resistência à compressão foram obtidas através da média aritmética e desvio padrão, onde os resultados encontram-se na Tab. 3.

Teor de substituição (%)	Resistência média (MPa)	Desvio Padrão
0	32,62	± 1,23
25	31,40	± 0,81
50	27,75	± 0,96
100	22,70	± 0,65

Tabela 3 – Resistência à compressão aos 28 dias.

Verifica-se na Tab. 3, que a resistência à compressão para o teor de 25% obteve um decréscimo de 3,74%, se comparados ao valor de referência com teor de 0%. Já os teores de 50% e 100% de substituição diminuíram a resistência média perante a referência em 14,93% e 30,41%, respectivamente. Através do método de variância simples, é possível observar na Fig. 7, a influência do teor de substituição de RCD sobre a resistência à compressão uniaxial.

Análise de reaproveitamento de resíduos de construção e demolição na substituição do agregado graúdo no paver.

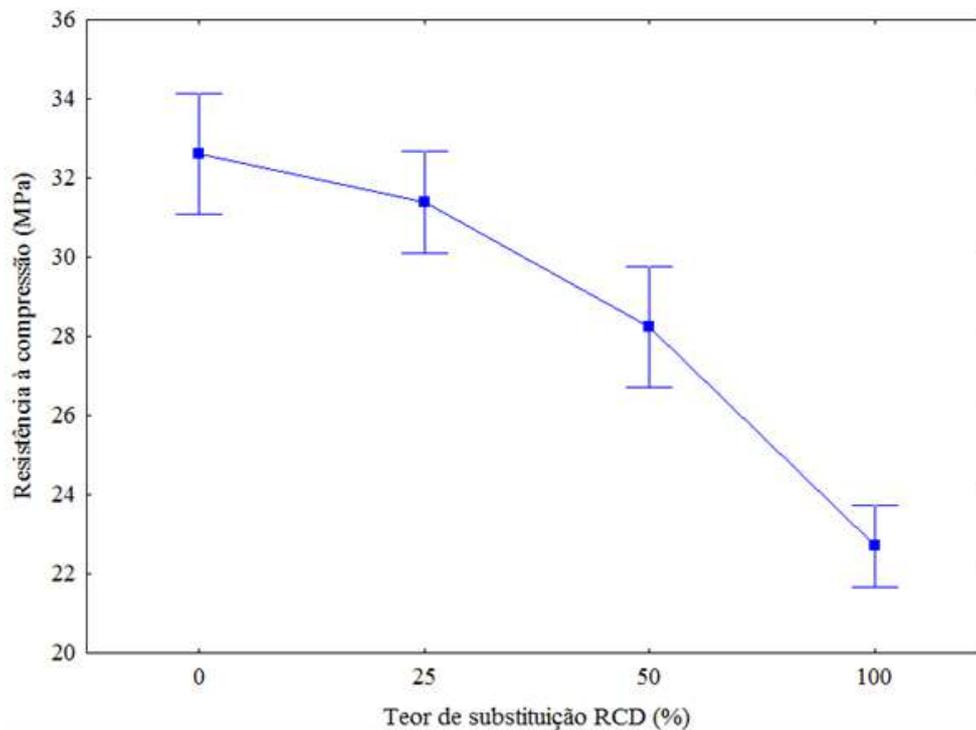


Figura 7 – Efeito do teor de substituição do RCD na resistência à compressão.

Sendo assim, percebe-se que a substituição de 100% do RCD exerceu influência na resistência à compressão uniaxial, isto ocorreu devido as características do agregado de RCD utilizado para a produção dos concretos, que apresentou maior percentual de absorção de água (12,07%), cerca de 3x mais, quando comparado ao agregado graúdo natural (2,53%), sendo desta maneira um material mais poroso. Segundo Mehta e Monteiro (2008), a resistência à compressão é uma das propriedades do concreto que está inter-relacionada com a porosidade do agregado utilizado para produção do concreto. Os agregados de origem natural, normalmente são mais densos e resistentes, portanto raramente são fatores limitantes da resistência dos concretos.

Segundo o método de Tukey, que avalia a diferença significativa entre duas médias de tratamento e assim analisando se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes, o qual atesta se um teor pode ser substituído por outro sem perder suas características, pode-se considerar que o teor de 0% e 25% não diferem estatisticamente a nível de 95% de confiança, no entanto, os teores de 50% e 100% diferem estatisticamente dos demais.

Países como Austrália e África do Sul, que dominam essa técnica de fabricação e vem utilizando a pavimentação com pavers há muito mais tempo que o Brasil, dispõem de normas que especificam resistências mínimas de 25 MPa, atingindo outros ensaios importantes como por exemplo, desgaste por abrasão e expansão dos agregados por umidade (FIORITI et al., 2006). Desta forma os traços produzidos com 25% e 50% de RCD demonstraram-se vantajosos para confecção de paver, atingindo uma resistência à compressão de 31,40 Mpa e 27,75 Mpa, respectivamente.

CONCLUSÕES

Devido à insuficiente utilização e destinação inadequada dos resíduos sólidos produzidos pela construção civil, o presente trabalho incorporou conceitos ambientais e sociais, buscando um produto que pudesse utilizar estes materiais que, muitas vezes, não são reutilizados.

Quanto ao comportamento das peças através do ensaio à compressão, assim verifica-se uma baixa resistência quando comparado com o que a norma NBR 9781 (ABNT, 2013) estabelece, com resistência mínima de 35 MPa. Porém, nem o teor de referência atingiu o exigido pela norma, assim deveria ser feito o traço de referência para assim atingir o que prescreve a norma.

Portanto, o emprego do agregado graúdo reciclado, proveniente de resíduo da construção e demolição, na produção de novos concretos destinados à confecção de blocos de concreto para a pavimentação intertravada, mostra-se uma alternativa bastante viável, com uma substituição aceitável de 25% comparado ao teor de 0%. Por apresentar uma densidade menor do que o paver de referência os pavers com teores de substituição apresentam-se vantajosos pois facilitam o carregamento, transporte além de diminuir os esforços gerados pelo peso próprio para o solo. Porém, é necessário destacar que o agregado reciclado apresenta uma composição distinta que depende do método produtivo e da região em que for reciclado, podendo acarretar mudanças significativas no comportamento do concreto.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. 26f. Rio de Janeiro, 2013.

FERREIRA, L. V. **Concreto e Graute estruturais produzidos com agregado de resíduos de construção e demolição**. Centro universitário de Brasília - Faculdade de tecnologia e ciências sociais aplicadas – FATECS, Brasília, 2013.

FIORITI, C.F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 202f. Tese (Doutorado) – Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestruturas, Propriedades e Materiais**. 1º ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

ANÁLISE COMPARATIVA DE COMPOSIÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO RS – TABELA SINAPI X PREÇOS DE MERCADO

Aluno: Ramon Zanella Abrão

Orientador: Prof. Esp. Cristiano Zordan Chiochetta

INTRODUÇÃO

O bom conhecimento dos custos de um empreendimento se torna cada vez mais indispensável, para que no final da execução não haja surpresas financeiras desagradáveis, sendo esse o motivo que torna o orçamento um assunto de suma importância. Neste contexto, que inicia com a elaboração de um projeto, deve-se dar destaque ao orçamento, para então se conhecer o real custo que um empreendimento terá. É nessa linha que esse trabalho tende a se fundamentar, tendo como objetivo principal analisar se o Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) atende ao mercado local da cidade de Erechim-RS. O SINAPI é uma ferramenta pública que possui abrangência nacional e apresenta os custos de materiais e mão-de-obra para cada estado brasileiro, com pesquisa de preços realizada em suas respectivas capitais. Por este motivo, é necessário estudar o orçamento de uma obra com custos do local onde será implantando o projeto, comparando com os custos que são fornecidos pelo SINAPI, referentes à região metropolitana. Sendo assim, neste trabalho foram coletados apenas os custos de materiais fornecidos pelo SINAPI do mês de outubro, com base em um projeto de uma escola padrão do Governo Federal com 1.129,64m².

MATERIAL E MÉTODOS

A planilha orçamentária foi desenvolvida a partir de um projeto de uma escola padrão do Governo Federal, esse projeto refere-se a um espaço físico, destinado a alunos do ensino fundamental, com salas de aula, banheiros, salas administrativas e espaço para recreação. O Intuito da pesquisa foi comparar os preços disponibilizados pela tabela SINAPI com os preços praticados no município de Erechim/RS. A planilha orçamentária contém a discriminação das composições para o projeto padrão utilizado, local para inserção dos quantitativos, unidade, códigos do SINAPI, coeficientes, preços unitários e totais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise comparativa para os custos dos insumos e composições das planilhas orçamentárias de preço SINAPI e preço de mercado local, é possível realizar uma comparação do custo total global da obra. O custo total da obra irá determinar se a plataforma do SINAPI é ideal para ser utilizada na elaboração de orçamentos para o município de Erechim/RS. A figura 1 apresenta os 14 itens que constituem a planilha orçamentária, com o preço total de cada item orçado pela plataforma do SINAPI e pelo mercado local, assim como suas diferenças em unidade monetária e porcentagem.

ITEM	DESCRIÇÃO	%	PREÇO	PREÇO	DIFERENÇA
			SINAPI	LOCAL	%
1.0	FUNDAÇÕES	8,67%	52.239,24	62.339,37	19,33%
2.0	SUPERESTRUTURA	13,40%	80.715,91	89.789,59	11,24%
3.0	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL (PAREDES)	6,86%	41.349,58	40.393,07	-2,31%
4.0	ESQUADRIAS	11,46%	69.029,87	80.664,70	16,85%
5.0	SISTEMAS DE COBERTURA	27,87%	167.928,59	217.993,14	29,81%
6.0	IMPERMEABILIZAÇÃO	3,40%	20.458,72	15.056,98	-26,40%
7.0	REVESTIMENTOS INTERNOS E EXTERNOS	11,52%	69.423,87	79.474,83	14,48%
8.0	SISTEMAS DE PISOS INTERNOS E EXTERNOS	4,49%	27.068,13	37.530,89	38,65%
9.0	PINTURA	2,44%	14.684,24	14.359,50	-2,21%
10.0	INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	0,65%	3.938,01	5.264,52	33,68%
11.0	INSTALAÇÃO SANITÁRIA	0,93%	5.578,18	7.139,09	27,98%
12.0	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	5,46%	32.885,37	35.520,08	8,01%
13.0	SPDA	2,64%	15.903,74	20.646,59	29,82%
14.0	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	0,20%	1.231,44	1.382,04	12,23%
		100,00%	602.434,87	707.554,38	17,45%

Figura 1 – Comparativo do preço por item e total da obra.

Para facilitar a compreensão dos resultados da figura 1 apresenta-se o gráfico da figura 2, com o comparativo do total de cada item entre o preço SINAPI e o preço Local.

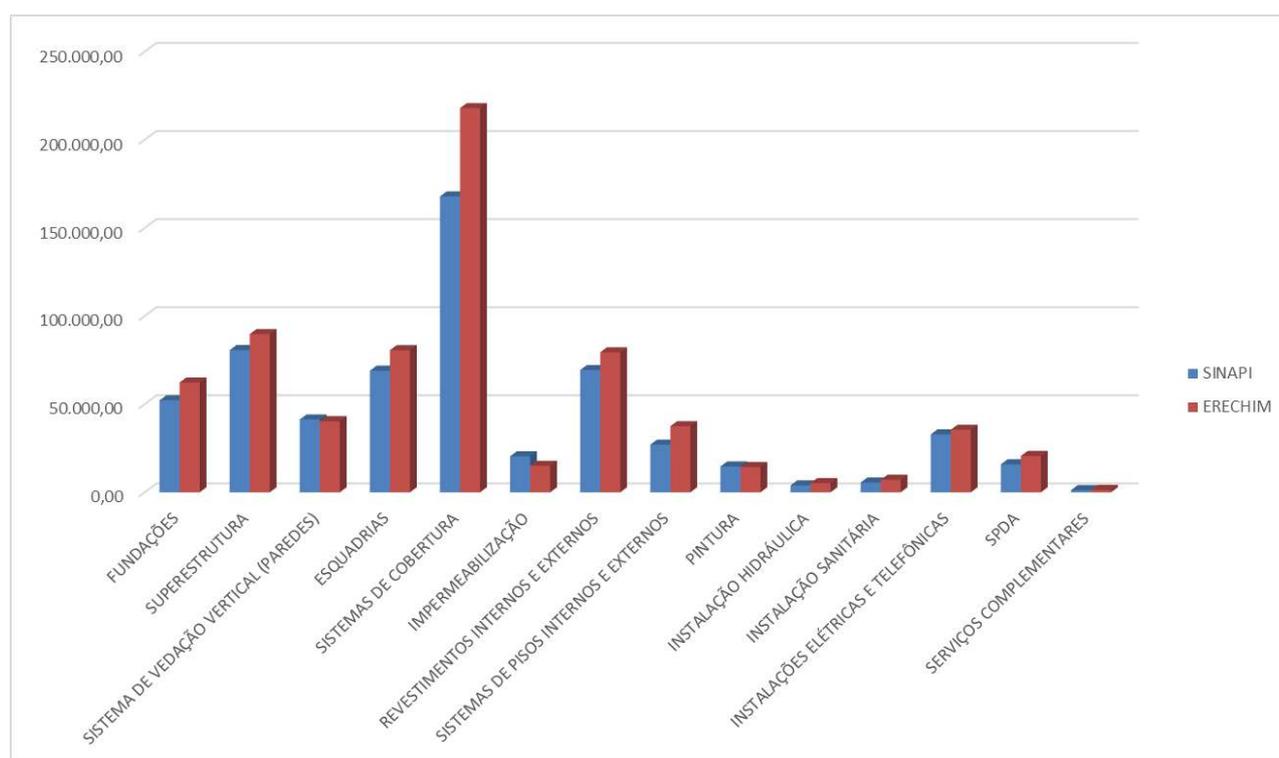


Figura 2 – Gráfico comparativo dos itens entre o SINAPI e os preços praticados em Erechim/RS.

Como pode se observar na figura 1 os itens fundações, superestrutura, esquadrias, sistemas de cobertura, revestimentos internos e externos, instalação hidráulica, instalação sanitária, instalações elétricas e telefônicas, SPDA e serviços complementares todos obtiveram seu preço no mercado local maior do que o preço fornecido pela tabela SINAPI. Sendo que em alguns deles a diferença foi maior que 30%. Os itens de instalação hidráulica, instalação sanitária e SPDA também tiveram grandes variações nos preços, porém representam apenas 4,22% do total da obra, sendo assim não causando grandes problemas no orçamento. Em apenas três itens o preço do SINAPI foi maior que o preço local, sendo eles, sistema de vedação, impermeabilização e pintura, observando-se que em dois deles a diferença foi menor que 3%. Entretanto estes três itens representam apenas 12,70% do preço total

da obra. No preço total da obra, o preço local ficou R\$ 105.119,52 maior que o preço praticado pelo SINAPI, representando 17,45%.

CONCLUSÕES

Após uma análise comparativa constatou-se que alguns preços praticados pelo SINAPI estão bem distantes dos encontrados no município de Erechim/RS, dando ênfase para a matéria prima como areia, pedra britada, madeira, entre outros. O maior volume financeiro da obra encontra-se na parte estrutural e cobertura, justamente onde está presente o concreto (areia média, pedra britada n.1 e cimento) e a estrutura de madeira composta por caibros. Apesar de alguns itens apresentarem pouca diferença de preço, lembra-se que os preços encontrados são os mais baratos de cada estabelecimento, não levando em conta a qualidade das marcas. Com a apresentação dos custos de todos os itens da planilha orçamentária analítica, é possível comparar o custo total da obra entre os dois orçamentos. Assim, o custo total para o orçamento do SINAPI foi de R\$ 602.434,87 e para o município de Erechim/RS foi de R\$ 707.554,38. Sugere-se como solução para orçamentos futuros do Governo Federal adequar o orçamento para cada região brasileira, sendo assim teríamos um orçamento e projeto para o Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte, em vez de ter apenas um projeto e orçamento idêntico para todo o território brasileiro. Outra possível solução seria fragmentar as regiões abrangidas pelo SINAPI, adotando diversas “sub-capitais” no interior de cada estado, pois, adotar o preço das capitais como base para todo o seu respectivo estado não foi o melhor método de se obter um orçamento aproximado de uma obra localizada no interior do estado.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/default.shtm>> Acesso em: 10 out. 2017.

SINAPI. Índices da construção civil. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2017.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS



UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ENGENHARIA CIVIL

Aluno: Renato Zarpellon

Orientador: Prof. Me. Aparecido da Silva Júnior



INTRODUÇÃO

Os métodos para obtenção de informações de um determinado local ou área têm passado por uma constante modernização devido à popularização de instrumentos para mensuração de área, sendo assim cada equipamento que se utiliza de tal tecnologia possui características que influenciam na qualidade e precisão de seus dados.

Atualmente, devido à crescente evolução e demanda de serviços topográficos, a tecnologia moderna nos permite a obtenção de dados de forma ágil e bastante simples e é de fundamental importância para o desenvolvimento de atividades em diversos campos de trabalho e finalidades, nas áreas de construção civil, meio ambiente, geoprocessamento, mapeamento, levantamento topográfico, dentre outros. No entanto, ainda não se tem um consenso geral sobre a precisão dessas informações para que as mesmas possam ser utilizadas de maneira confiável, contudo há a necessidade de avaliar a precisão de cada método através de levantamento de dados para que os usuários possam utilizá-los mantendo a qualidade e a precisão. Serviços de topografia representam menos de 1% dos gastos em obras, porém os resultados gerados no levantamento possuem enorme responsabilidade sobre todas as etapas posteriores do projeto. Logo é indispensável que essa etapa seja realizada com a melhor acuidade e precisão possível.

O desenvolvimento deste trabalho se justifica para avaliar a acurácia de quatro formas de levantamentos topográficos, através do Google Earth, SRTM e ASTER, comparando com GNSS devido sua alta precisão em relação ao datum SIRGAS 2000, verificando a utilidade de cada método para a realização de trabalhos na Engenharia Civil.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foi realizado levantamento de coordenadas planialtimétricas a campo em dez pontos determinados dentro dos limites do Campus II da URI Erechim, conforme apresentado na Figura 1, para posterior análise quanto acurácia entre os diferentes métodos de obtenção dos dados da área experimental. O levantamento foi realizado com o equipamento GNSS modelo South S86S e através de sensores orbitais como o SRTM, ASTER e o programa Google Earth Pro. Para realizar comparações planimétricas utilizou Google Earth Pro e coordenadas obtidas por GNSS. Com as imagens de satélite ASTER, SRTM, Google Earth Pro e dados obtidos por GNSS foram realizadas comparações altimétricas, para cada ponto determinado no local de estudo.



Figura 1 – Pontos do levantamento no Campus II da URI.

Para realizar o levantamento das coordenadas dos pontos em análise foi utilizado um aparelho GNSS de dupla frequência (L1/L2) da marca South modelo S86S, usando uma máscara de elevação de 15°, sendo esse valor previamente fixado no receptor, e taxa de coleta foi configurada de 5 em 5 segundos no modo estático, altura do receptor variável com anotação dos valores em cada local de coleta no receptor. Foram coletados 10 pontos respeitando um tempo previamente estabelecido de no mínimo 40 minutos de permanência para coleta.

Posteriormente os dados de origem do GNSS foram copiados para o notebook, e houve a conversão dos dados para arquivo RINEX (Receiver Independent Exchange Format) com auxílio do programa ToRinex, afim converter no formato utilizado para integrar dados de receptores de diferentes fabricantes. O processamento dos pontos pelo método relativo foi realizado estático utilizando o software Topcon Tools. Para a correção dos pontos se faz necessário a utilização de uma base RBMC, pois foi utilizado somente um receptor. A base escolhida foi a SCCH, determinada pela menor distância do experimento localizada no município de Chapeco/SC a uma distância de 65 km em linha reta. O processamento pelo software TopconTools fornece o desvio padrão de cada componente posicional.

Com auxílio do programa Topcon Tools versão 8.2.3 (versão demo), com nível de confiança de 95% e capacidade de processamento de quatro pontos concomitantemente, foi possível visualizar os pontos, e conhecer as coordenadas individuais de cada ponto em unidade Universal Transversa de Mercator (UTM). Para processamento dos dados foi utilizado como Datum e os parâmetros de referências do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Os levantamentos realizados através de técnicas de sensoriamento remoto foram realizados com o Google Earth Pro ASTER e SRTM, utilizados para análise do trabalho. Os dados obtidos através da Missão Topográfica SRTM foram adquiridos gratuitamente, com resolução espacial de 90 metros, em formato geotiff com unidade de altitude em metro, em sistema de Coordenadas Geográficas e articulação a escala 1:250.000, Datum Vertical WGS 84 (World Geodetic System 1984) junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por satélite da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) no âmbito da Coleção “Brasil em Relevo”.

Os dados de elevação provenientes do sensor ASTER, com resolução espacial de 30 metros, também foram adquiridos gratuitamente, em formato geotiff com unidade de altitude em metros, em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum Horizontal WGS-84 (World Geodetic System 1984) e Datum Vertical EGM96 (Earth Gravitational Model 1996), foram obtidos através do site do ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center).

O outro método utilizado para a obtenção das coordenadas dos pontos analisados foi o programa Google Earth Pro, que informa as coordenadas planialtimétricas, no sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), após a inserção de um marcador, a altitude do ponto de

visão utilizada varia conforme com que se é capaz de obter a melhor visualização possível dos detalhes da imagem de acordo com a altimetria do relevo. Vale ressaltar que esse é um processo totalmente visual, podendo mudar, de um usuário para outro dependendo da fotointerpretação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados, a seguir, são oriundos de levantamento planialtimétrico realizado no Câmpus II da URI Erechim, com finalidade de comparar a acurácia de diferentes métodos de levantamento para fins de obras civis. Após levantamento em campo, realizado com GNSS, e por meio de métodos de sensoriamento remoto, foi realizado o processamento de dados com auxílio de softwares (ToRinex, Topcon Tools, Google Earth Pro e ArcGIS 9.3). A adoção do datum planimétrico SIRGAS 2000 e da projeção UTM foi um procedimento padrão para todos os dados utilizados neste trabalho. Souza (2010) destaca que desde o estabelecimento do sistema GPS (Global Positioning System), o seu Sistema Geodésico de Referência (WGS84) já passou por três atualizações, com vistas a refinar sua realização, ou seja, o SIRGAS 2000 E WGS84, são próximas, isto é, $DX=0$, $DY=0$ e $DZ=0$.

A Figura 2 mostra a área de levantamento realizado com o GNSS e identifica todos os pontos que serviram para análise do estudo.

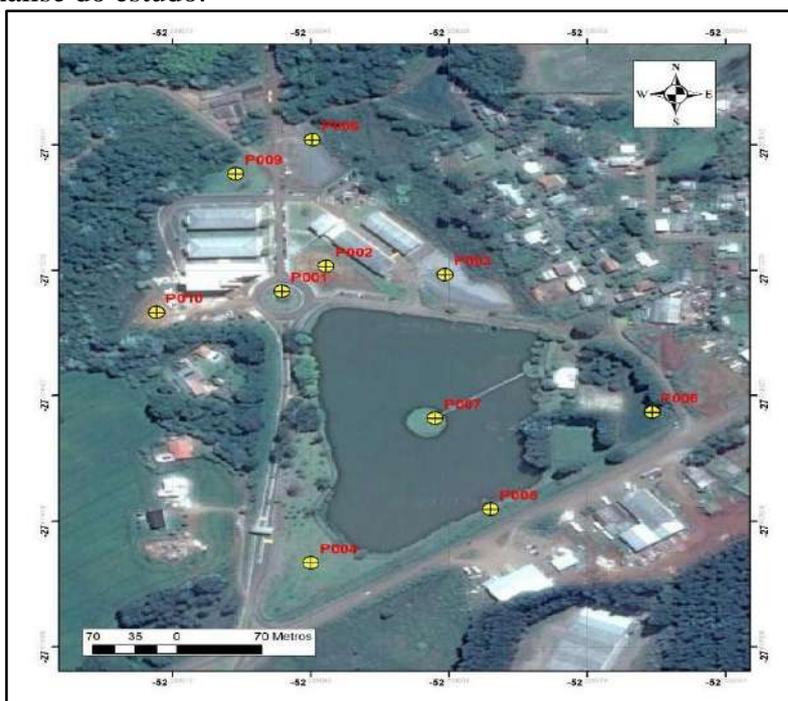


Figura 2 - Mapa dos pontos de coleta das coordenadas

Na Figura 3 é possível observar os valores dos pontos obtidos pelo GNSS, SRTM, ASTER e Google Earth Pro, onde verificou-se que os dados do Google Earth Pro são os que mais se aproximam dos dados coletados pelo GNSS, sendo os dados aferidos com o ASTER foram os que mais distantes dos valores do GNSS.

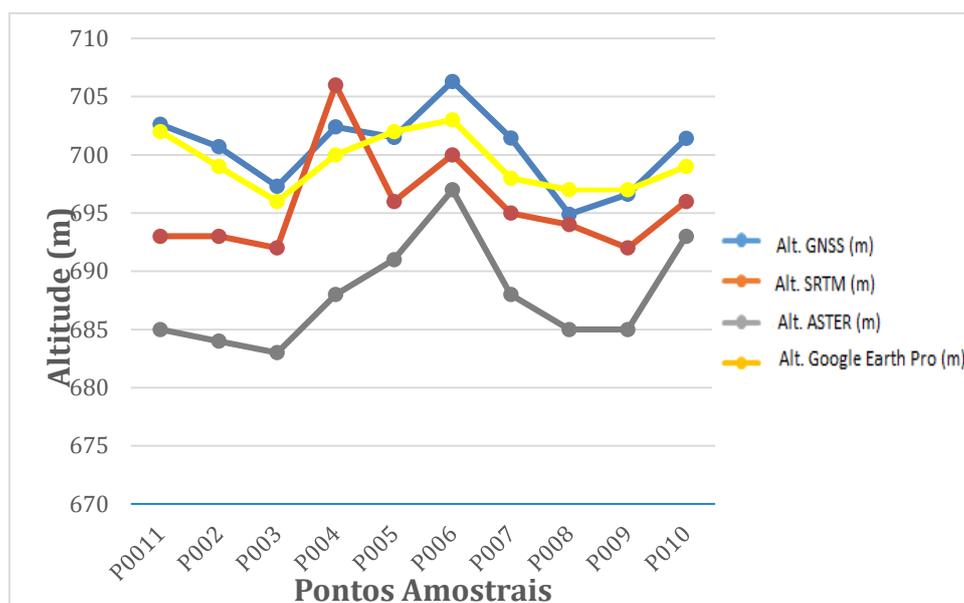


Figura 3 – Variabilidade altimétrica dos pontos amostrais.

No trabalho realizado por Sousa, Rocha e Gomes (2015), sobre comparações de dados de altimetria, de áreas afetadas por inundação, observou-se que dados de SRTM comparados com GNSS apresentam diferença média de 9,161m sendo consideradas diferenças elevadas. Neste estudo a diferença foi de 4,82m, que pode ser justificada em relação ao estudo de Sousa, Rocha e Gomes (2015), em decorrência da amostragem, visto que o tamanho das áreas estudadas é diferente. Segundo Pinto (2012) refere que nenhum dos métodos - ASTER, SRTM, Google Earth Pro, é igual ao levantamento realizado por GNSS. Isso demonstra que a obtenção de dados altimétricos por meio destas técnicas ainda necessitam de aprimoramento para fornecerem dados mais confiáveis. O que denota mais estudos de caso para averiguar a aplicabilidade de cada método.

Para levantamento planimétrico os dados médios mostram diferença pouco elevadas, quando comparados os dados Google Earth Pro aos dados do GNSS, o que aponta boa relação entre si. Entretanto, foram observadas algumas limitações no entendimento destes produtos. O ponto P010 apresentou grande diferença quando comparado aos demais, o que pode ser justificado pela possibilidade de ocorrer sobreposição na formação da imagem.

A Tabela 1 mostra a diferença entre as coordenadas obtidas com levantamento planimétrico através do GNSS e das imagens de satélite do programa Google Earth Pro.

Método	GNSS		Google Earth Pro		Diferença (m)	
	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude
P001	378702,42	6945015,08	378702,46	6945014,73	-0,04	0,35
P002	378734,86	6945041,47	378731,75	6945047,26	3,11	-5,79
P003	378822,56	6945033,72	378818,25	6945042,27	4,31	-8,55
P004	378726,70	6944729,47	378728,90	6944731,61	-2,20	-2,14
P005	378858,76	6944787,10	378853,93	6944789,07	4,83	-1,97
P006	378976,49	6944890,14	378973,66	6944897,04	2,83	-6,90
P007	378816,69	6944882,30	378811,06	6944883,31	5,63	-1,01
P008	378723,45	6945174,37	378721,06	6945173,35	2,39	1,02
P009	378667,31	6945138,02	378664,39	6945143,38	2,92	-5,36
P010	378610,21	6944991,85	378600,88	6945007,24	9,33	-15,39
MÉDIA					3,31	-4,58
MAXIMA					9,33	-15,39
MINIMA					-0,04	0,35

Tabela 1 - Diferença planimétrica entre GNSS e Google Earth Pro

Para comparativo entre GNSS e o Google Earth Pro a média das diferenças entre todos os pontos para latitude foi de -4,58m, já a diferença mínima foi no ponto P001 foi de 0,35m, e a diferença máxima foi no ponto P010 de -15,39m. Para a longitude a média das diferenças para todos os pontos foi de 3,31m; já a diferença mínima foi no ponto P001 de -0,04m; e a diferença máxima também no ponto P010 9,33m. Ou seja, a precisão média para a longitude foi 27,7% melhor do que para latitude.

Mendonça e Santos (2017), trabalhando com análise comparativa entre poligonais obtidas pelo Google Earth Pro e GNSS, consideraram que os dados de aproximação entre os mesmos foram muito próximos, o que se assemelha aos achados deste estudo onde os dados do Google Earth Pro e GNSS foram similares.

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que é de fundamental importância o georreferenciamento de pontos para uso como base/referência nos levantamentos topográficos. O estudo possibilitou perceber que o surgimento de novas tecnologias permite o desenvolvimento de técnicas e métodos que necessitam de menos tempo a campo, ou que muitas vezes, nem há a necessidade de estar no local que se deseja obter informações, entre eles tem se destacado alguns como Google Earth Pro, SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) e o ASTER (Advanced Spaceborn e Thermal Emission and Reflection Radiometer) pela facilidade de acesso, bem como por possibilitarem levantamento de dados de forma gratuita, porém há a necessidade de averiguar a precisão desses métodos.

Os valores dos pontos das áreas georreferenciadas obtidos com o uso de GNSS para altimetria foram muito próximos dos valores das poligonais obtidas através do aplicativo Google Earth Pro. Verificou-se que os resultados obtidos convergem com as informações encontradas na literatura, contudo, mesmo assim o seu uso deve ser cauteloso, com restrições, e somente ser utilizado nas atividades que não necessitem de um posicionamento de precisão milimétrico. Tais serviços devem ser executados com equipamentos que condizem com a importância e acurácia exigidas, como necessita a engenharia.

Na análise geral nenhum dos métodos é igual ao GNSS, com exceção de alguns pontos que obtiveram resultado muito próximo. Os dados oriundos do Google Earth Pro apresentaram melhor precisão do que os do SRTM e ASTER, quando comparado aos dados altimétricos do GNSS.

Para o levantamento planimétrico realizado com GNSS e Google Earth o que para a engenharia, onde se faz necessário ter precisão, o erro apresentado é bastante grande. Já para planejamento de projetos voltados para a infraestrutura, dentre elas a implantação de rede viária ou estradas, rede elétrica, estudo de barragens o uso de imagem possibilita isto.

Nesta perspectiva, é significativo aos trabalhos de levantamento, visando o mapeamento para um anteprojeto, planejamento e estudo de uma obra, pelo uso das técnicas de Sensoriamento Remoto e Georreferenciamento. As informações decorrentes propiciam um planejamento eficaz e economicamente viável, podendo muitas vezes suprir as necessidades do engenheiro quanto a sua utilização para as atividades frequentes de planejamento de um projeto, por se tratarem de ferramentas simples e economicamente viáveis para estas atribuições.

REFERÊNCIAS

SOUSA, R.V.B.; ROCHA, P.C.; GOMES, L.N. Comparação de dados de altimetria para identificação de áreas urbanas afetadas por inundação. **Anais...** XI Encontro Nacional da Ampege, 2015. Disponível em: <<http://www.enanpege.ggf.br/2015/anais/arquivos/19/551.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

PINTO, L.M. **Altimetria com topografia convencional e sensionamento remoto. Dissertação.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2012.

MENDONÇA, C.H.C.O.; SANTOS R.F. Análise comparativa entre poligonais obtidas pelo google Earth pro, receptor gnss de precisão e receptor gnss de navegação. Semana acadêmica, v.1, 2017. Disponível em: <http://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_-_analise_comparativa_entre_poligonais_obtidas_pelo_google_earth_pro.pdf>. Acesso em: 25 nov 2017.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DE DESEMPENHO DO CONCRETO
BETUMINOSO USINADO A QUENTE ADITIVADO E APLICADO A FRIO
NA EXECUÇÃO DE REPAROS DE PATOLOGIAS DO TIPO PANELA****Aluno: Ricardo Caian Crestani****Orientador: Fabiano da Silva Jorge****INTRODUÇÃO**

Atualmente, de acordo com a Confederação Nacional de Transportes (2014), 61,1% de todo o produto transportado no Brasil escoar por meio da malha rodoviária, sendo o modal responsável por escoar grande parte do produto produzido no país, se tornando essencial para o desenvolvimento da economia. Em contrapartida, segundo a CNT (2014) em sua avaliação da qualidade do pavimento no ano de 2016, indicou que 48,3% da malha pavimentada do Brasil apresenta alguma patologia no revestimento, tendo classificação regular, ruim ou péssimo. Por este motivo, o estudo sobre o desenvolvimento de materiais e métodos de reparo do pavimento evoluiu muito, resultando em materiais que facilitam a manutenção da rodovia, mesmo em condições climáticas onde anteriormente não era recomendada a execução do pavimento. Deste princípio surgiu o Concreto Betuminoso Usinado a Quente aditivado e aplicado à frio (CBUQAF), um novo conceito em pavimentação, que tem o intuito de solucionar todos os empecilhos encontrados durante a manutenção do pavimento. Seu desempenho será testado e analisado tanto em laboratório como em pista no presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Pavimentação (LAPAV) da URI – Câmpus de Erechim, através ensaios mecânicos para a análise da resistência a tração, teor de betume e fluência e estabilidade do CBUQAF e se o material atende as especificações de desempenho da Norma DNIT 031/2004, que regulamenta as especificações de serviço do concreto asfáltico. Também foram realizados ensaios físicos para a análise da granulometria, densidade aparente e volume de vazios do CBUQAF, analisando o enquadramento da mistura na Faixa “C” do DNIT.

Foram adquiridas quatro amostras, sendo as amostras A e B do fornecedor 2, porém com data de fabricação diferentes, com o intuito de verificar se o armazenamento influenciaria no desempenho do material. A amostra C foi adquirida com o intuito de verificar se a diferente composição e diferentes processos de fabricação do material influenciaria no desempenho do material. Após foi adquirida a amostra R, de mesmo fornecedor da amostra C para a realização dos reparos em pista. Após a realização dos testes em laboratório foram executados os reparos em patologias do tipo panela e analisado o seu desempenho na conservação dos reparos durante doze semanas. Os reparos foram executados de quatro modos diferentes com o intuito de verificar se o diferente método de execução influenciaria nos resultados e também testar o maior número de propriedades do material.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto a análise granulométrica, todas as quatro amostras não se adequaram a faixa “C” DNIT, não apresentando retenção nas peneiras de maior abertura, apresentando falta de agregado graúdo, não obtendo uma curva granulométrica densa e bem graduada, prejudicando o desempenho do material (Figura 1).

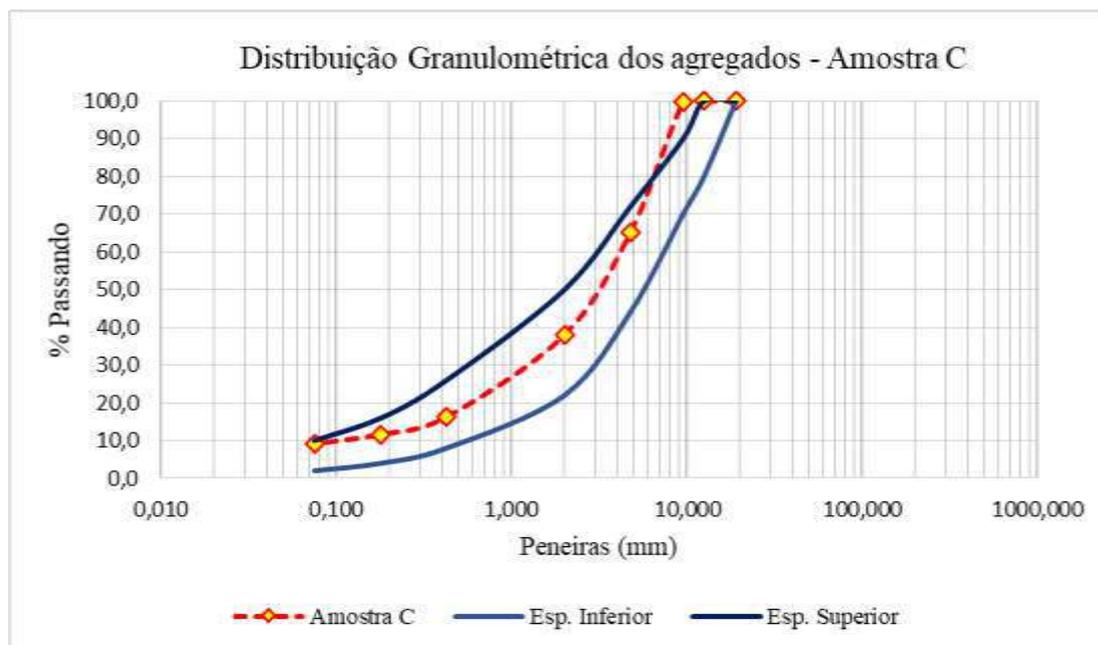


Figura 1 – Distribuição granulométrica dos agregados da amostra C.

Segundo Vasconcelos Chowdhury et al. (2001 apud Vasconcelos, 2004), 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.

Quanto ao teor de betume, duas das quatro amostras analisadas não apresentaram teor dentro do limite preconizado pela norma, prejudicando sua fluência, estabilidade e resistência a tração.

	Peso amostra (g)	Peso amostra seca (g)	Solúvel (g)	% Ligante
Amostra A	821,8	789,9	31,9	3,9
Amostra B	812,3	781,7	30,6	3,8
Amostra C	977,6	930,1	47,5	4,9
Amostra R	965,0	918,0	47,0	4,9
Teor de Betume (%) DNER-043				4,5 a 9

Tabela 1 – Teor de betume

Harvey (1995 apud Nowakoski, 2006), através de estudos da influência do teor de CAP no desempenho do revestimento conclui que a variação de -1% no teor de ligante resulta em uma redução de 12% na vida de fadiga do revestimento, prejudicando seu desempenho e tornando a necessidade de manutenção com um curto espaço de tempo.

Quanto a estabilidade, nenhuma das quatro amostras apresentou desempenho acima dos 500 kgf requeridas pela Norma DNIT 031/2006 – ES. Em contrapartida, as amostras C e R, do fornecedor 2 apresentaram respectivamente melhora de 33% e 41%, na estabilidade do material, isso com o aumento de 1% do teor de betume, demonstrando o quão importante é a etapa de usinagem e a dosagem correta do teor de ligante.

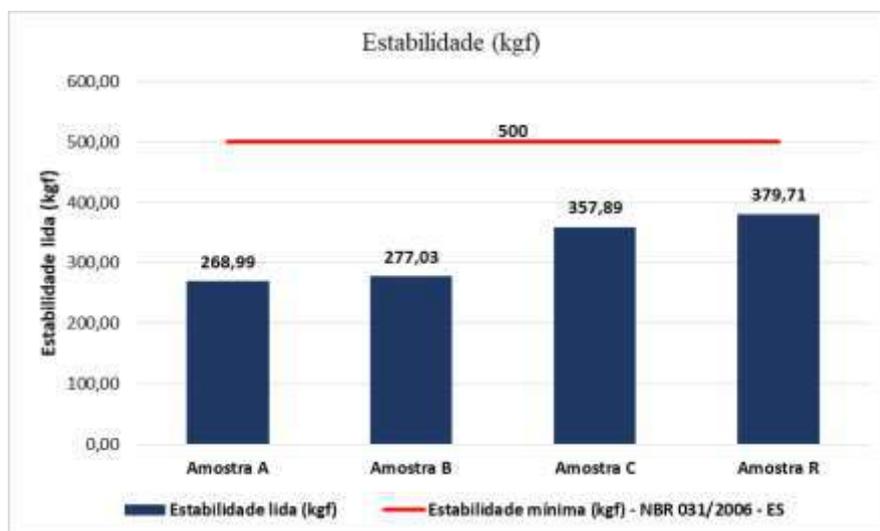


Figura 2 – Estabilidade.

As amostras A e B apresentaram maior deformação até o rompimento, que se deve ao baixo teor de betume contido na amostra e também a falta de agregado graúdo, deficiência presente nas quatro amostras analisadas. Já as amostras C e R apresentaram fluência dentro do limite estipulado em norma, demonstrando a importância do teor de betume na composição do CBUQAF. A figura 3 apresenta os resultados obtidos para a fluência, em centésimo de polegadas (0,01’’).

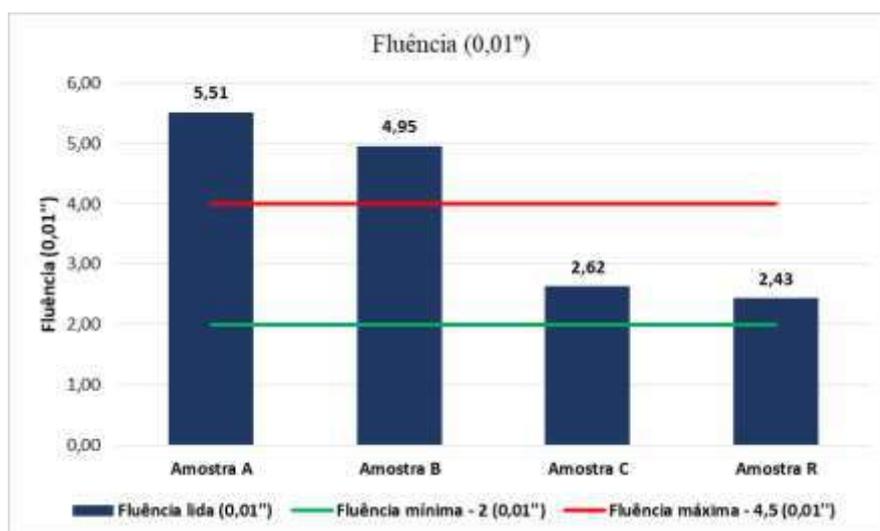


Figura 3 – Fluência.

Quanto a resistência a tração, as amostras C e R, mesmo não sendo significativos para atingir a resistência de 0,650 MPa definida pela norma, apresentaram melhora de 48% e 55% em

comparação as amostras A e B, novamente reforçando a importância da dosagem do teor de betume, melhorando a ligação entre os agregados. Mesmo assim, as quatro amostras apresentaram a resistência a tração muito abaixo da exigida na Norma DNIT 031/2006 – ES, não atendendo a resistência mínima exigida para o CBUQ.

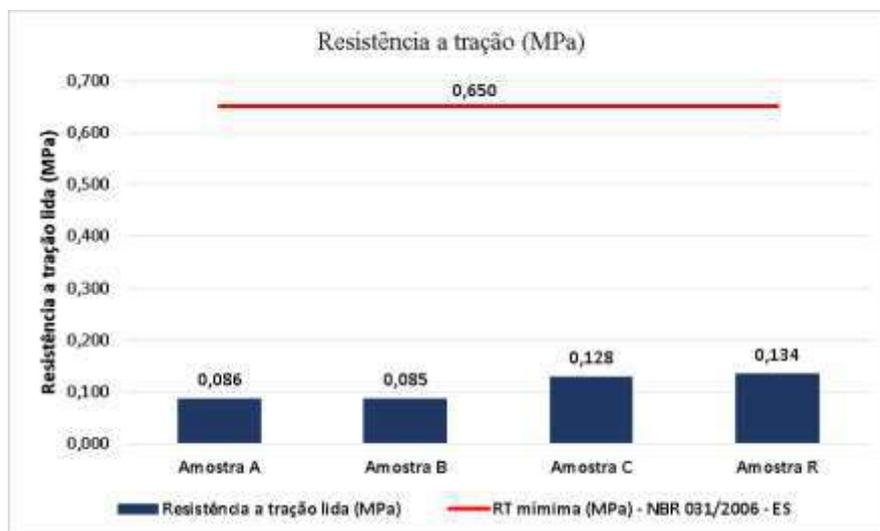


Figura 4 – Resistência a tração por compressão diametral.

Em resumo, foi observado que as falhas na execução da mistura causaram sérios danos ao desempenho do material, estas falhas foram refletidas no desempenho dos reparos realizados em pista, como demonstrado a seguir.

O reparo 1 apresentou uma pequena desagregação da borda do reparo, sem erosão, causando um rompimento entre o reparo e o pavimento existente. O reparo apresentou afundamento de trilha de roda de 20,8 mm.

No reparo 2 (Figura 5) as falhas apresentadas no reparo 1 se repetiram, mas em uma menor escala. O afundamento da trilha de roda foi de 9,30 mm, e a erosão de bordo observada se encontrava ainda em estado inicial. Neste reparo também não foram identificadas trincas e o mesmo também evitou a propagação das trincas do entorno, mesmo sendo executado sem requadramento como orienta o manual de restauração do DNIT.



Figura 5 – Reparo 2.

O reparo 3 foi prejudicado pelo descolamento da interface pavimento/reparo, causado pela falta de pintura de ligação e/ou teor de betume abaixo do teor ótimo, que também pode ter sido causado pela não remoção das partículas finas presente na panela, dificultando a união da interface. Foi identificada a presença de uma trinca transversal no reparo, causado pela baixa resistência a tração do material, identificada previamente em laboratório. Também apresentou considerável afundamento causado pela trilha de roda, de 10,50 mm. O fato de o mesmo ter sido executado com a panela cheia d'água não afetou significativamente o desempenho do material.

O reparo 4 apresentou afundamento de trilha de roda de 9,50 mm, causada pela falha na curva granulométrica. A falta de pintura de ligação e/ou teor de betume abaixo do teor ótimo causou o descolamento na interface pavimento/reparo, que pode também ter sido influenciada pela ausência de limpeza da panela. Mesmo a compactação do material ser exclusivamente executada por conta do tráfego, o reparo apresentou desempenho similar ao apresentado pelos outros três reparos.

Todos os reparos apresentaram aparecimento de patologia, mesmo não sendo exposto ao tráfego pesado, mostrando assim o quanto as falhas na composição da mistura influenciaram no desempenho do material. Portanto, verificamos a importância de uma boa dosagem e a obtenção de um esqueleto mineral denso e bem graduado.

CONCLUSÕES

No âmbito geral, as amostras apresentaram desempenho abaixo da resistência mínima definida pela Norma NBR 031/2006 – ES, para especificações de serviço do concreto asfáltico. A principal deficiência apresentada pelo material ocorre no agregado, recorrente em todas as amostras analisadas. A ausência de agregado graúdo, sem a presença de pedra $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{2}$ prejudicou significativamente a estabilidade, a fluência e a resistência do material, que aliado com o baixo teor de betume provocou a deficiência de ligação entre os agregados, tornando-se inconsistente, apresentando desagregação total quando rompido. Todas as falhas na composição da mistura identificadas em ensaios laboratoriais refletiram no desempenho em pista.

Após a execução dos reparos em pista, através de inspeções semanais do desempenho do material observou-se a presença de patologias devido a falhas na composição da curva granulométrica, ou também o adensamento das camadas de base, provocando o aparecimento de afundamentos por trilha de roda. Constatou-se também a ocorrência de erosão de bordo, com presença de descolamento e trincas na interface pavimento/reparo, causado pela falta de pintura de ligação e/ou teor ífero ao ótimo (segundo o fabricante a pintura de ligação não é necessária com a utilização do aditivo). Em um dos reparos, observou-se a presença de uma trinca transversal no pavimento, mostrando a deficiência do material quanto a sua resistência a tração, já constatada em ensaios laboratoriais.

Todavia, também apresentou aspectos positivos, evitando a propagação de trincas já existentes no entorno dos reparos, e mesmo sendo executado com a panela cheia d'água ou com o tráfego como o responsável pela compactação do material, todos os quatro reparos apresentaram desempenho similar. Portanto, conclui-se que o material tem potencial, mas deixa a desejar quando todas as amostras de CBUQAF analisadas no presente projeto possuem deficiência no projeto da mistura, pois não há enquadramento granulométrico e tampouco uma dosagem de ligante satisfatória. Como apresentado durante o andamento do projeto, o material testado no presente projeto não cumpre seu propósito, sendo ífero quanto ao desempenho mecânico definido em norma e apresentando patologias nos reparos realizados, sendo influenciado por falhas na composição da mistura.

Em um contexto geral, a composição de uma dosagem correta, com esqueleto mineral de graduação densa e curva granulométrica contínua e bem graduada, bem como a verificação do teor ótimo de betume poderá sanar as dúvidas sobre o real desempenho do material, verificando assim todo seu potencial.

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p. il.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008. 501 p. il.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de rodovias 2014**. São Paulo, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083/98: Agregados – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro 1998. 5p.

_____. **DNER-ME 117/94: Mistura Betuminosa – Determinação da Densidade Aparente**. Rio de Janeiro. 4p.

_____. **DNER-ME 043/95: Mistura Betuminosa a Quente – Ensaio Marshall**. Rio de Janeiro. 11p.

_____. **DNER-ME 053/94: Misturas Betuminosas – Percentagem de Betume**. Rio de Janeiro. 5p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: IPR, 2006 a. 271 p.

_____. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2.ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006 a. 310 p.

_____. **DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificações de Serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2006 a. 14p.

_____. **DNIT 138/94 – ES: Pavimentos Flexíveis – Misturas Betuminosas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 2009 a. 5p.

_____. **DNIT 006/03 – PRO: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro: IPR, 2003 a. 10p.

NOWAKOSKI, E. **Avaliação da influência do teor de CAP em misturas asfálticas do tipo CBUQ**. 2016. Projeto final de curso (Título de Engenheiro Civil) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2016.

SILVA, P. F. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2.ed. São Paulo: Pini, 2008.

_____. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2.ed. – São Paulo: Pini, 2001.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA
EDIFICAÇÃO: MÉTODO CONSTRUTIVO CONVENCIONAL
E O *LIGHT STEEL FRAMING*****Alunos: Rodrigo Sanvido Ziliotto
Orientador: Cristiano Vitorino da Silva****INTRODUÇÃO**

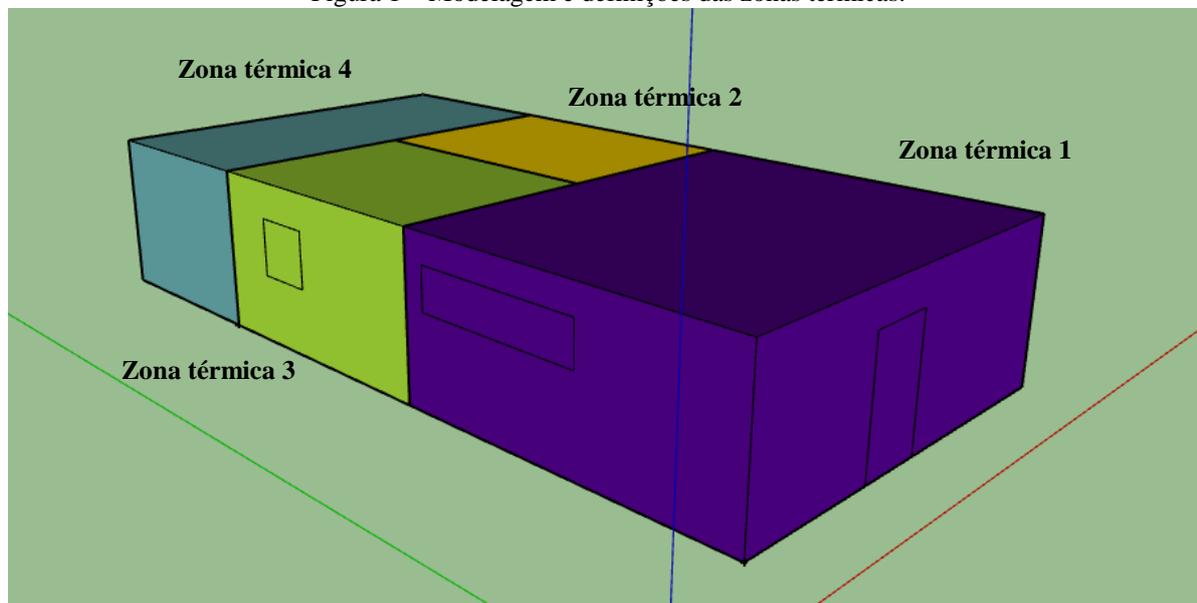
Este trabalho apresenta a avaliação de desempenho térmico de uma edificação comparando-se os métodos construtivos *Light Steel Framing*- LSF e o convencional em alvenaria. O trabalho concentra-se no esforço da determinação da carga térmica para os dois modelos construtivos, considerando cargas de inverno e verão, seguindo os preceitos da NBR 15.220/2003. Levanta-se também o perfil térmico dos dias típico de inverno e verão para determinação do desempenho térmico das duas situações e a avaliação pelo software *EnergyPlus*. Vários são os trabalhos publicados nesta área onde é possível citar Batista (2005) que através de dados climáticos de dados horários, o programa computacional *EnergyPlus* calcula as temperaturas internas de edifícios não condicionados, possibilitando a verificação do desempenho térmico de diferentes tipologias de edificações considerando as condições ambientais dos locais onde as mesmas se encontram inseridas. Em outro trabalho Madruga (2016) foi realizado um comparativo entre um sistema construtivo altamente aceito em países desenvolvidos, o *Light Steel Framing* e o sistema construtivo tradicionalmente utilizado no Brasil, com estrutura de concreto armado e fechamento em alvenaria cerâmica. Neste caso foram utilizados cálculos da carga térmica, o programa *EnergyPlus* e os softwares *Sketchup* e *Open Studio* para realizar a simulação computacional da edificação.

MATERIAL E MÉTODOS

A casa modulada, representada na Figura 1, é dividida em quatro zonas térmicas, e será avaliada pelas suas características construtivas pelo método LSF em comparação ao sistema construtivo convencional em alvenaria. Para a realização deste estudo, foi feita a caracterização das condições climáticas da região de Erechim, e estabelecido à condição de conforto térmico no verão de 24°C e temperatura externa de 31°. Já para o inverno a condição de conforto térmico estabelecida foi de 20° e a temperatura externa de 5°C. As cargas térmicas estudadas foram: condução, insolação, equipamentos, iluminação, pessoas e infiltração (COSTA, 2012). Após, foram realizados cálculos que determinaram a carga térmica total para o inverno e verão das dos dois métodos construtivos: o convencional e o LSF. Posteriormente foi realizado o cálculo da carga térmica para um dia típico de inverno e verão e realizado o cálculo da carga térmica seguindo a NBR 15.220(ABNT, 2003) e também realizada a simulação computacional pelo software *EnergyPlus*, onde levantou se o perfil de temperatura interna da edificação para os dois modelos construtivos estudados. Para a avaliação de desempenho térmico com a simulação pelo *EnergyPlus*, foi feito a modelagem da edificação em 3D pelo *Sketchup*, onde foram divididas em quatro zonas térmicas para melhor avaliação dos ambientes internos. Posteriormente, lançado para o software *Open Studio*, que é um *plug in* do

EnergyPlus, onde ali foram lançadas e preenchidas as variáveis de interesse para fazer a simulação computacional.

Figura 1 – Modelagem e definições das zonas térmicas.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da carga térmica total seguindo a NBR 15.220 são apresentados na Tabela 1.

CARGA TÉRMICA TOTAL - NBR 15.220/2003		
Modelo	Verão	Inverno
LSF	17.957,54 (W)	21.063,40 (W)
Convencional	24.708,81 (W)	31.939,70 (W)

Tabela 1 – Carga térmica total do LSF e o modelo construtivo convencional.

A Figura 2 apresenta a variação da carga térmica de resfriamento para os dois modelos construtivos ao longo de um dia típico de verão.

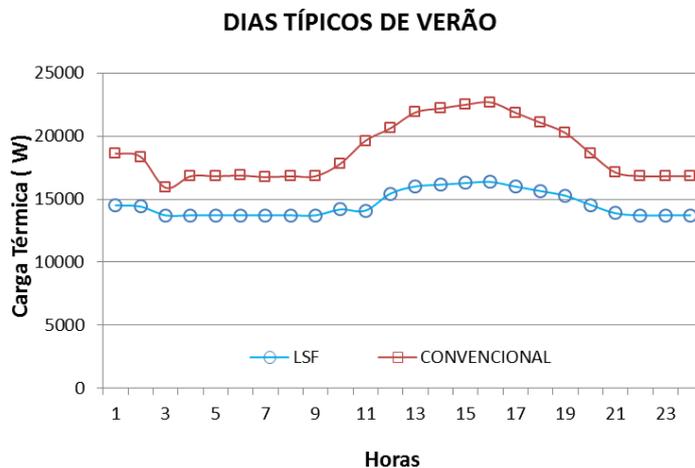


Figura 2 - Variação da carga térmica para um dia típico de verão.

O pico máximo se dá as 16:00 horas para ambos os modelos construtivos O modelo convencional atinge uma carga total de 24.935,90 W, para o *Light Steel Framing* a carga total é de 17.860,00 W.O modelo convencional com fechamento em tijolo cerâmico tem um valor de carga térmica cerca de 39,6% maior do que o LSF, sendo assim menos eficiente por obter um gasto energético mais elevado. Para o inverno, a carga térmica de aquecimento é apresentada na Figura3 para os dois modelos construtivos ao longo de um dia típico de inverno.

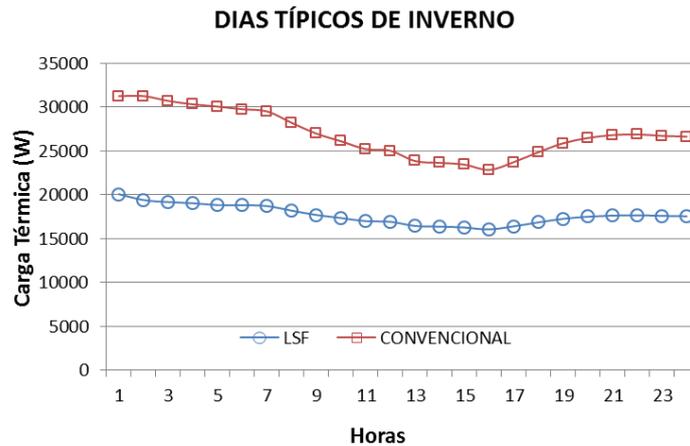


Figura 3 – Variação da carga térmica para um dia típico de inverno.

O pico máximo se dá à 1:00 hora, com uma carga total de 31.857,80 W para o modelo convencional, e para o *Light Steel Framing* uma carga total de 22.080,30 W, e o modelo convencional apresenta um gasto maior no consumo energético, cerca de 44,3 %.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam os resultados da simulação pelo software *Energyplus* que representa a temperatura interna, externa e zona de conforto térmico que compreendem os cômodos da edificação em LSF e da edificação em sistema convencional.

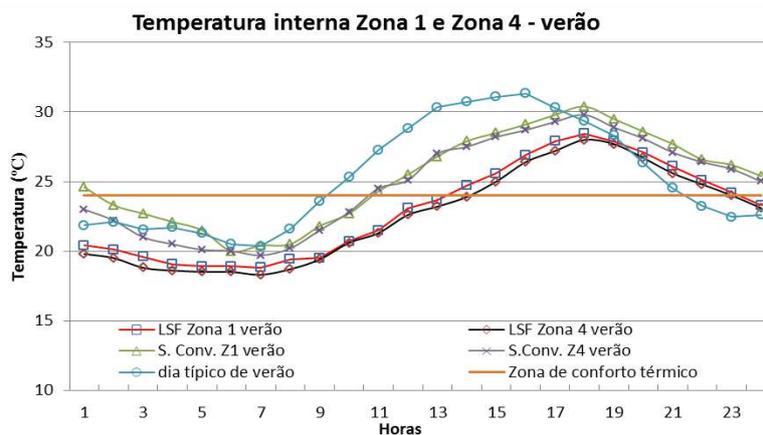


Figura 4 - Variação da temperatura interna na zona térmica 1 e 4 para o dia típico de verão.

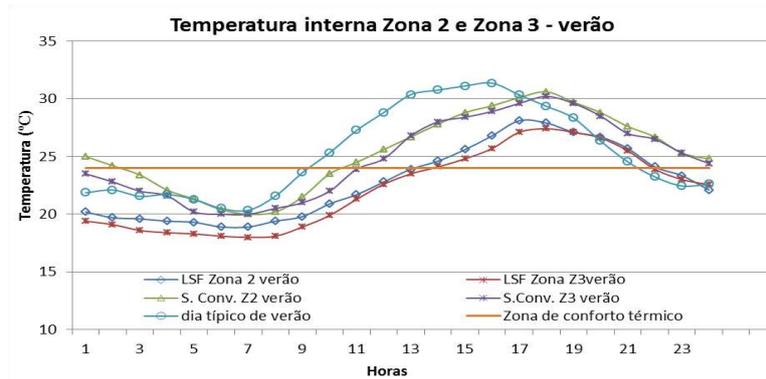


Figura 5 - Variação da temperatura interna na zona térmica 2 e 3 para o dia típico de verão.

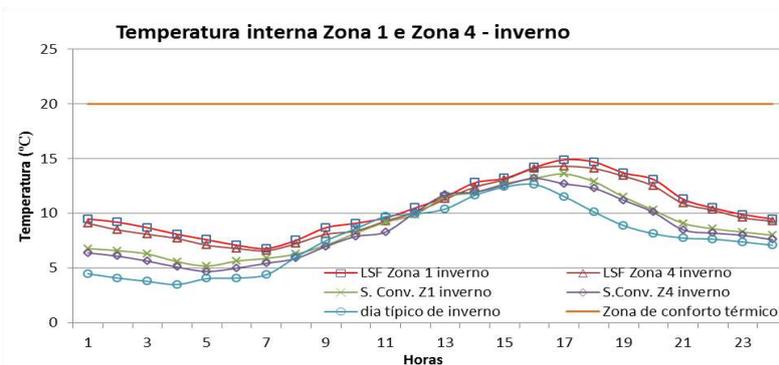


Figura 6 - Variação da temperatura interna na zona térmica 1 e 4 para o dia típico de inverno.

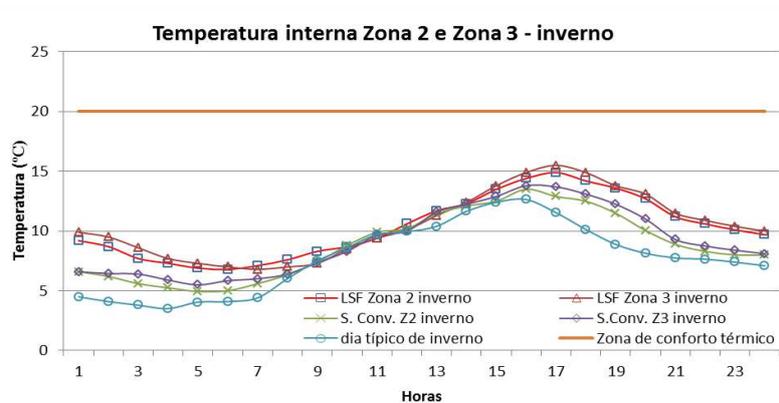


Figura 7 - Variação da temperatura interna na zona térmica 2 e 3 para o dia típico de inverno.

CONCLUSÕES

A localização geográfica que vai definir a orientação solar para a edificação juntamente com a escolha dos materiais a serem utilizados, são importantes na decisão na elaboração do projeto de conforto térmico para a mesma. Ao comparar a resistência térmica total dos painéis em EPS (poliestireno expandido) do *Light Steel Framing* com o fechamento em alvenaria convencional, onde a resistência total do LSF é maior, verifica-se uma grande diferença no resultado final da carga térmica. O método construtivo *Light Steel Framing* obteve uma carga térmica para o verão de cerca de 37,7% menor do que o modelo construtivo convencional, e obteve uma carga térmica para o inverno aproximadamente 51,6% menor do que o método construtivo convencional nos resultados calculados e analisados conforme a NBR 15.220. Para um dia típico de inverno e verão, com a variação térmica ao longo do dia, o LSF também obteve menor carga térmica do que o

convencional. Concluindo, o LSF envolve menor gasto de energético para se chegar ao conforto térmico desejado. Os resultados demonstram que o *Light Steel Framing* obteve uma diferença na carga térmica (inverno e verão), ou seja, menor do que o método convencional, sendo, respectivamente, 44,3 % e 39,6 %, apresentando um desempenho térmico superior e satisfatório, tanto para altas como para baixas temperaturas, além de contribuir para que sejam energeticamente mais eficientes. Na simulação com o *EnergyPlus*, o LSF obteve valores para faixas de temperaturas internas nas zonas da edificação para os dias típicos de inverno e verão de 45,5 % e 59,5 % menores do que o modelo construtivo convencional, respectivamente. Para ambas as situações, a carga térmica calculada pela NBR e a simulação computacional pelo *EnergyPlus*, o modelo construtivo convencional se mostrou com um maior valor de carga térmica, tanto para o dia típico de inverno, quanto para o dia típico de verão. Vale ressaltar, que a simulação veio a confirmar o primeiro estudo realizado, seguindo os procedimentos e preceitos da NBR 15.220/2003, onde a edificação LSF com fechamento em EPS (poliestireno expandido) é energeticamente mais eficiente do que uma edificação convencional com fechamento em tijolo cerâmico, por envolver menor gasto térmico.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: desempenho térmico de edificações parte-2: método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar dos elementos e componentes de edificação. Rio de Janeiro, 2005b.

BATISTA, J. O.; LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. S. **Avaliação de desempenho térmico de componentes construtivos utilizando o EnergyPlus**, Dissertação apresentada (ENCAC – ELACAC), Maceió, Alagoas, 2005.

COSTA, E. C. da, Física Aplicada à Construção: Conforto Térmico, Edgard Blücher: São Paulo, 2012.

MADRUGA, E. L. **Desempenho térmico: comparativo de edificações em *Light Steel Framing* com edificações em bloco cerâmico através de simulação computacional**, (Trabalho de conclusão de curso), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****TRATAMENTO DE UMIDADE ASCENSIONAL:
ANÁLISE DE DESEMPENHO DE BLOQUEADORES
QUÍMICOS POR GRAVIDADE EM PAREDES****Aluno: Ronei Hoffmann Malaquias****Bolsista de Iniciação Científica: Vinícius Tochetto****Orientador: Prof. Dr. Daiane de Sena Brisotto****Coorientador: Prof. Dr. Cristina Vitorino da Silva****INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta a análise de desempenho do tratamento da umidade ascensional em paredes, através do uso de bloqueadores químicos cristalizantes e hidrofugantes disponíveis no mercado brasileiro, com a introdução dos mesmos pelo método de difusão/gravidade. A avaliação da umidade ascendente ocorre pelo cálculo da taxa de absorção de água nos corpos de prova, segundo as técnicas apresentadas por Socoloski, 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados no experimento foram tijolos cerâmicos maciços, argamassa industrializada multiuso e bloqueadores químicos cristalizante e hidrofugante.

Não havendo normatização para o ensaio de absorção de água em tijolos maciços, foi adotada a NBR 15270 (ABNT, 2005), relativa a blocos cerâmicos para sua caracterização, chegando a uma taxa de absorção de água média de 25,8 %. Para o assentamento dos tijolos e execução da base dos corpos de prova foi adotada a argamassa industrializada de múltiplo uso, com resistências de 1,2 MPa e 8 MPa, respectivamente, para evitar, assim, possíveis variações que a argamassa executada em obra pudesse conferir aos resultados.

A caracterização dos bloqueadores químicos foi fornecida pelos fabricantes. O bloqueador químico cristalizante foi caracterizado segundo seu pH = 11 e teor de ativos = 65 %, enquanto que o bloqueador químico hidrofugante de acordo com seu pH = 6,5 a 8 e massa específica = 1 kg/dm³. Cabe salientar que, embora os produtos bloqueadores hidrofugantes normalmente tenham como indicação a aplicação por injeção, há situações onde produtos a base de siloxanos, caso do produto hidrofugante deste trabalho, podem ser aplicados pelo método de difusão/gravidade (FREITAS, 2014).

A moldagem dos corpos de prova e os ensaios realizados foram executados no Laboratório de Preparação de Amostras Técnicas Construtivas (LAPATEC) da URI – Câmpus de Erechim. Para a realização deste estudo foram executados corpos de prova empregando 2,5 tijolos por fiada, com um total de 8 fiadas cada, sendo estes assentados com juntas verticais intercaladas. A base na qual os tijolos foram assentados tem aproximadamente 5 cm de altura, executada em argamassa armada com tela de malha quadrada de 2,5 cm. Para facilitar o manuseio dos corpos de prova foram

utilizadas duas barras de aço, uma de cada lado, para cada corpo de prova. Para a realização da pesquisa foram confeccionados um total de 6 corpos de prova, sendo 2 de testemunho (sem tratamento) denominados T1 e T2, 2 para aplicação do produto cristalizante denominados de PA1 e PA2 e 2 para o produto hidrofugante denominados como PB1 e PB2.

As etapas da confecção dos corpos de prova iniciaram-se pela confecção das suas bases em argamassa industrializada e armada com uma relação água/cimento de 0,2 em formas de dimensões 56x13x09 cm e aguardados 21 dias de cura, após foram assentados os tijolos cerâmicos maciços conforme citado anteriormente e aguardados 21 dias de cura para esta etapa (Fig. 1).



Figura 1 – Corpo de prova estudado

Para a aplicação dos produtos químicos cristalizante e hidrofugante, foram seguidas as recomendações dos fabricantes quanto à aplicação a 45 graus e consumo, porém foi adotado um espaçamento padrão entre os furos realizados nas paredes de 10 cm e com uma altura de 10 cm da base do corpo de prova resultando em 5 furos por parede e para que os produtos químicos não vazassem foi descartada a indicação de aplicação com funil e utilizou-se o sistema com frascos e equipos usados na medicina, que permitem administrar a velocidade e volume a ser aplicado na parede (Fig. 2), ambos os produtos foram absorvidos pelas paredes em um prazo de aproximadamente 1 dia, consumindo 125 ml para cada furo do produto A (cristalizante) e 60 ml para cada furo do produto B (hidrofugante).



Figura 2 – Aplicação dos produtos impermeabilizantes

A obtenção das taxas de absorção para cada parede ocorreu por meio de medições de massa dos corpos de prova, realizadas da seguinte maneira:

- Medição de massa seca (antes do tratamento);
- Medição de massa úmida após saturação das bases por 8 dias (antes do tratamento);
- Medições de massa após aplicação dos produtos aos 7, 14 e 28 dias com saturação de base.

O cálculo para encontrar a taxa de absorção inicial (antes do tratamento) e a taxa de absorção final (após o tratamento) é estimado através da diferença entre a massa da parede seca e úmida, dividida pela área de contato entre a parede e a base da argamassa, conforme a equação a seguir.

$$\text{Taxa de absorção} = \frac{mu - ms}{\text{Área}}$$

Onde:

mu: massa da parede úmida;

ms: massa da parede seca;

Área: área de contato da primeira fiada dos tijolos com a umidade (3,28 m²).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que seja possível calcular as taxas de absorção de água nos corpos de prova, os ensaios de medição de massa foram realizados em duas etapas:

- a) Medição da massa antes do tratamento (Tabela 1):
 - 21 dias após o assentamento (massa seca);
 - 8 dias após a saturação (massa úmida).
- b) Medição da massa durante o tratamento (Tabela 2):
 - Aos 7 dias de saturação;
 - Aos 14 dias de saturação;
 - Aos 28 dias de saturação.

As paredes de testemunho (sem produto químico) foram pesadas durante o tratamento somente aos 28 dias de saturação.

As medições de massa durante o tratamento (Tabela 2) demonstram uma redução da massa das amostras, mesmo resultado obtido por Rodrigues (2014), para os dois tipos de produtos químicos aplicados, sendo os menores valores obtidos para os 28 dias de saturação, isto pode ser explicado pelo fato de que com o passar do tempo, a taxa de evaporação excede a taxa de absorção, sendo que esta última diminui em função dos poros estarem cristalizados ou com comportamento hidrófugo pelos produtos químicos. Além disso, a redução de massa foi seguramente maior com a aplicação do produto hidrofugante. Estes resultados podem ser melhor visualizados na Fig. 3.

Tabela 1 – Medição de massa e taxa de absorção de água antes do tratamento.

Massa e taxa de absorção antes do tratamento	Corpo de prova					
	T1	T2	PA1	PA2	PB1	PB2
Massa seca (kg)	52,7	51,65	49,50	50,60	47,90	48,50
Massa úmida (kg)	54,60	53,90	50,95	52,50	50,45	50,45
Taxa antes do tratamento (%)	63,98	70,07	59,41	59,41	86,82	68,55

Tabela 2 – Medições de massas e taxas de absorção de água durante o tratamento.

Massa e taxa de absorção durante o tratamento	Corpo de prova					
	T1	T2	PA1	PA2	PB1	PB2
Massa aos 7 dias (kg)	-	-	50,85	52,3	49,75	50,30
Massa aos 14 dias (kg)	-	-	50,20	51,65	48,95	49,65
Massa aos 28 dias (kg)	54,25	53,55	49,8	51,35	48,45	49,2
Taxa aos 7 dias (%)	-	-	56,36	53,31	65,50	63,98
Taxa aos 14 dias (%)	-	-	36,56	33,51	41,13	44,17
Taxa aos 28 dias (%)	53,31	59,41	24,37	24,37	25,89	30,46

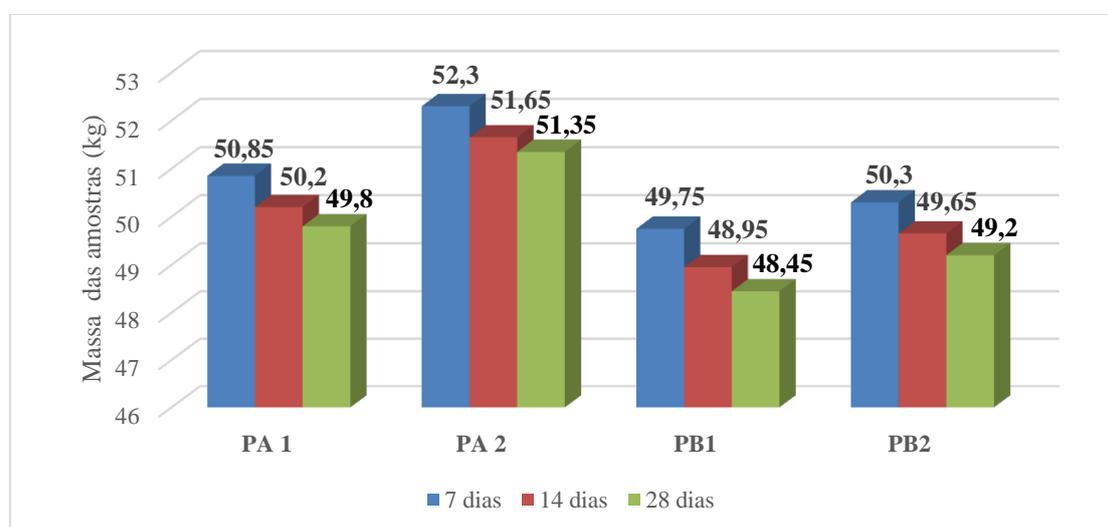


Figura 3 – Comparativo entre as massas durante o tratamento

Os resultados acima mostram que ambos os produtos foram capazes de reduzir consideravelmente as taxas de absorção dos corpos de prova tratados, embora não reduzindo-os a 100 %, resultado semelhante obtido por Freitas, Torres e Guimaraes (2008) e Socoloski (2015). O produto cristalizante (PA1 e PA2) reduziu a taxa de absorção em 35,04 % do valor inicial (massa úmida antes do tratamento) e o produto hidrofugante na amostra PB1 reduziu 60,93 % e a PB2 38,09 %.

Para demonstrar, estatisticamente, a significância da adição dos produtos cristalizante e ou hidrofugante no tratamento da umidade ascensional utilizou-se o software Estatística analisando a variância (ANOVA) com 3 fatores controláveis em 3 níveis, sendo:

- a) Taxa de absorção média aos 28 dias para as amostras Testemunho;
- b) Taxa de absorção média aos 28 dias para as amostras com cristalizante;
- c) Taxa de absorção média aos 28 dias para as amostras com hidrofugante.

A Fig. 4 demonstra a diferença entre os grupos realizada através da diferença entre as médias das taxas de absorção de água. Em resposta não houve diferença significativa entre os resultados comparando os produtos cristalizante e hidrofugante, porém quando comparados com as amostras sem tratamento (testemunho) obteve-se uma grande redução das taxas de absorção médias confirmadas pela Tabela 3 que expõe os resultados obtidos através dos fatores calculados pelo software, confirmando que o tratamento gera uma diferença significativa.

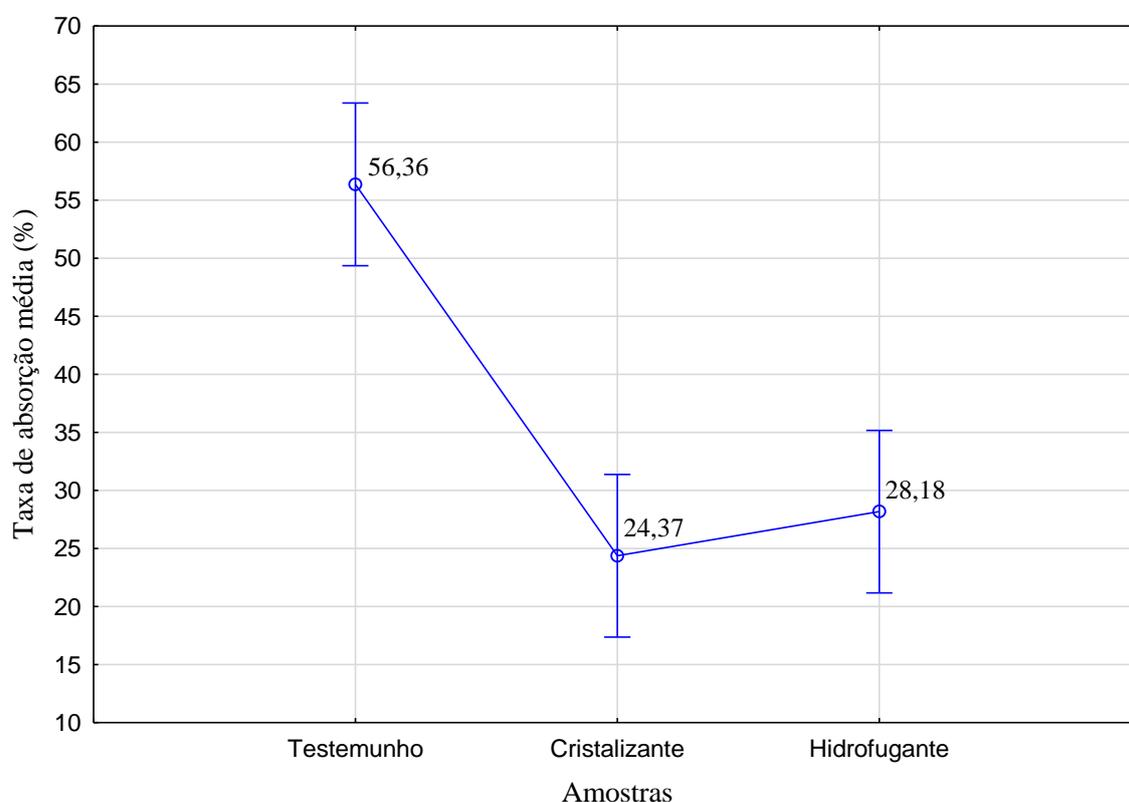


Figura 4 – Comparativo entre as taxas médias de absorção de água

Tabela 3 - ANOVA comparando as taxas de absorção médias aos 28 dias do tratamento nas situações: sem tratamento, com cristalizante, com hidrofugante.

Efeitos	Fatores de significância				
	Graus de liberdade (GLD)	Médias Quadradas (MQ)	Função calculada (F)	Nível de significância (P)	Significativo
Tratamento	2	610,744	63,0772	0,00354	SIM
Erro	3	9,682			

CONCLUSÕES

Com o intuito de investigar experimentalmente o desempenho de produtos bloqueadores químicos (cristalizante e hidrofugante) para o tratamento da umidade ascensional em paredes, foram moldados corpos de prova e realizados ensaios de medição de massa, antes e durante a aplicação dos produtos.

Analisando os resultados obtidos verificou-se que ambos os produtos apresentaram desempenho satisfatório, proporcionando uma redução significativa nas taxas de absorção de água dos corpos de prova estudados após a aplicação dos mesmos. O produto cristalizante gerou uma redução média de 32 % na taxa de absorção de água, enquanto que o produto hidrofugante uma redução de 28,18 % em relação a taxa de absorção das paredes não tratadas. Entretanto, estatisticamente esta diferença entre os produtos não é significativa, indicando que ambos apresentam o mesmo desempenho.

Por fim, salienta-se que a ocorrência da umidade ascensional não é uma patologia simples e fácil de solucionar, sendo de grande importância a busca por conhecimento e novas técnicas que possam melhorar o desempenho das edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270: Componentes cerâmicos parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2005.

FREITAS, R. J. G. **Técnicas de tratamento/ Controlo da humidade ascensional – Catálogo**. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções Cívicas. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014- Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.

FREITAS, V. P. DE; TORRES, M. I.; GUIMARAES, A. S. **Humidade ascensional**. Porto, Portugal, 2008.

RODRIGUES, J. C. M. **Umidade ascendente em paredes internas: avaliação de desempenho de bloqueadores químicos**. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, 2014.

SOCOLSKI, R. F. **Tratamento de umidade ascensional em paredes através de barreiras químicas por gravidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2015.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS**

**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**
Aluno: Taciano Renato Serraglio
Orientador: Prof.º Esp. Francisco Luiz Pinto
Co-orientador: Prof.º MSc. Pedro Eugênio Gomes Boehl
INTRODUÇÃO

Sabe-se que todos os empreendimentos na área da construção civil são compostos por uma estrutura a qual deve ser assentada sobre um terreno, de modo a transmitir as tensões da fundação para o solo. Logo, para desenvolver um projeto, é necessário estudar o comportamento dos solos quando as tensões são aplicadas, tendo em vista que estes são constituídos por um conjunto de partículas, com água e ar nos espaços intermediários, que tendem a movimentar-se continuamente (PINTO, 2006).

A falta de conhecimento das propriedades geotécnicas do solo de suporte de uma edificação pode gerar consequências negativas para o desempenho das fundações, comprometendo aspectos estruturais, funcionais e estéticos da obra, devido a patologias, recalques, entre outros. Ao não investigar o terreno, muitos profissionais projetam as fundações baseando-se nas edificações vizinhas, aplicando o chamado conhecimento empírico, o que acarreta em dimensionamentos equivocados, trazendo riscos para as edificações e os usuários (VIECILI, 2003).

Pinto (2006) afirma que grande parte dos eventos em que ocorrem rupturas dos solos são fenômenos de cisalhamento, como por exemplo o escorregamento de um talude ou quando uma fundação do tipo sapata é carregada até romper. Boehl (2011) explica que a resistência ao cisalhamento dos solos é a tensão atuante no plano de ruptura no instante de ruptura, onde nesse instante os mecanismos de resistência ao cisalhamento que foram mobilizados são: ângulo de atrito interno e intercepto coesivo. A resistência ao cisalhamento dos solos residuais depende de um complexo mecanismo vinculado às cimentações entre partículas, ângulo de atrito, coesão aparente e coesão verdadeira.

Atualmente, no município de Erechim/RS, o estudo da mecânica dos solos não é uma área muito difundida entre os profissionais do meio da construção civil, os quais geralmente utilizam-se de parâmetros dos solos da região de Passo Fundo e Ijuí/RS, cidades que também localizam-se no planalto basáltico. Neste contexto, o presente estudo busca avaliar as características do solo do município, por meio do ensaio de cisalhamento direto, e, a partir dos dados obtidos, realizar uma análise paramétrica sendo dimensionadas fundações superficiais do tipo sapata. Ao final do estudo, almeja-se proporcionar um retorno técnico para o mercado da construção civil no município, de modo que os profissionais da região possam utilizar os dados encontrados para o dimensionamento de fundações superficiais.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, foram coletadas duas amostras indeformadas de solo, nomeadas de A1 e A2, em dois locais distintos em um terreno localizado na Rua José Oscar Salazar esquina Rua Alemanha, no município de Erechim/RS. As amostras foram coletadas a 2,70 m de profundidade, com dimensões de 35x35x35 cm.



Figura 1 – Procedimentos de coleta das amostras de solo.

Após realizadas as coletas das amostras, foram executados os ensaios para classificação dos solos, por meio da análise granulométrica, Limites de Atterberg, densidade das partículas e índices físicos, seguindo as normas vigentes.

Para a execução do ensaio de cisalhamento direto, utilizou-se um equipamento cisalhador de solos cedido pelo Laboratório de Solos da Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS) Campus Erechim. Foram adotadas tensões normais de 50, 100 e 200 kPa, com velocidade constante de 0,036 mm/min, considerando o solo nas situações inundado e estado natural.



Figura 2 – Preparação das amostras e execução do ensaio de cisalhamento direto.

De posse dos dados, ângulo de atrito e coesão, foi desenvolvida uma análise paramétrica de fundações superficiais com diferentes carregamentos a fim de estudar o comportamento dos solos quando carregados. Para a análise, foram dimensionadas fundações superficiais do tipo sapatas quadradas sendo adotados carregamentos centrados, ou seja, aplicados no centro de gravidade da superfície de contato da sapata com o solo, com um ângulo de 90° com a horizontal, incidindo verticalmente sobre a sapata, variando de 50, 100 a 200 kN.

As dimensões das sapatas foram determinadas a partir da equação de capacidade de carga de Terzaghi, Eq. (1), a qual é largamente utilizada para o dimensionamento de fundações superficiais.

$$\sigma_{rup} = c N_c S_c + q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma \quad (1)$$

Nos casos inundados, foi considerado o solo saturado, ou seja, nível do lençol freático na superfície do terreno, e utilizado o peso específico submerso do solo (γ_{sub}), para o dimensionamento das sapatas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados obtidos na realização dos ensaios de classificação de solo, através da análise granulométrica e dos limites de Atterberg, e os parâmetros de resistência de cisalhamento do solo, coesão e ângulo de atrito de pico e residual. E ainda, os resultados da análise paramétrica de fundações superficiais do tipo sapata, utilizando os dados obtidos nos ensaios de solo.

A Tabela 1 apresenta os resultados na análise granulométrica e a Tabela 2 os limites de Atterberg das amostras A1 e A2 de solo.

Tabela 1 – Resultados da análise granulométrica dos solos das amostras A1 e A2.

	Amostra A1 (%)	Amostra A2 (%)
Argila	81,79	79,67
Silte	13,49	15,60
Areia fina	3,97	3,90
Areia média	0,28	0,34
Areia grossa	0,18	0,22
Pedregulho fino	0,29	0,27
TOTAL	100,00	100,00

Tabela 2 – Resultados dos limites de Atterberg dos solos das amostras A1 e A2.

	Amostra A1	Amostra A2
LL (%)	78	74
LP (%)	59	58
IP	19	16
Classificação	MH	MH

Quanto à classificação do solo, analisando os percentuais da distribuição granulométrica por meio do diagrama trilinear de classificação de solos, conclui-se que ambas as amostras de solo são classificadas como argila. Este resultado também foi verificado por outros autores como Sachetti *et al.* (2014) que classificou o solo de Erechim/RS como predominantemente argiloso. Ao analisar os resultados dos limites de Atterberg com o ábaco de Casagrande, temos que a classificação do solo em estudo é MH, ou seja, silte elástico de alta compressibilidade. Portanto, o solo é um material com plasticidade significativa, podendo sofrer problemas devido à deformações excessivas quando da aplicação de cargas.

A Tabela 3 apresenta os resultados médios obtidos dos índices físicos para o solo do estudo.

Tabela 3 – Índices físicos do solo.

Índices	Amostra A1	Amostra A2
w - Teor de Umidade (%)	42,20	49,34
γ_{nat} - Peso Específico Natural (kN/m ³)	15,49	14,92
γ_d - Peso Específico Seco (kN/m ³)	10,89	10,00
e - Índice de Vazios (%)	1,67	1,90
sr - Grau de Saturação (%)	74,13	75,31
ar - Grau de Aeração (%)	25,87	24,69
Peso Específico real dos Grãos (kN/m ³)	29,10	28,90

Observa-se que a umidade do solo *in situ* apresentou o valor de 42,20% e o peso específico real das partículas de 29,10 kN/m³ para a amostra A1, e teor de umidade de 49,34% e peso específico real das partículas de 28,90 kN/m³ para a amostra A2. Sendo que o valor de peso específico real das partículas para ambas as amostras está dentro da faixa de valores esperada para solos oriundos da

decomposição de rochas basálticas, conforme estudos de Sandroni e Maccarini (1981) que mencionam que a variação no peso específico das partículas (γ_g) nos solos residuais de basalto fica entre 28 a 32 kN/m³.

A Tabela 4 apresenta uma síntese dos resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento direto das amostras de solo A1 e A2 nas condições natural e inundada, para as tensões de pico (τ) e residual (τ_R).

Tabela 4 - Resultados do ensaio de cisalhamento direto.

Amostra	Situação	σ (kN/m ²)	τ (kN/m ²)	τ_R (kN/m ²)	ϕ (°)		c (kPa)	
					De Pico	Residual	De Pico	Residual
A1	Natural	50	55	51	18,78	14,40	38,0	38,0
		100	72	69				
		200	106	90				
	Inundada	50	39	36	15,00	12,79	22,5	20,5
		100	42	37				
		200	75	68				
A2	Natural	50	33	30	18,42	18,41	16,5	13,5
		100	50	47				
		200	83	80				
	Inundada	50	20	15	14,00	14,63	16,0	9,5
		100	52	47				
		200	60	58				

Quanto ao ângulo de atrito na resistência de pico, comparando-se os valores das amostras A1 e A2 na situação natural, verifica-se que os valores foram bastante similares na faixa dos 18°, assim como na situação inundada, onde variaram de 14 a 15°. Já na resistência residual, houve uma variação do ângulo de atrito de 1,6 a 4 graus entre os resultados.

Os resultados obtidos para o ângulo de atrito do solo são correlatos ao apresentado por Matté (2017) que também estudou o solo de Erechim/RS, apresentando um ângulo de atrito interno de 17,74°, nas condições naturalmente estruturadas, consolidadas e inundadas. Os dados deste trabalho, na situação do solo inundado, quando comparados aos de Matté (2017), divergem em pequena proporção, talvez devido ao comportamento imprevisível dos solos argilo-siltosos de origem residual. Segundo o autor, esses solos não costumam repetir comportamentos, mesmo possuindo a rocha mãe similar e sendo ensaiados nas mesmas condições físicas, fato confirmado por esta pesquisa.

Quanto à coesão do solo, comparando-se os resultados nas situações natural e inundada, é possível observar que tanto nas resistências de pico quanto residual, nas amostras A1 e A2, houve uma redução significativa dos valores de coesão nas amostras inundadas. Este fato justifica-se que quando a amostra é inundada ocorre a remoção da coesão aparente. Pode-se dizer que a coesão aparente é um fenômeno provocado pelas forças capilares interpartículas que é removida pela inundação do solo. Viecili (2003) também confirma tal observação. Salienta-se, então, que é necessário ter prudência ao considerar a coesão no dimensionamento de fundações tendo em vista que este parâmetro sofre grandes reduções quando da presença de água.

Ao comparar os resultados das amostras A1 e A2, constata-se uma grande disparidade dos valores. Enquanto na amostra A1 a coesão varia de 20,5 a 40,5 kPa, a amostra A2 apresentou resultados inferiores, variando de 9,5 a 16,5 kPa. Entretanto, nos estudos como de Bonafé (2004) e Menegotto (2016), os quais analisaram solos com frações granulométricas de argila e silte e índices de

plasticidade similares, nota-se que também houve variação entre os valores de coesão, de 15,8 e 34,5 kPa, respectivamente. Os resultados da amostra de solo A2 mostraram-se mais compatíveis com o valor de intercepto coesivo encontrado por Matté (2017), que foi de 10,4 kPa, do que da amostra A1.

Quando à análise paramétrica das fundações superficiais, na Tabela 5 estão relacionadas as dimensões necessárias de sapata quadrada para que o solo suporte a carga sem sofrer recalques, variando o carregamento, o tipo de solo e o estado de umidade em que ele se encontra.

Tabela 5 - Dimensões, em centímetros, calculadas para as sapatas quadradas.

Carga (kN)	A1			A2		
	Natural	Inundado	Varição B (%)*	Natural	Inundado	Varição B (%)*
50	41 cm	62 cm	51,22	54 cm	74 cm	37,05
100	57 cm	87 cm	52,63	76 cm	104 cm	36,84
200	80 cm	122 cm	52,50	107 cm	146 cm	36,45

* A variação refere-se ao aumento em percentagem das dimensões das sapatas na situação inundada.

A inundação no solo A1 diminuiu consideravelmente a capacidade de carga do solo, bem mais do que no solo A2. Esta diminuição da capacidade de carga do solo implicou, em um aumento das dimensões das sapatas, para que suportassem os carregamentos aplicados as mesmas. Dimensões estas que variaram em torno de 52,10% para o solo A1 e 36,80 % para o solo A2, o que demonstra uma maior sensibilidade à inundação do solo A1. Observa-se que a amostra A1 também possui a maior quantidade de fração argila (81,65%) assim como índice de plasticidade (19%). Fatores estes que podem explicar a maior sensibilidade da amostra A1.

Estes resultados deixam claro a importância do cuidado que deve ter um projetista de fundações, para não permitir a entrada de água no solo suporte de fundações. Existem várias maneiras de evitar que a água entre em contato com o solo de fundações, a mais importante delas é executar um sistema eficiente de drenagem, mantendo-o efetivamente em funcionamento durante a vida útil da edificação. Também é possível executar juntas flexíveis nos encontros das tubulações com a edificação para absorverem pequenos recalques da edificação, e até mesmo dimensionar canais abaixo do sistema de esgoto, que possam coletar eventuais líquidos provenientes do colapso do sistema. Outra solução encontrada é fazer calçadas ao redor da edificação para evitar que as águas pluviais e de lavagem infiltrem próximo às fundações.

Pode-se observar que apesar dos dois solos apresentarem a mesma classificação apresentados no ábaco de Casagrande, quando solicitados na presença de água eles se comportam de maneira diferente, ressaltando mais uma vez a importância de ensaios do tipo cisalhamento direto para determinar parâmetros do solo mais especificadamente, e não basear-se fielmente em classificações que não levam em consideração aspectos particulares de cada solo.

CONCLUSÕES

Por meio do desenvolvimento do estudo experimental foi possível atingir os objetivos de classificar amostras de solo do município de Erechim/RS, analisar os parâmetros do solo através do ensaio de cisalhamento direto e realizar a avaliação paramétrica de fundações superficiais. O ângulo de atrito interno do solo variou de 14 a 18,8°, para a resistência de pico, e de 12,8 a 18,4°, para a resistência residual. Quanto ao intercepto coesivo, este varia de 16 a 38,0 kPa, para a resistência de pico, e de 9,5 a 40,5 kPa, para a resistência residual, sendo que os menores valores de coesão foram encontrados nas amostras de solo em condição inundada, portanto é necessário ter cuidado ao considerar a coesão no dimensionamento de fundações, tendo em vista que este parâmetro sofre grandes reduções quando da presença de água. Concluiu-se ainda que, nas amostras inundadas,

ocorreu a diminuição da capacidade de carga do solo, acarretando em um aumento das dimensões das sapatas, para que suportassem os carregamentos aplicados nas mesmas. Por fim, o estudo mostrou-se eficiente para a obtenção de dados que poderão ser aplicados como referência para as obras de fundações no município de Erechim/RS.

REFERÊNCIAS

BOEHL, P. E. G. Algumas observações sobre as propriedades geotécnicas de solos estruturados derivados de granito da grande Florianópolis. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BONAFÉ, L. Estudo da resistência de um solo residual de basalto estabilizado e reforçado. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004.

MATTÉ, F. Determinação preliminar dos parâmetros de resistência ao cisalhamento de um solo do campus UFFS– Erechim/RS a partir do ensaio de cisalhamento direto e a correlação do intercepto coesivo com os limites de Atterberg. 2017. Projeto de Pesquisa (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Fronteira Sul, Erechim, 2017.

MENEGOTTO, L. M. Caracterização Geotécnica Preliminar do Solo da Área Experimental da UFFS – Campus Chapecó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 18, 2016, Belo Horizonte, MG.

PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SACHETTI, A. L; ROJAS, J. W. J; HEINECK, K. S. Caracterização Geotécnica dos Solos de Passo Fundo e Erechim, e Geológica da Rocha de Passo Fundo. **Revista de Engenharia Civil IMED**, n. 1, p. 11-17, 2014.

SANDRONI, S. S; MACCARINI, M. Ensaio Triaxiais e de Cisalhamento Direto em uma Ocorrência de Solo Residual Gnaissico Jovem Rico em Feldspato. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais. COPPE-UFRJ, 1981.

VIECILI, C. Determinação dos parâmetros de resistência do solo de Ijuí a partir do ensaio de cisalhamento direto. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia Civil) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2003.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DA TECNOLOGIA BIM NA MODELAGEM
DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL E
MULTIFAMILIAR****Aluno: Vanessa Zancanaro Tagliari
Orientadora: Sara Roesler****INTRODUÇÃO**

Os arquitetos e engenheiros civis obtiveram grandes benefícios com as ferramentas desenvolvidas pela tecnologia da informação para o setor da construção civil.

A utilização dos softwares que tem como base o sistema CAD foi um salto enorme no processo de desenvolvimento de projetos, sendo muito utilizados até os dias atuais. Porém, este conceito de modelagem está se tornando insuficiente perante a complexidade das novas obras, que requerem um gerenciamento que diminua prazos e custos sem diminuir a qualidade do produto final. Para suprir essas necessidades estão disponíveis novas ferramentas, como a tecnologia BIM - *Building Information Modeling* - que tem como filosofia a integração entre arquitetos, engenheiros e construtores na criação e desenvolvimento de um projeto, visando melhorar o planejamento, controle de execução e acompanhamento da vida útil da construção.

Segundo descrito por Monteiro (2007), a engenharia simultânea se caracteriza pela ênfase na concepção do produto e valorização do projeto. A elaboração dos processos é feita por equipes multidisciplinares coordenadas que utilizam os recursos da TI para o desenvolvimento conjunto de projetos e produtos.

Para Souza et al. (2009), a compatibilização de projetos diminui a ocorrência de erros na execução da obra, como uma tubulação de água passando no meio de uma viga. Porém com os softwares utilizados atualmente, que tem como base o sistema CAD, dificultam a visualização deste tipo de erro, e estes só serão perceptíveis em campo. Os autores afirmam que ideia de integração dos projetos precisa ser amplamente difundida, para que se possa obter uma diminuição dos erros e aumento na qualidade dos projetos, o que afetará diretamente os lucros finais.

Para Santos e Barison (2011), o "[...] BIM permite o registro de todas as informações de uma edificação, desde a concepção até a demolição, e serve a todos os participantes e disciplinas do empreendimento". Todas as informações, como dimensões e materiais usados são guardadas em arquivo digital paramétrico, possibilitando a extração de informações sobre o modelo em qualquer momento durante a vida útil da construção.

As vantagens do conceito BIM, são visíveis quando utilizado o *software* Revit que tem como base o sistema BIM e do *software* AutoCAD (sistema CAD), na modelagem de uma edificação multifamiliar. O Revit se destaca no tempo de modelagem em relação ao AutoCAD, sendo possível modelar um projeto de médio porte dispendo da metade do tempo que se levaria em um programa CAD. Além da redução do tempo de modelagem, é possível realizar a compatibilização de todos projetos em *softwares* BIM através da interoperabilidade que as plataformas possuem, possibilitando importar um arquivo de um programa para o outro, assim identificando incompatibilidades através das informações fornecidas ao programa. Este processo de conferência

de incompatibilidades não pode ser verificado da mesma forma nos *softwares* CAD, devido à vista bidimensional e processo manual. O presente estudo buscou mostrar as vantagens e desvantagens da tecnologia BIM em relação aos *softwares* que usam o conceito do sistema CAD.

MATERIAL E MÉTODOS

Para possibilitar a elaboração do projeto foi selecionado um lote com dimensões para a execução de um edifício. O terreno escolhido encontra-se na Rua Pedro Pinto de Souza, no município de Erechim, RS, possuindo uma largura de 17 metros de largura e 60 metros de profundidade, totalizando 1020 metros quadrados. O projeto tem as seguintes características: Subsolo (12 vagas de garagem); Pavimento térreo (02 salas comerciais, 01 salão de festas e 01 piscina), o prédio possui 3 pavimentos, contendo 02 apartamentos por pavimento. Cada apartamento será constituído por uma suíte, dois dormitórios, um banheiro social, sala de jantar, estar e televisão integradas, uma varanda gourmet, uma cozinha e uma área de serviço. A figura 1 mostra a planta baixa de um apartamento do pavimento.

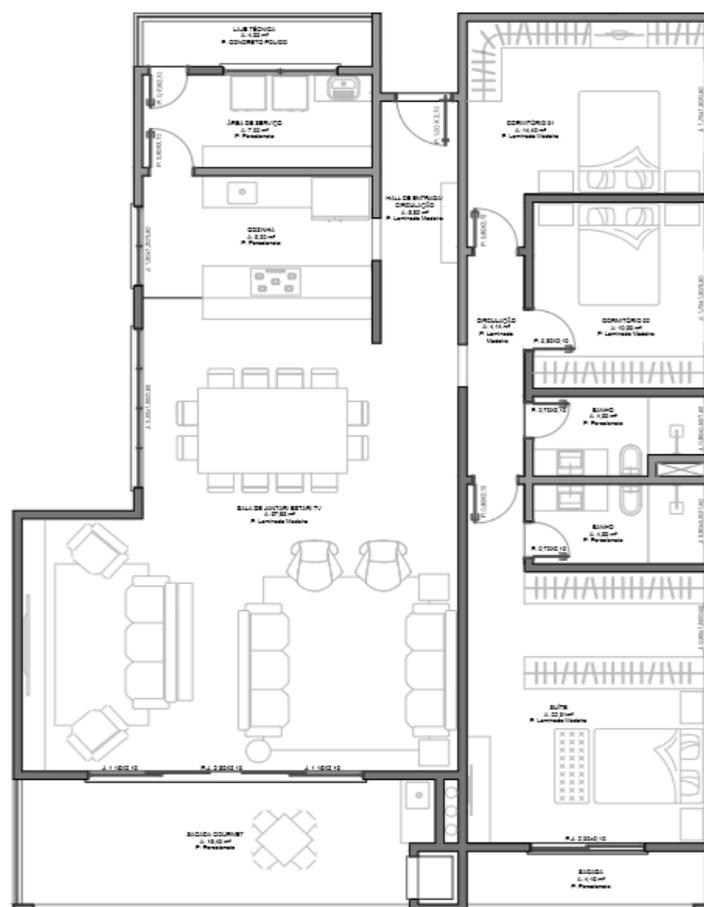


Figura 1 – Planta baixa do apartamento.

O dimensionamento do projeto elétrico foi realizado segundo a NBR 5410 - Instalações elétrica de baixa tensão - bem como a simbologia por ela estabelecida. A concepção do projeto elétrico no Revit feita através da utilização de um *template* configurado, com famílias e objetos paramétricos. A planta baixa gerada apresenta similaridade visual com a gerada no AutoCAD, o que diferencia o projeto é a visão 3D, a lista de quantidade de matérias, entre outros.

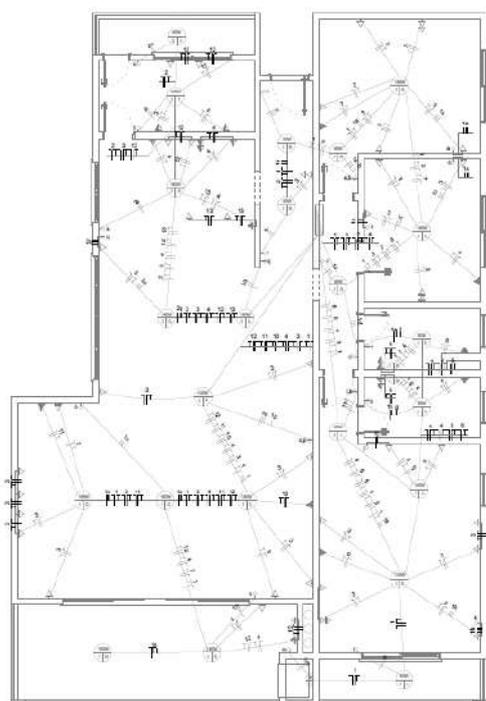


Figura 2 – Projeto elétrico - AutoCAD 2D.

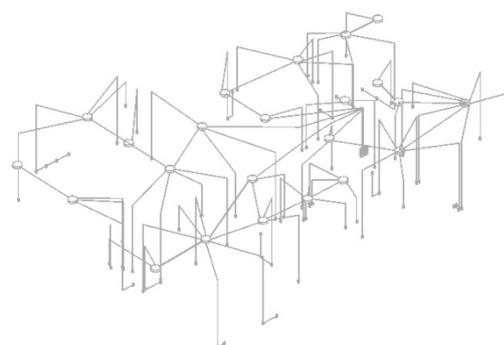


Figura 3 – Projeto elétrico - Revit.

O dimensionamento do projeto hidrossanitário foi feito seguindo a NBR 5626 - Instalação predial de água fria. Os diâmetros adotados foram calculados de forma a abastecer os pontos sem perda de carga significativa. A concepção do projeto hidráulico no Revit feita através da utilização de um template configurado, com famílias e objetos paramétricos. A planta baixa gerada apresenta similaridade visual com a gerada no AutoCAD, o que diferencia o projeto é a visão 3D, a lista de quantidade de materiais, entre outros.

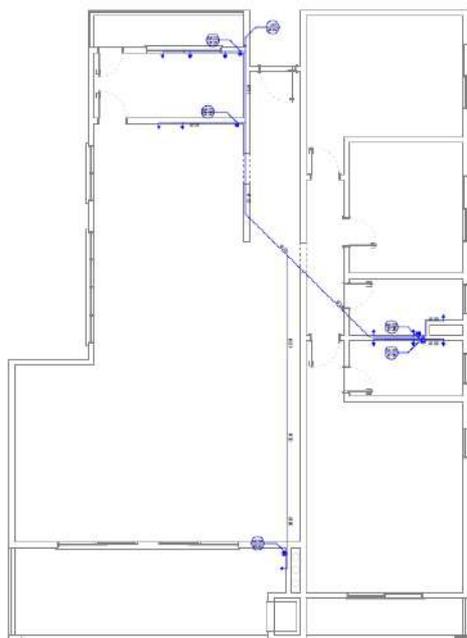


Figura 4 – Projeto hidrossanitário - AutoCAD 2D.

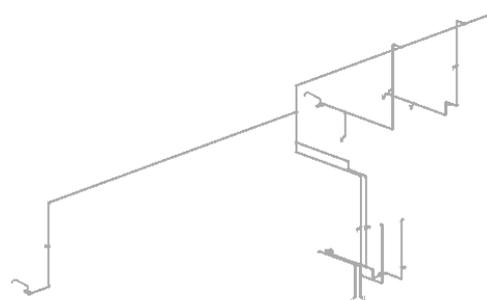


Figura 5 – Projeto hidrossanitário - Revit.

O dimensionamento de esgoto sanitário foi feito seguindo a NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto, projeto e execução. Os diâmetros e inclinações adotados foram calculados de forma a possibilitar o escoamento necessário para cada aparelho e o sistema como um todo. A concepção do

projeto no Revit feita através da utilização de um template configurado, com famílias e objetos paramétricos. A planta baixa gerada apresenta similaridade visual no AutoCAD, o que diferencia o projeto é a visão 3D, a lista de quantidade de matérias, entre outros.

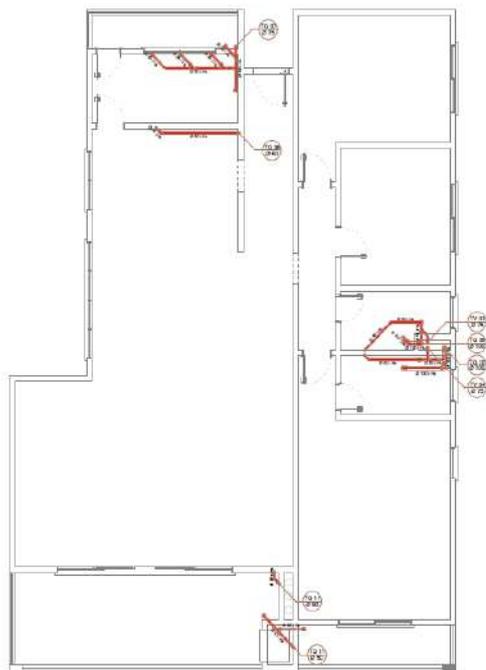


Figura 6 – Projeto esgoto sanitário - AutoCAD 2D.

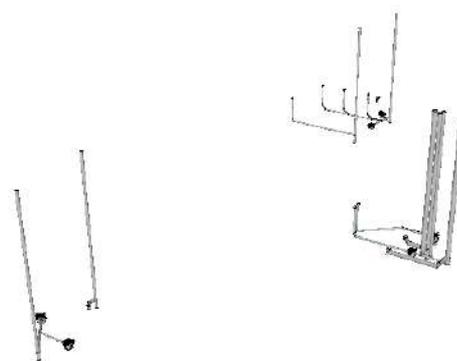


Figura 7 – Projeto esgoto sanitário - Revit.

O dimensionamento do estrutural foi realizado seguindo a NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto, procedimento - e NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Para elaboração do estudo foi usado o software TQS/CAD que possibilita importação dos seus arquivos tanto para o AutoCAD quanto para o Revit.



Figura 8 – Projeto esgoto sanitário - AutoCAD 2D.

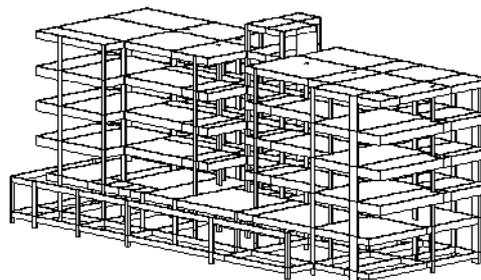


Figura 9 – Projeto esgoto sanitário - Revit.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A comparação dos resultados obtidos em função do tempo deu-se através do somatório das horas para desenvolvimento do modelo construtivo em estudo. Cada um dos softwares possui diferentes interfaces, comandos e ferramentas distintas, exigindo um estudo e conhecimento de cada para a realização de um comparativo deste tipo. Para a modelagem no AutoCAD, foram utilizadas 36:40h e para o Revit, 19:15h. A agilidade do programa Revit está na geração de cortes, fachadas, inserção de texto, áreas e entre outros comandos, sem levar em conta nessa análise a geração de quantitativos de materiais e custos quando o valor dos materiais é fornecido ao programa. A compatibilização dos

projetos no AutoCAD mostrou 11 incompatibilidades, já os projetos modelos no Revit e compatibilizados no Navisworks apontaram 8 interferências como mostrado na tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de incompatibilidade em *software*

INCOMPATIBILIDADES				
AMBIENTES	AUTOCAD	QUANT.	REVIT	QUANT.
SUÍTE	PILAR 46 X TGU	4	VIGA 21 X CAIXA DE PASSAGEM	1
	PILAR 47 X TGU			
	PILAR 50 X TGU			
	VIGA 21 X CAIXA DE PASSAGEM			
DORMITÓRIO 1	-		-	
DORMITÓRIO 2	PILAR 30 X TGU	2	PILAR 30 X TGU	2
	PILAR 37 X TGU		PILAR 37 X TGU	
BANHEIRO SUÍTE	-	0	-	0
BANHEIRO SOCIAL	-	0	-	0
SALA CONJUGADA	PILAR 42 X TGU	3	VIGA 25 X CAIXA DE PASSAGEM	2
	VIGA 25 X CAIXA DE PASSAGEM		PILAR41 X ALVENARIA	
	PILAR 41		-	
COZINHA	-	0	ÁGUA FRIA X CAIXA DE PASSAGEM	2
			ÁGUA FRIA X ELETRODUTO	
ÁREA DE SERVIÇO	-	0	-	0
SACADA GOURMET	PILAR 49 X TUBULAÇÃO ESGOTO SANITÁRIO	2	PILAR 49 X TUBULAÇÃO ESGOTO SANITÁRIO	1
	PILAR X INTERRUPTOR			
LAJE TÉCNICA	-	0	-	0
TOTAL	-	11	-	8

O número de incompatibilidades e como as mesmas ocorrem permite verificar que os softwares do sistema BIM impossibilitam a ocorrência de alguns erros e quando estes ocorrem a sua identificação é feita pelo próprio programa.

CONCLUSÕES

Na análise do tempo necessário para modelagem do projeto no Revit e no AutoCAD 2D, pode-se verificar maior agilidade para criação de um projeto no sistema BIM quando comparado ao CAD. Na fase de compatibilização, as interferências no AutoCAD só podem ser observadas na direção bidimensional, já no Revit a modelagem em três dimensões permite observar o modelo e procurar interferência entre os objetos paramétricos do projeto analisado. Mas esta conferência dentro do Revit se limita a busca de incompatibilidades de um único arquivo, não sendo possível identificar a incompatibilidade entre um cano de água fria e um eletroduto, quando um projeto elétrico é importado para um projeto hidrossanitário. Por este motivo foi necessária a utilização do Navisworks, que é uma plataforma BIM. Mas quando o Revit é usado junto com o Navisworks é possível compatibilizar as informações confirmando os benefícios da utilização destes programas. Com base nos resultados obtidos, pode-se confirmar as vantagens obtidas com a utilização do BIM em relação ao sistema CAD. Estas vantagens estão presentes na modelagem, na interoperabilidade como outras plataformas e formatos de arquivos, assim como na compatibilidade e interação entre os projetos. A eficácia dos modelos desenvolvidos com base na modelagem da informação da construção, pode proporcionar inúmeros benefícios para os profissionais que a utilizam, assim como para os clientes que serão beneficiados com um projeto completo e sem erros na hora da execução. As principais desvantagens do BIM estão na necessidade da utilização demais de um *softwares* para fazer o processo de compatibilização de projetos, na criação de bibliotecas de objetos paramétricos,

no tempo de aprendizagem do sistema, no investimento em máquinas que suportem o tamanho dos arquivos gerados. Entretanto, estas desvantagens não são tão significativas quando comparadas as vantagens que sua utilização pode trazer para os profissionais da área da construção civil.

Diante de todas as informações obtidas no decorrer desse estudo, é possível concluir que os objetivos propostos foram atingidos, foram avaliadas as vantagens e desvantagens da utilização do Sistema CAD (plataforma AutoCAD 2D) e Sistema BIM (plataforma Revit) na modelagem de uma edificação comercial e multifamiliar e o tempo utilizado para o desenvolvimento dos projetos complementares em ambos os softwares.

REFERÊNCIAS

_____. NBR 5410. **Instalações elétricas de baixa tensão**- Procedimento. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 5626. **Instalação predial de água fria** - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR 8160. **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**- Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

_____. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

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

MONTEIRO. P. S. **A engenharia simultânea como otimizadora do projeto do produto nas construções com estrutura metálica**. 2007. 59 f. Dissertação (Monografia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

SANTOS. E. T.; BARISON. M. B. Formação de recursos humanos devidamente familiarizados com os novos paradigmas que o BIM pressupõe é essencial e urgente. **Construção Mercado.PINI**, ed. 115, fev. 2011. Disponível em: < <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282479-1.aspx>> Acesso em 22 maio 2016.

SOUZA. L. L. A.; AMORIN. S. R. L.; LYRIO. A. M. Impacto do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, nov. 2009.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÃO TOTAL E
RECEPTOR GNSS PARA LEVANTAMENTO COM
FINS DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO****Aluno: Volnei Evandro Garcia****Orientador: Aparecido da Silva Júnior****INTRODUÇÃO**

Projetar um objeto nada mais é do que lhe atribuir coordenadas, e determinar a posição foi um dos primeiros problemas científicos que o ser humano procurou solucionar. Ao se projetar qualquer obra se impõe um prévio levantamento topográfico do lugar onde a mesma deverá ser implantada; daí a importância da Topografia, que se incumba do levantamento ou medição, que deverá ser precisa e adaptada ao terreno.

Fazer um levantamento é proceder a todas as operações necessárias para alcançar os objetivos da Topografia, isto é, a medição de ângulos e distâncias e a execução dos cálculos e desenhos indispensáveis para representar fielmente, os elementos colhidos no terreno. Os equipamentos mais utilizados para esses levantamentos topográficos atualmente são a Estação Total e o GNSS.

Este trabalho justifica ser realizado para comparar a precisão entre equipamentos de topografia utilizados para realizar levantamento para o cadastro técnico multifinalitário, podendo assim definir em diferentes situações do levantamento de campo qual melhor equipamento para cada situação.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os levantamentos foram executados na cidade de Erechim /RS no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI Erechim (Figura 1), situada no bairro Demoliner. Onde a partir do marco principal localizado no terreno do campus e servindo como ponto inicial, foram feitos os levantamentos planialtimétricos e os ângulos de referência anotados, utilizando como pontos subsequentes os cantos das edificações como referência

Os equipamentos Estação Total da marca Leica TC 307 utilizando técnicas da topografia clássica por meio da irradiação e poligonação conjugadas, e comparado com valores obtidos do receptor GNSS South S86S utilizando a técnica de posicionamento por Ponto Preciso (PPP), onde foram anotadas as coordenadas e os dados obtidos em cada método nesta pesquisa.



Figura 1- Área de estudo

TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS

Foi utilizada uma estação total da marca Leica, modelo TC 307, (Figura 2) com precisão angular de 7" e linear de 2 mm + 2 ppm, em medição padrão, e utilizadas as técnicas da poligonação e irradiação conjugadas, partido de um marco geodésico, localizado dentro do câmpus.



Figura 2- Estação Total

Método da irradiação

Segundo Espartel (1975), o método da Irradiação também é conhecido como método da Decomposição em Triângulos ou das Coordenadas Polares. É um método utilizado para medição de pequenas superfícies relativamente planas, medindo azimutes e distâncias, a precisão do método depende do equipamento utilizado e do operador.

Poligonal auxiliar

Segundo NBR 13.133/94 é a poligonal que, baseada nos pontos de apoio topográfico planimétrico, tem os seus vértices distribuídos na área ou faixa a ser levantada de tal forma, que seja possível coletar, direta ou indiretamente, por irradiação, interseção ou por ordenadas sobre uma linha base, os pontos de detalhes julgados importantes, que devem ser estabelecidos pela escala ou nível de detalhamento do levantamento.

E comparada a precisão com receptor GNSS South S86S utilizando a técnica de processamento de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), onde foram anotadas as coordenadas e os dados obtidos em cada método nesta pesquisa.

Segundo Monico (2008), o Sistema de Navegação Global por Satélite (Global Navigation Satellite System) são sistemas que estabelecem o posicionamento geoespacial autônomo através do uso de satélites artificiais. Estes sistemas permitem que receptores (Figura 3) possam determinar a sua localização em comparação com os sinais dos satélites.



Figura 3– Receptor GNSS

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para alcançar todos os cantos das construções levantadas, foram necessárias 6 trocas de estação (pontos E). Isso se faz necessário pois entre os pontos deve haver intervisibilidade, fazendo com que o trabalho seja mais demorado em relação ao receptor GNSS onde não há necessidade de que os pontos sejam visíveis entre si.

A Tabela 4 mostra a estatística do Erro Total obtido com a estação total para os 46 pontos. Os valores foram convertidos para milímetro para uma melhor visualização.

Tabela 4: Estatística descritiva da precisão obtida.

Equipamento	Média (mm)	Desvio padrão (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Estação total	3,876	1,563	2,000	9,951

Como vantagens do GNSS pode-se citar que: não há necessidade de voltar a origem do levantamento (ré e avante); não é necessário voltar em caso de erro nas anotações dos levantamentos, pois armazena os dados colhidos; não há necessidade de cálculos (como planilha no Excel); com os dados repassados aos software os pontos do AUTOCAD são apenas ligados entre si.

As desvantagens do GNSS encontram-se no fato de que: não foi possível a anotação de todos os vértices das edificações, sendo que em poucos pontos foi conseguido estabelecer sinal de satélite devido a impedimentos físicos e também pela cobertura em acrílico nos prédios 1, 2 e 8; como o GNSS tinha de ficar o mais próximo possível do canto do edifício e em nível, não houve a identificação de sinal de satélites o suficiente.

Foi possível a leitura de poucos pontos por edificação devido a impedimentos físicos. Para corrigir tais adversidades, seria necessário o uso do RTK, o qual não está disponível na universidade, pois este aparelho faz a correção via rádio em tempo real, apresenta melhor precisão de tempo e rapidez no levantamento, sendo necessário entre 2 e 3 minutos por ponto

CONCLUSÕES

Como resultados deste trabalho, obteve-se o levantamento topográfico executado com a estação total como equipamento topográfico com melhor precisão e mais adequado em relação ao receptor GNSS, visto que a média dos Erros Totais foi de 3,9 mm obtidos com a estação total, algo que é extremamente relevante, pois a Engenharia Civil necessita de grandes precisões.

Uma situação importante a ser apresentada é a necessidade do sinal de satélite do GNSS, sendo que a produtividade do trabalho de campo depende deste, para que a exatidão seja compatível com as necessidades do CTM.

Como desvantagens no receptor GNSS, pode-se dizer que na maioria das vezes é impossível o cadastramento de edificações, pois é necessário que o receptor móvel deve estar conectado permanentemente a quatro ou mais satélites, quando isso não acontece, é necessário a reinicialização. No trabalho realizado a totalidade das tentativas de cadastramento dos vértices dos edifícios na área levantada o número ficou entre 4 e 11 satélites o máximo, quando apresentava 7 satélites era possível o processamento em alguns pontos, mas sendo feitas várias reinicializações,

onde de um total de 46 pontos somente 28 destes obtiveram boa recepção de sinal, sendo possível o levantamento de aproximadamente 60% dos pontos de interesse da área utilizando este receptor, impossibilitando o completo levantamento

Desta maneira, feitas as comparações entre os equipamentos, nesta pesquisa conclui-se que o aparelho estação total foi o mais adequado, assim com o mapa final (Figura 4), criado a partir dos dados do método mais preciso com fins do Cadastro Técnico Multifinalitário.

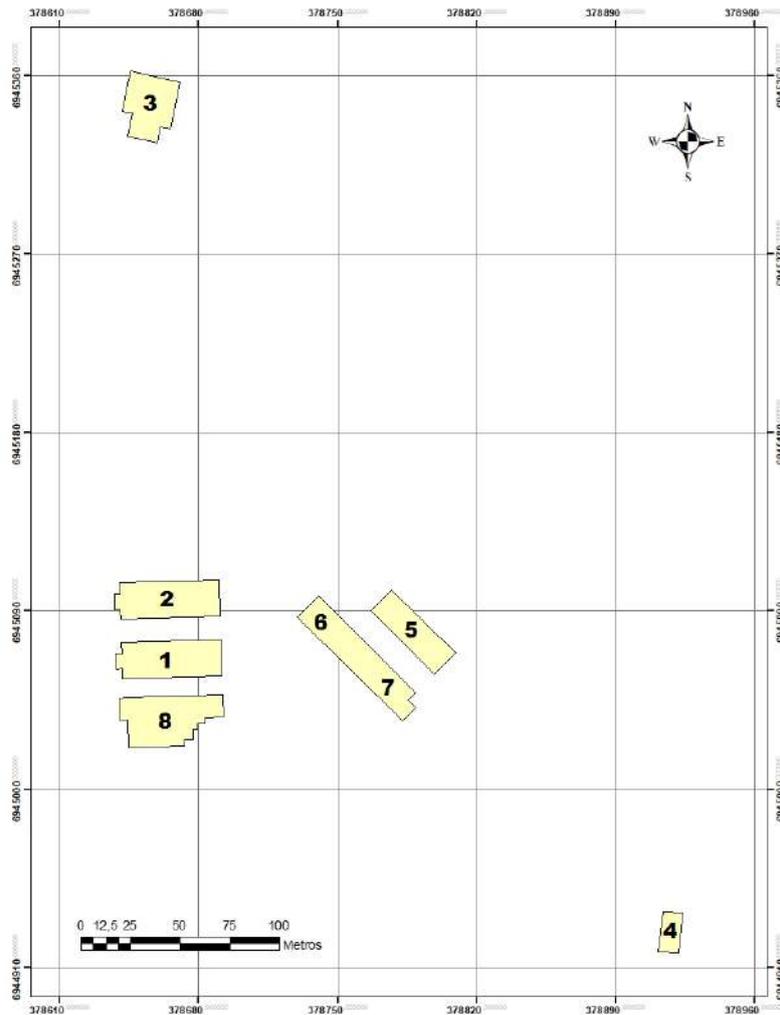


Figura 4 - Mapa final elaborado a partir dos dados da estação total

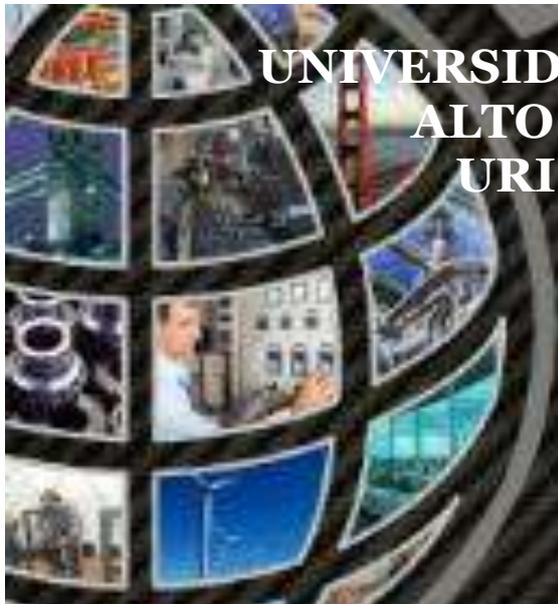
REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico: Rio de Janeiro, 1994.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Porto Alegre: Editor Globo, 1975

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS**, São Paulo: Editora Unesp, 2008.

LEICA. **Catálogo Leica TC-307**. Disponível em: <<http://www.geotopografia.com/Downloads/Manual%20Esta%C3%A7%C3%A3o%20Total%20tps300.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.



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



URI

ERECHIM

VI MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA ELÉTRICA

06 de dezembro de 2017



Linha de Pesquisa: Sistemas Fotovoltaicos
Área do Conhecimento: Processamento de Energia



ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE PROCESSAMENTO DE ENERGIA COM DUPLO ESTÁGIO DE CONVERSÃO APLICADO À SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

Aluno: Anderson José Balbino
Orientador: Adilson Luís Stankiewicz
Coorientador: Cícero Matuella Moreira

INTRODUÇÃO

Em virtude do crescente consumo de energia elétrica nas últimas décadas, faz-se necessário investimentos tecnológicos na área de geração de energia com o objetivo de suprir a demanda energética global. De acordo com a *International Energy Agency*, relatou-se um aumento de 9,71 % na produção mundial de eletricidade de 2010 a 2014 (IEA, 2016). Além disso, considerando-se o interesse global no crescimento sustentável, a utilização de fontes renováveis tem se destacado (OLIVEIRA et al., 2016). Em 2015, notou-se um crescimento de 147 GW na capacidade instalada global oriunda de fontes renováveis devido a políticas implementadas por governos e setores industriais (SAWIN; SEYBOTH; SVERRISSON, 2016).

Com os problemas ambientais causados por uma matriz energética composta em sua grande parte por combustíveis fósseis, advém-se a necessidade de reduzir os impactos causados pelas fontes não-renováveis de energia. Assim sendo, incentiva-se à inserção de novas tecnologias de geração de menor potência, conectadas a níveis de tensão mais baixos e próximas aos centros consumidores. Desse modo, pode-se suprir a grande demanda local, complementando as grandes centrais geradoras (hidrelétricas, termelétricas, entre outras). Essa nova tendência denomina-se geração distribuída (GD), sendo uma proposta emergente frente ao fluxo bidirecional de energia entre o consumidor e a rede de distribuição (FACCHINELLO, 2017).

Dentre as diversas formas de geração sustentáveis de eletricidade (pequenas centrais hidrelétricas, energia eólica, energia solar, biomassa), a energia solar fotovoltaica apresentou um crescimento médio de 24,3 % na capacidade instalada global no período de 2014 a 2015, segundo o *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* (ISE, 2016). Atribui-se esse crescimento exponencial de potência instalada ao reduzido impacto ambiental, amadurecimento tecnológico, rápida implantação, baixa manutenção, robustez do sistema, possibilidade de instalação próxima aos pontos de consumo e grande disponibilidade, diferentemente das principais fontes energéticas de geração atuais.

Ainda que com custo inicial de implantação elevado, investimentos vêm sendo realizados com o foco de maximizar a eficiência dos painéis fotovoltaicos e reduzir seus custos de produção. Além disso, a energia fotovoltaica somente alcançou os níveis atuais de geração devido ao desenvolvimento da eletrônica de potência aplicada no processamento da energia elétrica, no sentido de otimizar os conversores e técnicas de controle. Na maior parte dos casos, a eletrônica de potência é utilizada com o objetivo de converter e adequar os níveis de tensão e corrente de forma a garantir o máximo desempenho, confiabilidade e rendimento ao sistema.

Pode-se utilizar a energia elétrica proveniente de sistemas fotovoltaicos para microgeração de energia, injetando-a na rede elétrica comercial através de conversores CC-CA. Contudo, sua mobilidade também permite a sua implementação em aplicações móveis ou em locais onde não há fornecimento de energia elétrica da rede comercial (VILLALVA, 2014). Os sistemas isolados também são largamente empregados como fontes de energia para sistemas de pequeno porte (iluminação e refrigeração) instalados em locais remotos (GIMENES, 2011).

Nesse contexto, frente aos avanços contemporâneos na área de energia fotovoltaica, esta monografia tem como objetivo principal o estudo e desenvolvimento de um sistema de processamento eletrônico com duplo estágio de conversão para conexão de cargas trifásicas aplicado à sistemas isolados, ou seja, não conectados a rede elétrica. Ilustra-se na Fig. 1 um esquemático geral do sistema proposto.

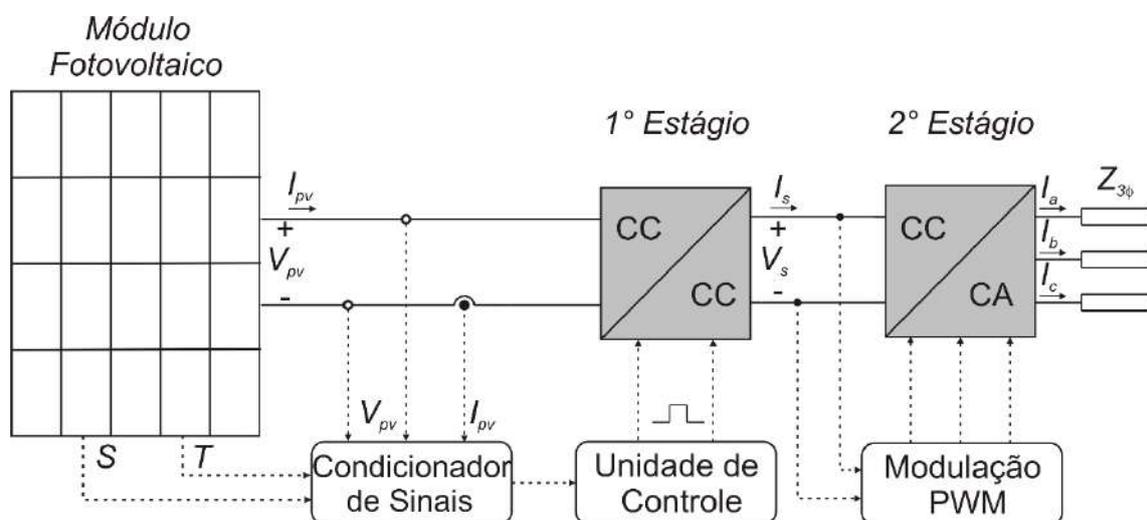


Figura 1 – Representação geral do sistema proposto

Apresenta-se primeiramente na próxima seção as características elétricas do módulo fotovoltaico KD 140SX. Posteriormente, desenvolve-se a metodologia proposta para o 1º estágio de processamento de energia do sistema, consistindo de um conversor CC-CC para sintetizar um barramento de tensão contínua adequado para o inversor trifásico. Por fim, a análise será relacionada ao 2º estágio de processamento eletrônico de energia, um inversor trifásico.

A seção dos Resultados e Discussões compreende os resultados experimentais do 1º e 2º estágios de processamento eletrônico da energia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo compreende a metodologia proposta para o projeto do conversor CC-CC e do inversor trifásico, bem como o estudo dos parâmetros elétricos do módulo fotovoltaico em questão. Dessa forma, será realizada a análise qualitativa e quantitativa dos circuitos propostos.

Módulo Fotovoltaico Kyocera KD 140SX

Para operação de um modelo específico de módulo fotovoltaico, necessita-se analisar a folha de dados com as principais características elétricas em STC (do inglês *Standard Test Conditions*) e NOCT (do inglês *Normal Operation Cell Temperature*). Apresenta-se na Tabela 1 as características do módulo fotovoltaico KD 140SX disponibilizadas pelo fabricante Kyocera.

Tabela 1 - Características elétricas do módulo fotovoltaico KD 140SX (Kyocera, 2016)

Parâmetro Elétrico	STC	NOCT
Potência máxima	140 W	101 W
Tensão de máxima potência	17,7 V	16 V
Corrente de máxima potência	7,91 A	6,33 A
Tensão de circuito aberto	22,1 V	20,2 V
Corrente de curto-circuito	8,68 A	7,03 A
Eficiência	14 %	12,6 %

Estágio CC-CC de Conversão de Energia Elétrica

Conforme apresentado na Introdução, o sistema possui dois estágios de processamento da energia proveniente do módulo fotovoltaico KD 140SX. Devido ao fato desse dispositivo fornecer um baixo nível de tensão de saída (tensão de máxima potência situada em 17,7V), faz-se necessário elevar essa grandeza aplicando-se um conversor CC-CC, com o intuito de alimentar adequadamente o 2º estágio do sistema (inversor trifásico). Sendo assim, os critérios adotados para a seleção da topologia do conversor CC-CC a ser utilizado são apresentados nesta seção, bem como a análise qualitativa e quantitativa do circuito elétrico.

Escolha da topologia do conversor CC-CC

Realizou-se a escolha da topologia com base em critérios de operação do conversor interligado ao módulo fotovoltaico. De acordo com Gimenes (2011), as condições desejadas para o conversor a ser selecionado são:

- Característica de elevação de tensão;
- Entrada em corrente com baixa ondulação, resultando em maior estabilidade da tensão de entrada;
- Relação de transformação elevada;
- Isolação galvânica.

Após o estudo das diversas topologias de conversores CC-CC encontradas na literatura, optou-se pelo conversor Push-Pull alimentado em corrente, devido ao fato de que o mesmo opera como elevador de tensão com isolamento galvânica proporcionada pelo transformador, indutor de entrada que minimiza a ondulação de corrente e seu ganho estático independe da carga para o modo de condução contínua (MCC).

Análise do conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente

Ilustra-se na Fig. 2 a estrutura básica do conversor Push-Pull alimentado em corrente.

De acordo com Hart (2011), o indutor L_e entrada do circuito estabelece uma fonte de corrente aproximadamente constante. A chave S_1 direciona a corrente para o enrolamento L_{P1} e a chave S_2 direciona para o enrolamento L_{P2} . Com as duas chaves fechadas, a corrente é dividida de maneira uniforme entre os enrolamentos.

O conversor Push-Pull em corrente opera com os comandos dos interruptores S_1 e S_2 sobrepostos de modo a não permitir a abertura do circuito conectado ao ramo do indutor, devido a sobretensão provocada caso isto ocorra (GIMENES, 2011).

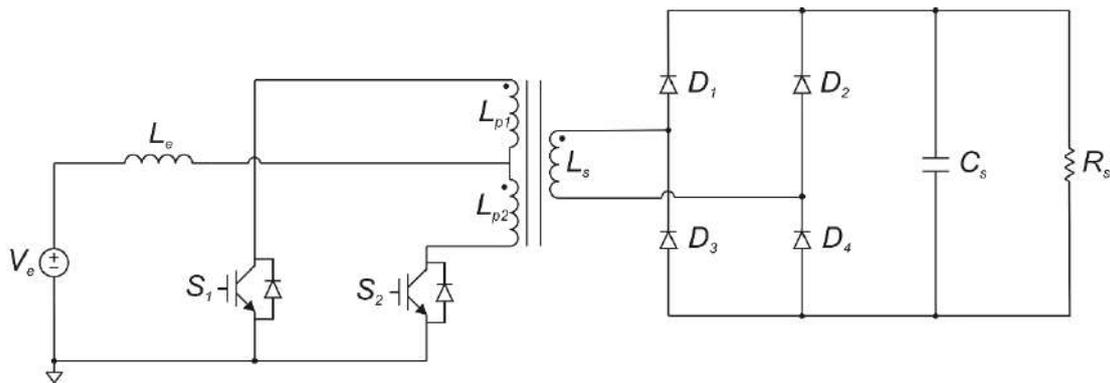


Figura 2 - Conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente

Estágio CC-CA de Conversão de Energia Elétrica

O principal objetivo deste estágio é a adequação da tensão contínua do barramento CC proveniente do conversor Push-Pull para uma tensão alternada compatível com o sistema proposto. Dessa forma, apresenta-se nesta seção os conceitos sobre o inversor trifásico.

Inversor trifásico

O inversor trifásico é constituído por três braços, onde cada um tem suas extremidades conectadas aos pontos positivo e negativo do barramento CC, sendo composto por duas chaves semicondutoras. A ordem de fechamento e abertura das chaves possibilita a variação da polaridade da tensão de saída, criando um sinal alternado a partir da tensão contínua. Em antiparalelo a cada uma das chaves existe um diodo de retorno associado, o qual permite o funcionamento adequado do inversor com cargas indutivas. Apresenta-se na Fig. 3 o circuito elétrico do inversor trifásico.

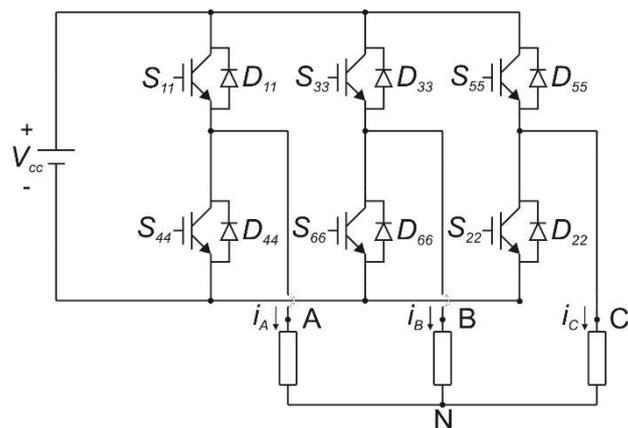


Figura 3 - Inversor trifásico

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validar o sistema proposto, ilustra-se na Fig. 4 a conexão do conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente ao inversor trifásico, bem como seus circuitos auxiliares. Dessa forma, analisam-se os dois estágios de conversão de energia elétrica do sistema proposto da Fig. 1.

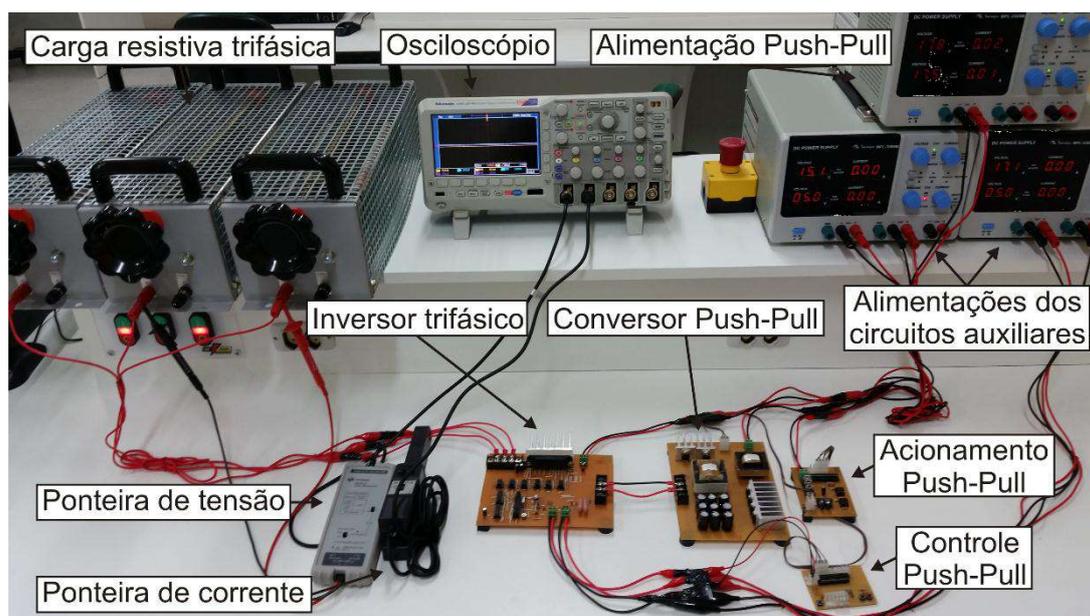


Figura 4 - Bancada experimental de testes

Para a validação experimental dos dois estágios de processamento de energia, alimentou-se inicialmente o conversor Push-Pull com uma fonte de tensão Minipa MPL-3305M regulada em 6,6 V, medindo-se uma tensão de 150 V no barramento CC do conversor Push-Pull, o qual está diretamente conectado à entrada do inversor trifásico, é de 150 V.

Desse modo, para analisar o desempenho do conversor Push-Pull quanto à estabilidade de tensão e validar o inversor com a síntese das tensões trifásicas, configurou-se um índice de modulação de 0,7778174593052 no sistema de controle do 2º estágio. Para tal índice, a amplitude da tensão de saída teórica é de 116,67 V, correspondente ao produto entre o índice de modulação e a tensão do barramento CC. Ilustra-se nas Figuras 5 e 6 as tensões e correntes trifásicas, respectivamente, medidas na saída do inversor trifásico.

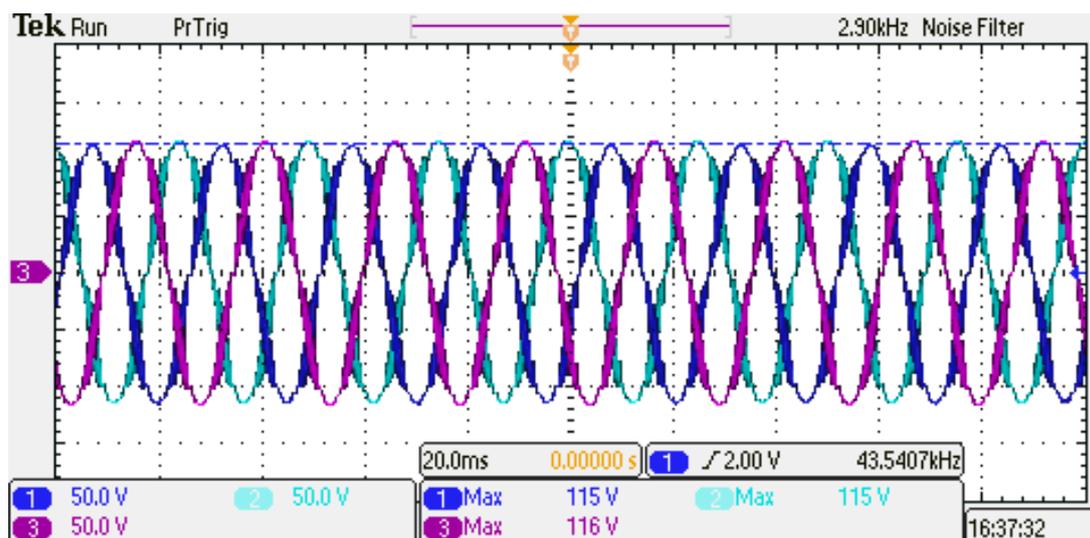


Figura 5 – Resultado experimental das tensões trifásicas na saída do inversor

Analisa-se na Fig. 5 que a amplitude máxima das tensões trifásicas medidas correspondem ao valor teórico apresentado de 115 V. Salienta-se que as correntes trifásicas medidas da Fig. 6 correspondem ao valor calculado de 70 mA por fase do inversor.

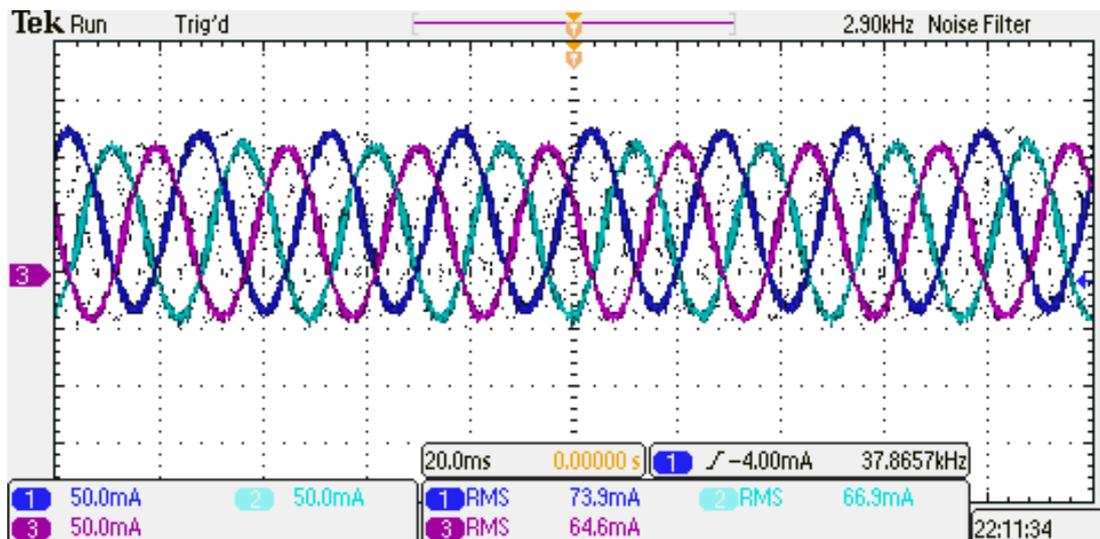


Figura 6 – Resultado experimental das correntes trifásicas na saída do inversor

CONCLUSÕES

Como objetivo principal desse trabalho, conectou-se o conversor CC-CC Push-Pull ao inversor trifásico para alimentação de cargas resistivas. Avaliou-se a operação do sistema para uma tensão de barramento CC de 150 V e tensão de pico na saída do inversor trifásico com amplitude de 115 V. Analisaram-se as formas de onda experimentais, comprovando assim a operação do dispositivo de processamento para as condições de teste aplicadas.

REFERÊNCIAS

- FACCHINELLO, G. G. **Inversores Tipo Forward para Conexão de Fontes Renováveis à Rede Elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- GIMENES, T. P. **Sistema de Processamento de Energia para Conexão de Paineis Fotovoltaicos à Rede Elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2011.
- HART, D. W. **Eletrônica de Potência - análise e projeto de circuitos**. 8a. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2011.
- IEA. Key world energy statistics. **International Energy Agency**, 2015.
- ISE. Photovoltaics report. **Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems**, 2015.
- OLIVEIRA, S. A. et al. Sistema Fotovoltaico com Condicionamento Ativo de Energia Usando MPPT Baseado em PSO e Malha Feed-Forward de Controle de Tensão do Barramento CC. **Eletrônica de Potência**, p. 105–116, 2016.
- KYOCERA. **Installation Manual for the KD135 SX-UPU, KD140SX-UPU of solar photovoltaic power modules**. 2016.
- SAWIN, J. L.; SEYBOTH, K.; SVERRISSON, F. **Renewables 2016: Global Status Report**. 2016.
- VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1a edição. ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.



Linha de Pesquisa: Simulação em Tempo Real
Área Temática: *Hardware-In-the-Loop*



ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO PARA PLATAFORMAS HIL DE BAIXO CUSTO

Aluno: Deividi Felipe Zaions
Orientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

Devido ao avanço tecnológico propiciado pelas novas tecnologias, tem-se hoje maneiras mais fáceis e econômicas de se desempenhar certas atividades. Tratando de procedimentos industriais, um componente em destaque é o motor de indução trifásico (MIT). Esse equipamento é o principal elemento responsável pela conversão de energia elétrica em mecânica. Com o passar dos anos desenvolveram-se novos métodos e técnicas de fabricação para esse equipamento, reduzindo seu custo e aumentando sua eficiência. Dentre as principais características atribuídas a essa máquina estão: baixo custo de manutenção, construção simples, operação robusta, baixo fator de potência e complexo controle de velocidade em relação ao motor de corrente contínua (Krause et al., 2002).

Tendo isso em mente, nota-se que para um correto projeto sobre o MIT a sua simulação é indispensável. A partir dela pode-se evidenciar condições de operação antes de submeter a máquina a testes reais. Com o desenvolvimento tecnológico das capacidades computacionais e circuitos eletrônicos, as ferramentas de simulação apresentam modelos mais complexos e precisos.

Dentre as formas de simulação, uma grande perspectiva está sobre a simulação *Hardware-In-the-Loop* (HIL). Seu contexto baseia-se na simulação em tempo real de sistemas onde uma parte é emulado a partir de seu modelo matemático e as demais são físicas conectados ao laço de simulação por meio de uma interface de comunicação. A partir disso, somente parte de um sistema é simulado enquanto os demais itens permanecem reais (Dufour et al., 2003).

Dessa forma, o HIL torna-se interessante quando certos elementos de um sistema têm difícil modelagem matemática, alto custo para aquisição ou alguma inviabilidade técnica. Uma de sua utilização é para testes sobre controladores, onde o controlador é físico e a planta é simulada. Nesse caso, técnicas de controle podem ser validadas com maior exatidão (Pizetta et al., 2012).

Com isso, a emulação do MIT baseado em técnicas de HIL possibilita a avaliação de métodos de controle, sistemas de acionamento, condições de operação e proteção de modo prático e econômico. Assim, esse trabalho propõe o estudo do comportamento dinâmico de um motor de indução trifásico para plataformas HIL de baixo custo, utilizando um microcomputador Raspberry Pi 3 para a determinação do comportamento do MIT emulado quando alimentado pela rede elétrica de energia.

MODELO MATEMÁTICO DO MIT

Inicialmente, define-se o modelo matemático do comportamento dinâmico do MIT. Sua precisão está diretamente vinculada à precisão almejada. Realizam-se considerações iniciais de modo a simplificar o modelo. Frequentemente utiliza-se a abordagem de equações diferenciais para a descrição do comportamento dinâmicos de máquinas elétricas. Em seu auxílio, faz-se uso de artifícios matemáticos para manipulação de grandezas com intuito de maior simplificação, como por exemplo a Transformada de Clark e Park (Krause et al., 2002).

Para a definição do modelo matemático do comportamento dinâmico do motor de indução trifásico analisa-se a literatura presente. Dentre as diversas aproximações, escolhe-se para esse estudo o modelo desenvolvido por Ong (1997) e Krause et al. (2002). O modelo exposto pelos autores tem excelente relação entre desempenho e simplicidade, em que o objetivo de descrever o comportamento de um motor de indução trifásico é satisfeito plenamente, conforme explicitado por Duman et al. (2014) e Tavana e Dinahavi (2015).

O modelo é composto pela inicial análise das equações diferenciais que regem o comportamento dinâmico da máquina motriz, avaliando suas tensões e conjugado eletromecânico, expressas por:

$$\mathbf{v}_{abcs} = \mathbf{r}_s \cdot \mathbf{i}_{abcs} + \frac{d\lambda_{abcs}}{dt} \quad (1)$$

$$\mathbf{v}_{abcr} = \mathbf{r}_r \cdot \mathbf{i}_{abcr} + \frac{d\lambda_{abcr}}{dt} \quad (2)$$

Onde \mathbf{v}_{abcs} é o vetor de tensões de fase no estator, \mathbf{r}_s é a matriz de resistências no estator, \mathbf{i}_{abcs} é o vetor de correntes no estator, λ_{abcs} é o vetor de fluxos concatenados no estator, \mathbf{v}_{abcr} é o vetor de tensões no rotor, \mathbf{r}_r é a matriz de resistências do rotor, \mathbf{i}_{abcr} é o vetor de correntes no rotor e λ_{abcr} é o vetor de fluxos concatenado no rotor.

Após referenciar as grandezas do rotor para o estator, a partir da Transformada de Park, Eq. 3, as variáveis associadas às componentes simétricas entre o estator e o rotor são atribuídas a um eixo de referência. Com isso, as indutâncias entre o rotor e o estator são relacionadas a este eixo e não mais a posição do rotor. Dessa forma, parâmetros variantes no tempo tornam-se invariantes, simplificando o modelo matemático.

$$\mathbf{K}(\theta) = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos \theta & \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Sendo $\mathbf{K}(\theta)$ a matriz de transformação de abc para dq0 e θ a posição angular de referência.

Uma vez estabelecidas as equações relacionadas ao eixo de referência com a transformada de Park, representa-se as equações em funções de estado. As funções de estado são definidas a partir de suas variáveis de estado, sendo que essas podem definir o comportamento dinâmico do modelo. A Eq. 4 demonstra o modelo das funções de estado.

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u} \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{D}\mathbf{u} \end{aligned} \quad (4)$$

Onde, $\dot{\mathbf{x}}$ é o vetor das derivadas das variáveis de estado com relação ao tempo, \mathbf{A} é a matriz de estado, \mathbf{x} é o conjunto de variáveis de estado, \mathbf{B} é a matriz de entrada, \mathbf{u} é a entrada do sistema, \mathbf{y} é a saída do sistema, \mathbf{C} é a matriz de saída e \mathbf{D} é a matriz de transferência direta.

Ao analisar as equações obtidas em coordenadas dq0 observa-se que as mesmas são de primeira ordem. Dentre os métodos numéricos de solução, o método de Euler apresenta-se como uma opção simples, e já aferido pela literatura para simulação de motores de indução trifásicos em plataformas HIL, como demonstram Dufour et al. (2003) e Tola e Sengupta (2012).

Para a discretização e solução do modelo matemático utiliza-se da metodologia demonstrada por Chapra e Canale (2011). Seu método generalizado é explicitado na Eq 5.

$$y_{i+1} = x \cdot T_s + y_i \quad (5)$$

Onde y_{i+1} corresponde a função a ser calculada, x é a entrada, T_s é o período de amostragem e y_i é o valor atual da função.

SIMULAÇÃO NO PROGRAMA PSIM

A partir dos parâmetros obtidos nos ensaios do motor de indução trifásico, pode-se configurar o modelo desse motor adequadamente no PSIM. O programa dispõe do modelo linear do motor de indução trifásico na configuração gaiola de esquilo sem saturação, o qual corresponde ao modelo pretendido na plataforma HIL. Esse então é utilizado para a validação dos parâmetros obtidos, realizando a comparação entre a forma de onda da corrente de fase obtida em teste experimentais e a forma de onda proveniente da simulação.

Para a execução da emulação da plataforma HIL no programa PSIM, deve-se considerar que a referência de tempo de execução é o próprio tempo de simulação do programa. Para uma emulação satisfatória, o HIL deve executar sua rotina em um intervalo de tempo hábil a fim de cumprir as condições de precisão e fidelidade do motor real e do motor presente no programa PSIM.

Logo, a frequência de amostragem dos resultados obtidos na emulação HIL é a frequência de iteração do método numérico utilizado. Quanto maior a frequência, mais aproximado tem-se os resultados, porém a exigência computacional aumenta significativamente.

Uma vez com o sistema emulador da plataforma HIL devidamente configurado no programa PSIM, pode-se então realizar testes comparativos ao modelo presente no programa e com o teste experimental para diferentes frequências de amostragem. A partir dos dados obtidos em simulação, definem-se as condições a serem aplicadas à plataforma experimental HIL do motor de indução trifásico. Considera-se que o desempenho deve ser superior, aproximando-se da máquina real, uma vez que os dados da tensão de alimentação não serão mais ideais, mas sim provenientes da rede elétrica existente.

PLATAFORMA EXPERIMENTAL HIL

A seleção da plataforma visa atender critérios mínimos a fim de tornar o projeto possível com um baixo custo. Os fatores a serem avaliados remetem às características de hardware e software da plataforma de desenvolvimento. Também leva-se em consideração o nível de complexidade na programação e dos circuitos eletrônicos a fim de viabilizar a interface de execução do HIL.

As principais características a serem atendidas pelo *hardware* e *software* da plataforma são: capacidade de processamento, periféricos, portas E/S e modo de visualização das informações. A plataforma deve possuir os recursos afim de executar o algoritmo do HIL em um período adequado, tendo uma fácil configuração dos parâmetros da máquina de indução e expondo as informações de modo fácil e interativo.

Define-se a plataforma Raspberry Pi 3 como responsável pela emulação das correntes do motor de indução trifásico devido suas características de *hardware* atenderem às especificações previamente mencionadas.

Por fim, desenvolve-se o circuito de instrumentação responsável pela amostragem das tensões trifásicas da rede elétrica. As características de hardware a serem atendidas condizem principalmente com a plataforma Raspberry Pi 3. Para um dimensionamento adequado deve-se considerar que a plataforma não possui conversor A/D interno, direcionando essa tarefa para o circuito de instrumentação. Nota-se também que a plataforma possui 28 portas de E/S, comunicação I2C, SPI, UART, e opera com tensões de 0 V ou 3,3 V, para nível lógico baixo ou alto.

Com base nos requisitos indicados, pode-se então projetar um circuito de instrumentação capaz de atender essas necessidades a fim de compor a plataforma experimental HIL. Para essa tarefa utiliza-se o conjunto de alguns circuitos básicos, como transformadores, divisores de tensão, Amp Ops e conversores AD.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos a partir do comportamento dinâmico do motor de indução trifásico EBERLE de modelo S 71 A4 E761. Inicialmente apresenta-se as características do motor em estudo quanto a sua placa de identificação. Os ensaios a vazio e de rotor bloqueado foram realizados para aquisição dos parâmetros restantes não fornecidos pelo fabricante.

Para a emulação da plataforma HIL, utiliza-se do princípio de que o programa PSIM irá desempenhar o ambiente real. O intervalo de tempo transcorrido pelo programa corresponde diretamente ao tempo real de execução do mesmo, onde a plataforma emulada deve realizar seus cálculos e representar suas saídas.

Com os parâmetros coletados configurados no programa, aplica-se a mesma entrada de tensão na plataforma HIL e no modelo do motor de indução trifásico do PSIM. A Figura 1 expõe o diagrama de simulação.

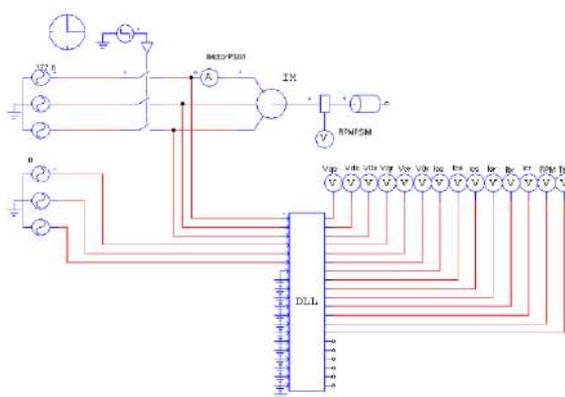


Figura 1 – Diagrama de Simulação do HIL no programa PSIM.

A frequência de execução do algoritmo HIL define sua precisão. A fins de análise e geral comparação, definem-se no estudo as frequências de 10 kHz, 50 kHz e 100kHz. Observa-se que o comportamento dinâmico das correntes de fase do motor de indução simulado e emulado são semelhantes em todas as frequências executadas. Ao analisar o torque eletromagnético em relação à velocidade desenvolvida para diversas frequências de execução, pode-se ressaltar que o comportamento dinâmico das grandezas mecânicas também é cumprido.

A partir das análises efetuadas, comprova-se que a plataforma HIL pode descrever adequadamente o comportamento dinâmico de um motor de indução trifásico. Para isso, define-se a frequência de 50 kHz como objetivo a ser alcançado pela plataforma experimental.

Com o propósito da validação experimental, desenvolveu-se uma bancada com os itens do HIL e a própria planta do sistema emulado. A partir dessa montagem realizou-se a comparação do desempenho dinâmico obtido para uma frequência de amostragem de 50 kHz.

Como primeira etapa experimental, desenvolveu-se a PCI (Placa de Circuito Impresso) do circuito de instrumentação com o auxílio do programa PROTEUS. Montou-se o diagrama utilizando os modelos dos componentes reais, escolhidos segundo a metodologia aplicada ao estudo.

Em seguida, confeccionou-se a PCI a partir de técnicas clássicas, utilizando papel fotográfico, ferro de passar e solução corrosiva com base em perclorato de ferro. Finalizou-se a montagem com a soldagem dos componentes na PCI, a Figura 2 expõe o circuito montado.

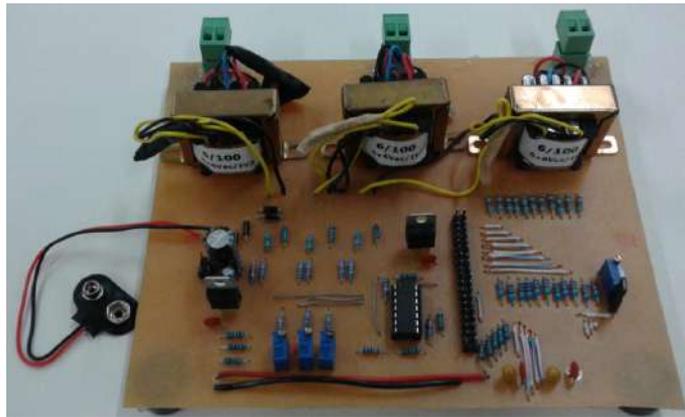


Figura 2 – Circuito de Instrumentação.

Após o projeto de instrumentação, configurou-se o microcomputador Raspberry Pi 3 a fim de comunicar-se com o circuito conversor AD para aquisição dos dados e execução da rotina HIL em tempo real. Para realizar essa tarefa, instalou-se o SO Raspbian, na versão Stretch com desktop. Utiliza-se a interface gráfica amigável disposta por essa versão para a programação do algoritmo HIL em linguagem C com o auxílio do programa Geany.

Faz-se o uso de pacotes internos, comuns a programação C, para cálculo de funções matemáticas e configuração do timer responsável pela frequência de execução do HIL (stdio.h, math.h e stdlib.h). Também utiliza-se os pacotes adicionais externos WiringPi e Gnuplot para facilitar a programação do algoritmo quanto ao acesso às portas de E/S e plotagem dos gráficos resultantes, respectivamente.

Para a validação experimental, compara-se o comportamento dinâmico resultante do sistema HIL e do motor real para uma partida direta. Montou-se uma bancada de testes onde a contatora utilizada para partir o motor de indução fornece o sinal de início para a emulação do motor pelo sistema HIL a partir de um contato NA (Normalmente Aberto). Dessa forma, tanto o motor real quanto o emulado terão as mesmas tensões fornecidas pela rede elétrica.

A bancada completa é composta pelo sistema HIL, o motor de indução, a configuração da partida direta com selo, um osciloscópio TektronixMSO2014B, ponteira de tensão Tektronix TPP0101, ponteira de corrente Tektronix A622, mouse, teclado, monitor (Figura 3).



Figura 3 – Bancada experimental HIL.

Por fim, executa-se o teste do sistema HIL para a frequência de 50 kHz. A Figura 4 expõe o resultado obtido.

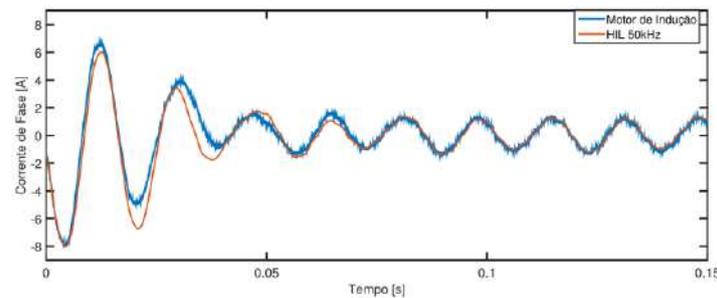


Figura 4 – Comparação entre corrente de fase do MIT e a plataforma HIL em 50 kHz.

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que o comportamento dinâmico do motor de indução trifásico assemelha-se com a plataforma HIL. Nota-se que para a frequência de amostragem de 50 kHz a corrente de pico de partida é atingida. Verifica-se que o comportamento durante o regime permanente também corresponde ao motor real para todas as frequências aplicadas.

CONCLUSÕES

Este trabalho propôs o estudo do comportamento dinâmico de um motor de indução trifásico para plataformas HIL de baixo custo. Testes experimentais foram realizados com o motor de indução trifásico da fabricante EBERLE de modelo S 71 A4 E761. Desenvolveu-se o algoritmo HIL na plataforma de baixo custo Raspberry Pi 3. Como complemento final, projetou-se o circuito de instrumentação para coleta dos dados de tensão da rede elétrica para aplicação no sistema HIL desenvolvido. A partir dos testes experimentais conclui-se que a plataforma atinge êxito na representação do comportamento dinâmico do motor.

REFERÊNCIAS

- CHAPRA, S.C., CANALE, R.P., 2011. Métodos Numéricos para Engenharia. AMGH, Porto Alegre, 5ª edição.
- DUFOUR, C., ABOURIDA, S., BÉLANGER, J., 2003. Real-time simulation of induction motor IGBT drive on a PC-cluster. *International Conference on Power Systems Transients*, Nova Orleans, EUA.
- DUMAN, E., CAN, H. e AKIN, E., 2014. FPGA based hardware-in-the-loop (HIL) simulation of induction machine model. *16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition*. Antália, Turquia.
- KRAUSE, P.C., WASYNCZUK, O. e SUDHOFF, S.D., 2002. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. IEEE, Nova Jersey, 3ª edição.
- PIZETTA, I.H.B., BRANDÃO, A.S., SARCINELLI, FILHO, M.S. e CARELLI, R., 2012. Uma plataforma Hardware-In-Loop para VANTs de asas rotativas. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática*. Campina Grande, Brasil.
- PONTES, R.S.T, NETO, T.R.F. e MENEZES, L.M., 2004. Modelagem e Simulação do Motor de Indução Trifásico nas Notações Trifásica e Coordenadas dq0. *Revista Tecnologia*. Vol. 25, p. 8-17.
- TAVANA, N.R. e DINAHAHI, V., 2015. A General Framework for FPGA-Based Real-Time Emulation of Electrical Machines for HIL Applications. *IEEE Transactions of Industrial Electronics*. Vol. 62, p. 2041-2053.
- TOLA, S., SENGUPTA, M., 2012. Real-time simulation of an induction motor in different reference frames on a FPGA platform. *IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems*. Bengaluru, India.



Área/Linha de Pesquisa: Automação Industrial
Área do Conhecimento: Controle de processos



ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO DE UMALINHA DE VÍSCERAS DE SUBPRODUTO FRIGORÍFICO

Aluno: Élton Petroceli Rodrigues
Orientador: Fernando Luis Tartari Peres
Coorientador: Adilson Luís Stankiewicz

INTRODUÇÃO

No ramo frigorífico, nada é desperdiçado quanto à matéria prima. Por exemplo, os subprodutos de aves (penas, vísceras, sangue, Carne Mecanicamente Separada (CMS), frangos condenados) passam por um processo industrial que os utilizam como matéria prima para a fabricação de farinha e óleos (também conhecida por graxaria). A farinha e o óleo produzidos a partir dos resíduos são utilizados como ração para os próprios frangos ou então para pets, peixes, entre outros animais segundo Dapper (2011).

A fábrica de farinhas e óleos, que até a década de 70 não era bem vista, hoje é uma das unidades dentro de um abatedouro que tem grande lucratividade, Dapper (2011).

Devido à necessidade de os administradores de frigoríficos procurarem novos meios de aproveitamento e retirada de lucro de sua matéria prima, afastando a concentração da produção de seções tradicionalmente lucrativas, as fábricas de farinhas e óleos de subproduto animal estão em processo de evolução e mudanças segundo Ferrolli et al. (2001).

Segundo Geraldles (2016) a produção brasileira de carnes (bovina, suína e frango) cresceu 80% nos últimos 15 anos. Geraldles também mostra, através de dados do departamento de agricultura dos Estados Unidos da América (EUA), que 60% do aumento registrado foi provido pela carne de frango. Esta foi a única a registrar índice de expansão superior à média nacional.

A produção nacional de carnes tem estimativa de crescimento de 30% nos próximos anos, sendo que o frango deve ser destaque no segmento de proteína animal, com aumento de 34,6% na produção. As carnes suína e bovina devem ter um aumento de produção de 31,3% e 21% respectivamente, Geraldles (2016).

Apesar da delicada situação político econômica do país, o cenário do mercado frigorífico atual vem crescendo e tem uma previsão otimista para o futuro. Otimismo também com o aumento da demanda do mercado de ração para pequenos animais, que está trazendo novas alternativas para a indústria de reciclagem animal. As graxarias tendem a cada vez mais se modernizarem.

De acordo com Freire (2016), à medida que as processadoras de subprodutos se modernizam, a competitividade atinge novos patamares e o mercado faz novas solicitações, as necessidades mudam e obrigam os fornecedores de equipamentos se atualizarem e oferecerem novas e modernas alternativas tecnológicas. A maioria das graxarias brasileiras ainda usam sistemas antigos para acionar seus equipamentos, fazendo com que os processos se tornem lentos e o produto final não possa alcançar a níveis altos de qualidade. Ainda afirma que várias empresas de fornecimento de equipamentos para fábricas de farinha e óleos de subproduto estão procurando se modernizar e evoluir, mostrando assim a importância de um sistema automatizado para o ambiente fabril.

Reforçando esta ideia, Barbut (2015) propõem que a indústria frigorífica em contraposição dos outros meios fabris (como o automotivo), demorou para se adaptar as novas tecnologias, mas hoje está adotando a mecanização e automatização.

Neste contexto este trabalho foi proposto para solucionar o problema de uma linha de produção de farinha de vísceras de uma graxaria totalmente manual. O sistema a ser implementado é composto de motores, válvulas e sensores. O controle será realizado por meio de um Controlador Lógico Programável (CLP) Clic02 da fabricante WEG. A planta fabril será monitorada por um sistema supervisório implementado através do software ScadaBR.

Inicialmente discutir-se-ão todos os elementos que formam o sistema. Posteriormente será estudado a planta em questão, a partir de um esquema das máquinas e equipamentos da graxaria. Será desenvolvido um fluxograma detalhando o funcionamento de cada equipamento. Sabendo o que cada parte do processo precisará fazer, a partir da planta se desenvolverá uma programação para o controlador utilizando o software Clic02 Edit, na próxima etapa será desenvolvido um sistema supervisório. Por último, será realizado a comunicação entre CLP e supervisório, podendo, desta forma, fazer um levantamento de dados do sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi utilizado o CLP pertence ao laboratório de eletrotécnica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Erechim, sendo utilizado nas disciplinas de Eletrônica Digital I e II e Acionamento de Máquinas. O equipamento da marca WEG modelo CLW-02/20VR-D.

Para a programação do CLP foi utilizado o software CLIC02 Edit V3, através de um computador pessoal.

Para o software conseguir desenvolver todas suas aplicações é necessário utilizar o cabo de programação. O cabo faz a conversão de USB para protocolo de comunicação RS232. Para a utilização do cabo de programação é necessário instalar o driver do cabo de programação no PC.

No caso foi utilizado um computador tipo portátil - notebook, com as seguintes configurações: Sistema operacional Windows 10 - 64 Bits, processador Intel core i5, memória Ram de 4 Gb, placa vídeo 500MB e HD 500 Gb.

O sistema supervisório foi desenvolvido através do ScadaBR que é um software livre, gratuito e de código-fonte aberto, para desenvolvimento de aplicações de Automação, Aquisição de Dados e Controle Supervisório.

Foi utilizado um conversor da marca Sultech, o meso pode ser utilizado em instalações que utilizam a comunicação serial em longas distâncias. Ele permite a conexão entre uma rede de instrumentos em RS485 e a interface USB de um computador, com velocidades de transmissão de até 38.400 bps, podendo ser instalado até 32 equipamentos (ou 32 nós) em uma mesma porta serial, possibilitando o envio e o recebimento de sinal em até 1.200 metros e pode ser utilizado em qualquer equipamento que realize a comunicação serial no protocolo Modbus/RTU. Utiliza para a comunicação com o padrão RS485 somente um par de fios que sai do controlador para transmissão e recepção dos dados e um conector DB 9 que é ligado na outra ponta.

Após um estudo dentro de uma unidade em plena produção, reconhecendo todos os processos contidos, foi designado para o projeto a primeira parte da linha de produção.

Nesta etapa do processo, as vísceras são depositadas na primeira moega, que é a moega de armazenagem, após isso é transportada até a moega de pesagem até completar aproximadamente 600kg, que é a massa necessária para uma carga do digestor. Após completar uma carga, as vísceras são transferidas para o digestor, onde deve cozinhar até alcançar uma condição de pressão e temperatura não especificada pelo fabricante de farinha, pois pode mudar dependendo do tipo e da qualidade da farinha produzida, para este projeto será adotado a condição de 100C e de 10kg f/m².



Figura 2 – Representação Gráfica do Sistema Supervisorio

O CLP por sua vez, tinha suas entradas acionadas através de outro computador, sua comunicação era realizada através do cabo de programação e as entradas tanto digitais quanto analógicas eram acionadas através da tela monitoração do software Clic02 Edit. A partir desta montagem estar concluída e em pleno funcionamento, foram realizados alguns testes referentes a confiabilidade do sistema e dados gerados.

Para todo sistema supervisorio, algo que se mostra extremamente importante é as informações geradas, como por exemplo gráficos e relatórios. Neste quesito, o ScadaBr proporciona diversas formas de aquisição e geração de dados para relatórios e gráficos.

O modelo mais comum é a geração de informações de um único ponto da planta, através da visualização do seu datapoint. As informações geradas pelo software contemplam gráfico, histórico e estatísticas do datapoint.

CONCLUSÕES

Considerando a construção do projeto de um sistema supervisorio para uma fábrica de farinha de vísceras, foi proposto um trabalho que trouxesse soluções simples visando economia e agilidade no processo. Assim, especificou-se o fluxograma, bem como a implementação prática da programação do CLP juntamente com o sistema supervisorio e apresentação dos resultados obtidos.

Podem ser descritos inúmeros benefícios com o uso de um sistema supervisorio para automação de subprodutos, como a verificação de defeitos e alarmes que acontece de forma instantânea, impossibilitando que danos possam ser causados aos equipamentos, assim como a diminuição de erros humanos no processo.

O Sistema desenvolvido neste trabalho, apresentou-se muito eficiente, atingindo praticamente todos os parâmetros necessários para uma aplicação em um ambiente fabril.

O grande defeito encontrado, foi a perda de alguns pacotes de dados, fazendo com que em alguns momentos se perdesse a comunicação, problema justificado pelo programa ser executado em um servidor web. É importante frisar que, foram poucas vezes que isso aconteceu e que é justificável pela utilização de uma versão antiga do ScadaBR, versões mais atualizadas não são aplicáveis no ambiente Windows, que foi o utilizado neste projeto.

REFERÊNCIAS

BARBUT, S. The Science of Poultry and Meat Processing. Disponível em: <http://www.poultryandmeatprocessing.com/>. Acesso em: 17 de Outubro de 2017.

DAPPER, M. A. Automação de Prensa Expeller para Vísceras de Frango. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo 2011.

FERROLI, P. C. M. et al. Fábricas de Subprodutos de Origem Animal: a Importância do Balanceamento das Cargas dos Digestores de Vísceras. Revista Produção, v. 10, n. 2, 2001.

FREIRE, L. Soluções tecnológicas aprimoradas e adaptadas às novas demandas: As graxarias brasileiras tem à disposição tecnologia de ponta. N. 51, 2016.

GERALDES, D. Notícias. Revista Graxaria brasileira: reciclagem animal., São Paulo, 2016.



Área/Linha de Pesquisa: Veículos Elétricos
Área Temática: Motores Elétricos



ESTUDO DAS TÉCNICAS AO ACIONAMENTO E CONTROLE DE MOTORES BRUSHLESS DC PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

Aluno: Fernanda Zambonin Boaretto
Orientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

Os Veículos Elétricos (VE) estão no mercado automobilístico desde o século XX, porém, são os Veículos a Combustão Interna (VCI) que têm dominado este mercado. Em geral, os VCIs possuem maior capacidade de armazenamento de energia, sendo capaz de fornecer intervalos de viagem mais longos com um custo de combustível mais baixo. (SARLIOGLU et al., 2016). No entanto, o desenvolvimento de novas tecnologias possibilitou a reinserção dos VEs à sociedade atual. Novos conceitos e inovações estão sendo criados para tornar os VEs mais eficientes, confiáveis, seguros e com um custo acessível. (KUMAR; JAIN, 2014).

Além dos componentes básicos que constituem todos os veículos em geral, por exemplo, carroceria, eixos e pneus, o VE possui também um sistema de propulsão elétrica, o qual é constituído de componentes fundamentais para sua operação, tais como: motor elétrico, bateria, conversor estático e sistema de controle. (WIRASINGHA; EMADI, 2011).

A definição do motor elétrico a ser implementado no VE é de suma importância, entretanto não há um consenso de qual motor utilizar. Conforme Rind, Ren e Jiang, 2014, é possível encontrar diversas topologias de motores no mercado, entre eles citam-se: motor CC, motor de indução, motor síncrono de ímãs permanentes, motor de relutância variável e o motor *Brushless* DC (BLDC).

Cada tipo de motor necessita de um circuito de acionamento e controle distintos a fim de se adequar aos fatores necessários para uma adequada operação. Dentre essas várias opções, o motor BLDC têm conquistado espaço no mercado devido ao fato da sua simplicidade de acionamento e de ser constituído de ímãs permanentes, o que resulta em uma alta densidade de energia, proporcionando uma redução do volume. Além disso, o motor BLDC possui baixo custo, pode ser projetado com múltiplas fases e não necessita de manutenção constante, quando comparado com motores CC e motores de indução. (CHAU, 2015). Entretanto, esse motor requer a informação sobre a posição do rotor para o devido acionamento. Logo, duas abordagens podem ser adotadas, o uso de sensores de posição e as técnicas *sensorless* que dispensam o uso de sensores mecânicos. (KRISHNAN, 2001) Neste sentido, este trabalho trata sobre o estudo das técnicas *sensorless* aplicadas ao acionamento e controle de motores BLDC para VEs, bem como a escolha de duas técnicas para validação computacional e experimental.

METODOLOGIA

Visando a aplicação do controle e acionamento, desenvolveu-se um modelo matemático do motor BLDC no *software* PSIM. Para validação desse modelo utilizou-se o motor ideal disponibilizado pelo próprio *software*, comparando assim as formas de ondas dos parâmetros de ambos os motores.

Logo após a validação do modelo do motor, acionou-se o motor com os sensores de efeito *hall*, *encoder* e *resolver*, para possibilitar a futura comparação com o *sensorless*.

Logo, duas técnicas *sensorless* foram selecionadas para a validação computacional, no *software* PSIM. As duas técnicas são baseadas nos cruzamentos por zero da Força Contraeletromotriz (FCEM), sendo que uma das técnicas realiza a amostragem das tensões com referência ao aterramento do circuito, e a outra faz-se o uso de comparadores, que comparam as FCEMs com metade do barramento CC.

Ambos os sinais da amostragem e da comparação são direcionados a um bloco de programação em linguagem C, onde desenvolveu-se um algoritmo que identifica cada cruzamento por zero, possibilitando a comutação das chaves do inversor trifásico, que aciona a máquina. Para validação das técnicas *sensorless*, realizou-se a comparação com os sensores.

Validadas as técnicas *sensorless*, desenvolveu-se uma plataforma experimental para acionamento e controle do motor BLDC. Logo, duas placas de circuito impresso foram confeccionadas, uma com o sistema de acionamento do motor, e a outra com o circuito de instrumentação e de controle. Para o controle da máquina, utilizou-se um dsPIC30F2010, que consta com seis portas PWM, necessárias para o acionamento do IRAMY20UP60B, módulo inversor utilizado para o acionamento da máquina. O algoritmo de controle e de definição dos PWMs foi desenvolvido no *software* CCS C Compiler.

Para validação da plataforma, utilizou-se os sinais do sensor de efeito *hall* do próprio motor. Sendo assim, comparou-se o desempenho do motor acionado pela plataforma, com o desempenho do motor acionado pelo próprio driver de acionamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação computacional e experimental, realizou-se a caracterização do motor BLDC, encontrando os seguintes parâmetros: tensão do barramento CC $V_{cc} = 36$ V, velocidade angular máxima $\omega_{max} = 249$ RPM, resistência de fase $R = 0,5$ Ω , indutância de fase $L = 0,2$ mH, fluxo magnético $\phi = 0,28$ T, número de polos $P = 88$, constante de inércia $J = 5 \times 10^{-4}$ kgm^2 e coeficiente de atrito 0,00011 Nms.

A partir dos parâmetros encontrados realizou-se a validação do modelo matemático, possibilitando a aplicação das técnicas *sensorless*. A Fig. 1 apresenta as formas de onda das correntes do motor BLDC quando aplicada as técnicas *sensorless*.

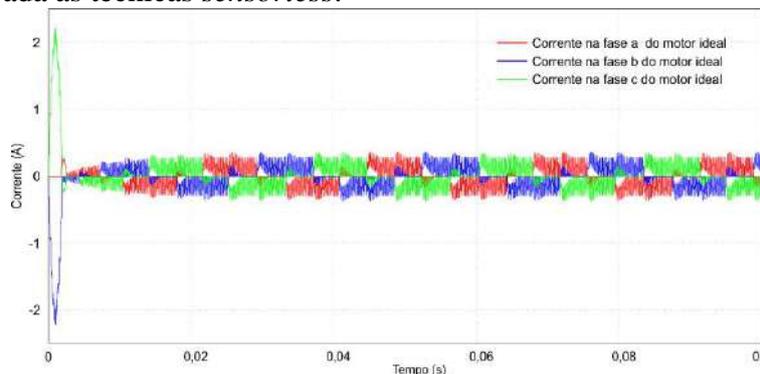


Figura 1 – Correntes das fases a, b e c do motor com as técnicas *sensorless*

A Fig. 2 apresenta uma comparação entre o conjugado eletromagnético do motor aplicando a técnica *sensorless* e utilizando um *resolver*, sensor que apresentou um menor erro com relação a posição real do motor. É possível perceber que o erro entre os dois é relativamente baixo, em torno de 4,9%.

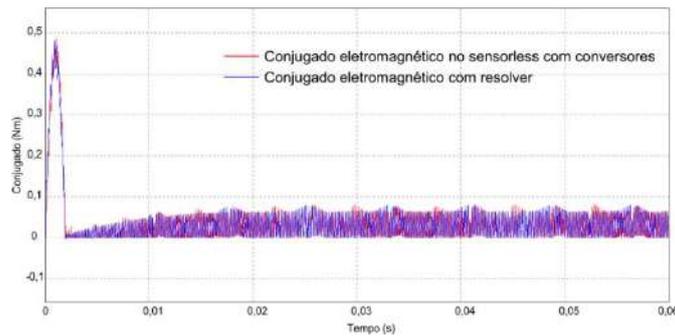


Figura 2 – Comparação do conjugado com resolver e com técnica sensorless

Diante dessas comparações é possível prever que a implementação das técnicas *sensorless* satisfazem o acionamento e controle do motor BLDC. Visto que os erros apresentados são significativamente pequenos, e não acarretarão em problemas ao VE.

Após validadas as técnicas *sensorless*, desenvolveu-se a plataforma experimental para acionamento e controle do motor BLDC. Para a validação da plataforma foram utilizados os sinais do sensor *hall* integrado ao motor. Inicialmente, aplicou-se os sinais de efeito *hall* ao sistema, e verificou-se qual chave seria acionada em cada setor. A partir da Fig. 3 ao analisar os sinais do sensor e a corrente da fase a, foi possível determinar qual chave seria acionada em cada instante de comutação.

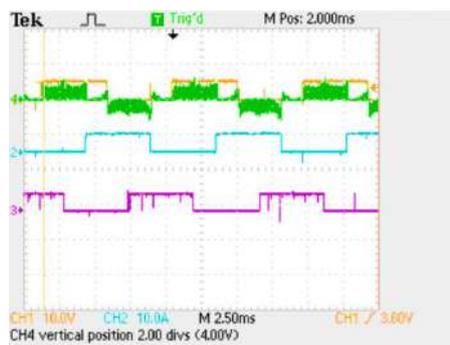


Figura 3 – Sinais do sensor hall das fases a, b e c respectivamente e corrente da fase a

A Fig. 4 apresenta as tensões em cada fase do motor, quando este é acionado pela plataforma experimental.

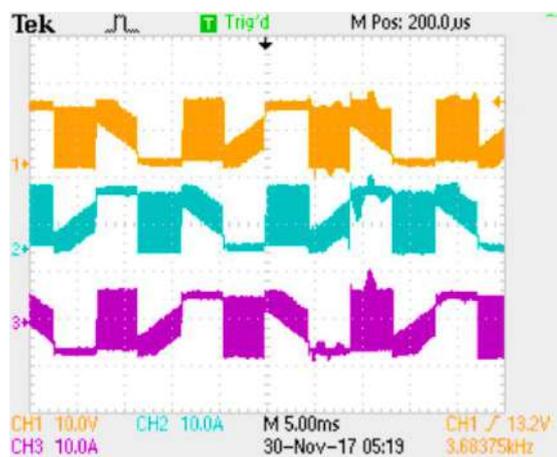


Figura 4 – Tensão na fase a, b e c respectivamente, com o motor acionado pela plataforma experimental

Ao analisar a Fig. 4, e compara-la com a Fig. 5, que ilustra as tensões das fases a, b e c, quando o motor está sendo acionado pelo *driver*, é possível perceber uma alta discrepância entre as duas.

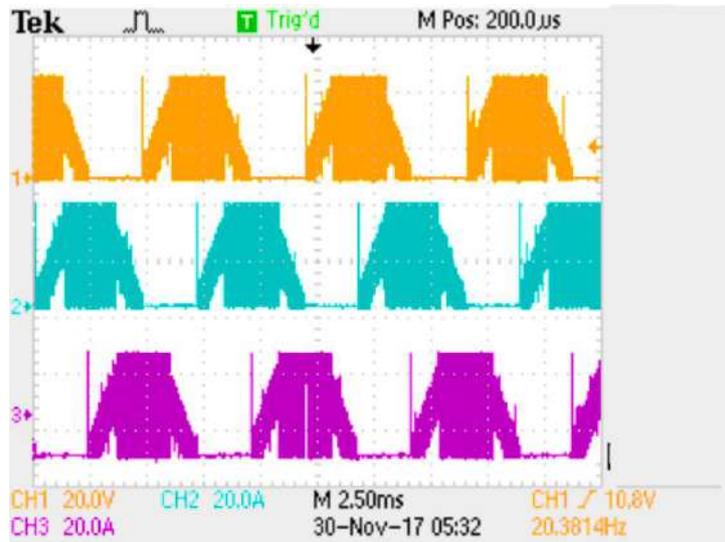


Figura 5 – Tensão na fase a, b e c respectivamente, com o motor acionado pelo driver

Entretanto, ao analisar as formas de onda das correntes do motor, ilustradas na Fig. 6 e na Fig. 7 observa-se que o acionamento está de acordo, ou seja, a influência da tensão pode ter sido ocasionada pela abordagem do PWM utilizada.

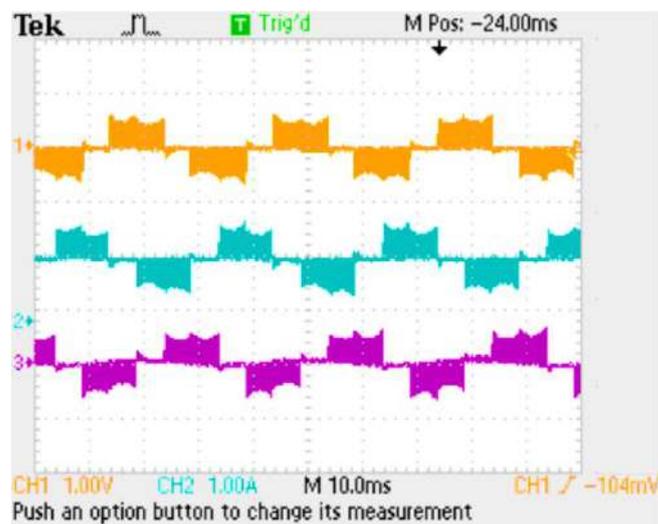


Figura 6 – Correntes das fases a, b e c respectivamente do motor acionado pela plataforma

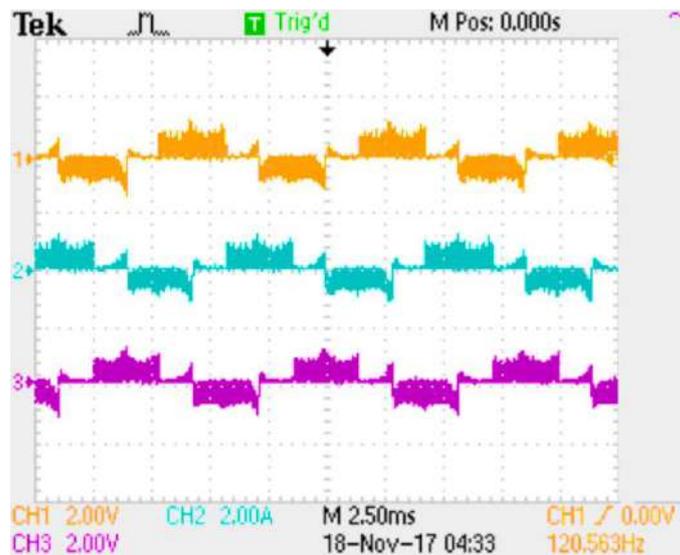


Figura 7 – Correntes das fases a, b e c respectivamente do motor acionado pelo driver

É possível perceber, ao comparar a Fig. 6 e a Fig. 7, que o sistema desenvolvido está operando de acordo com o **driver**, ou seja, a plataforma de acionamento e controle exibiu um bom comportamento, possibilitando a aplicação diretamente aos veículos elétricos.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o estudo das técnicas *sensorless* ao acionamento e controle do motor BLDC para aplicação em VEs, visando a identificação das técnicas atualmente utilizadas em VEs, VEHs e VEHPs, bem como o desenvolvimento de uma plataforma computacional para validação das técnicas adotadas e de uma plataforma experimental visando o acionamento e controle do motor BLDC.

O desenvolvimento do trabalho iniciou-se com a contextualização do tema proposto, realizando a revisão bibliográfica sobre os tópicos correlacionados. Em seguida destacou-se os procedimentos metodológicos para validação das técnicas, além da validação do modelo matemático obtido.

Para validação do modelo matemático do motor BLDC, realizou-se a comparação entre um modelo matemático disponível na literatura com o modelo ideal do *software* PSIM. Logo, a validação do acionamento com sensores mecânicos e com as técnicas *sensoless* foi implementada.

Ademais, realizou-se a comparação entre o funcionamento do motor quando faz-se o uso de sensores e quando aplica-se as técnicas *sensorless*. Evidenciando-se um excelente desempenho operacional do sistema de acionamento e controle computacional com as técnicas *sensorless* adotadas.

Por fim, realizou-se o desenvolvimento de uma plataforma experimental, visando ao acionamento e controle dos motores BLDC, bem como a integração das técnicas *sensorless*. Entretanto, a plataforma foi validada com base no sensor de efeito *hall* integrado ao motor, uma vez que foram encontrados alguns problemas que não permitiram o seguimento da integração das técnicas *sensorless* à própria plataforma.

Os resultados de simulação evidenciam que os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos e aplicados adequadamente, resultando na eliminação do sensor mecânico sem comprometer os aspectos funcionais do sistema de acionamento e controle do motor BLDC. Em geral, ao levar em consideração custo e confiabilidade do sistema, as técnicas *sensorless* são uma excelente opção para substituição dos sensores mecânicos ou até mesmo para operar como reserva em caso de falhas nos sensores.

Em contrapartida, os resultados experimentais validaram a plataforma experimental de acionamento e controle, entretanto, não houve a validação das técnicas *sensorless*. Nesse sentido, é possível constatar que, mesmo que não tenha sido validada nenhuma técnica *sensorless*, a partir de alguns ajustes no projeto, como a inclusão de filtros passa baixas, para atenuação das altas frequências e dos ruídos presentes nas FCEMs, é possível integrar as técnicas *sensorless* à plataforma desenvolvida.

REFERÊNCIAS

KRISHNAN, R. **Electric Motor Drives: Modeling Analysis and Control**. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2001. 1–652 p.

KUMAR, L.; JAIN, S. Electric Propulsion System for Electric Vehicular Technology: A Review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 924–940, 2014.

RIND, S.; REN, Y.; JIANG, L. Traction motors and speed estimation techniques for sensorless control of electric vehicles: A review. **2014 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)**, p. 1–6, 2014.

SARLIOGLU, B. et al. Driving Toward Accessibility. **IEEE Industry Applications Magazine**, v. 23, n. 1, p. 14–25, 2016.

WIRASINGHA, S. G.; EMADI, A. Classification and review of control strategies for plug-in hybrid electric vehicles. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v. 60, n. 1, p. 111–122, 2011.



Linha de Pesquisa: Eficiência Energética
Área do Conhecimento: Eficiência Energética em Instalações Elétricas



ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA UNIDADE INDUSTRIAL

Aluna: Jaíne Leila de Araújo
Orientador: Fernando Luis Tartari Peres
Coorientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

No ano de 2014, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Conservação de Energia (ABESCO), 10% da energia consumida no Brasil foi desperdiçada, ou seja, não gerou nenhum tipo de trabalho. Segundo pesquisa descrita por Cunha, 2015.

Sendo assim, com um uso mais consciente da energia é possível reduzir a necessidade de geração. Para isso são desenvolvidos planos de eficiência energética que consistem em fazer mais com menos, ou seja, realizar o mesmo trabalho consumindo somente o necessário.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no relatório do consumo nacional de energia elétrica da rede por classe, indica que 35% do consumo de energia no ano de 2016 foi destinado ao setor industrial. Na Fig. 1 é possível verificar o consumo energético no país por setor. Assim constata-se que o consumo energético no setor industrial tem sido o mais elevado desde 1995, além disso é notável o aumento de consumo em todos os setores ao longo dos anos. Logo, o que motiva a aplicação de uma política de eficiência energética no meio industrial é o fato deste ser o maior consumidor de energia elétrica no país, atingindo assim valores mais significativos de economia de energia elétrica.

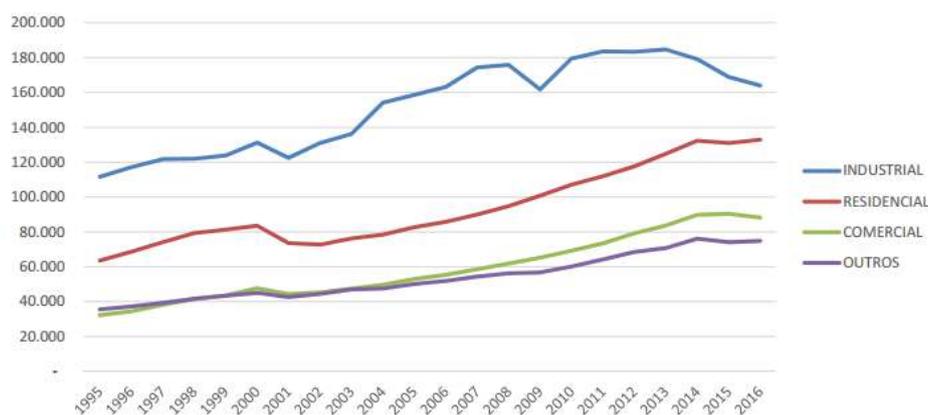


Figura 1. Consumo energético nacional por setor

Segundo Dias (2013) para se realizar um programa de eficiência energética em uma indústria é necessário o detalhamento das instalações elétricas do local, do uso característico da energia, do consumo, enquadramento tarifário, sistema de iluminação entre outros.

De forma a contribuir ao estudo da eficiência energética, aplicada ao setor industrial, este trabalho propõe um estudo de caso em uma indústria do ramo de materiais para sistemas construtivos metálicos e termoisolantes que envolve processos de fabricação, pintura e colagem,

além de fornecimento de bobinas metálicas para outras empresas da região de Erechim-RS. Sendo assim, serão realizadas a caracterização da unidade industrial, o levantamento das cargas instaladas, a coleta de dados das máquinas da empresa e o estudo da iluminação do local.

Com os dados obtidos serão avaliados o consumo de energia elétrica da empresa, as condições das instalações elétricas, o modo de operação dos equipamentos e desenvolvido o projeto luminotécnico da fábrica. As soluções propostas visam aumentar a qualidade, confiabilidade e eficiência das instalações elétricas da fábrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Pode-se classificar esse estudo, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa aplicada, pois, busca a solução de problemas específicos e interesses locais. Quanto aos procedimentos técnicos, adotar-se-á pesquisa bibliográfica aliada ao estudo de caso, pois a monografia será elaborada utilizando materiais já publicados e envolve o estudo profundo e exaustivo de poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Baseando-se em trabalhos desenvolvidos a área, livros de eficiência energética e demandas encontradas na fábrica convergiu-se a uma série de etapas que compõe a metodologia do estudo (Fig. 2).

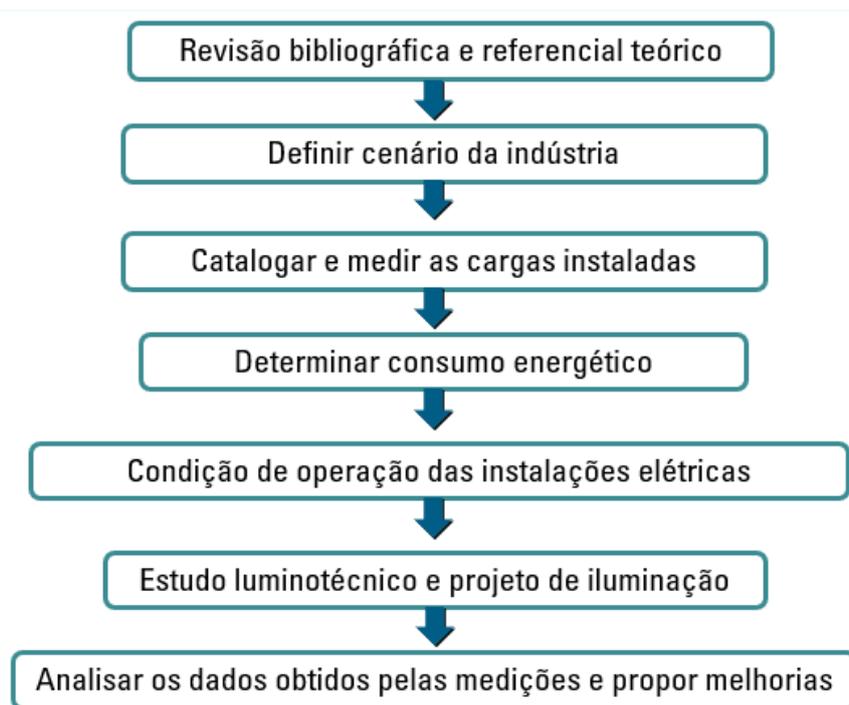


Figura 2 – Metodologia adotada

Para a coleta de dados foram utilizados os seguintes equipamentos: um paquímetro para a medição do diâmetro dos condutores a fim de desenvolver o diagrama unifilar da fábrica. O analisador de energia da fabricante Embrasul modelo RE 6000 (Fig. 3) foi utilizado para medir as grandezas elétricas de cada equipamento da fábrica e da entrada de energia.

Além disso, para a medição dos níveis de iluminância do local utilizou-se um luxímetro digital da marca Minipa modelo MLM-1011, apresentado na Fig. 4. Sendo que, o método de medição adotado é o descrito na NBR 5382/1985.

Contudo, a metodologia contempla ainda, a verificação dos critérios para projeto luminotécnico ressaltando os conceitos apresentados na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e em livros de instalações de iluminação. Para o projeto luminotécnico foi utilizado o *software* DIALux, que simula a iluminação do ambiente a partir dos critérios de projeto e luminárias adotadas.

Para a avaliação das instalações elétricas foram estudados os métodos de análise da capacidade de condução de cabos e sua capacidade térmica, para isso consultou-se o capítulo 9 do livro instalações elétricas de Ademaro Cotrim, 2010.



Figura 3 – Analisador de energia



Figura 4 – Luxímetro digital

Quanto aos sistemas de força motriz utilizou-se como método de avaliação da sua eficiência o carregamento dos equipamentos, onde segundo Marques; Jamil; Silva, 2006 for superior à 0,75, ou seja, tem um carregamento superior a 75%, pode-se considerar que o motor está bem dimensionado. Tendo em vista que opera em uma região de operação com rendimentos elevados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para obtenção dos resultados, foram analisados os dados das medições dos equipamentos, e partir destes valores são estimados os níveis de consumo por setor. Além disso, verificou-se a iluminância média da fábrica, com bases nos dados obtidos com o luxímetro. Por fim, são descritas possíveis melhorias nas instalações elétricas, equipamentos, iluminação e qualidade de energia.

Como consumidor industrial a empresa está no grupo A4, com tarifa horosazonal verde. O consumo médio nos últimos 12 meses foi de 11.646 kWh. A demanda contratada é de 85 kW, na Fig. 5 compara-se a demanda contratada e consumida (em kW) no período de um ano.

Para diminuir os gastos devido a demanda de ultrapassagem, foi proposto um aumento de demanda para 100 kW, com isso realizou-se uma simulação da economia se a empresa tivesse adotado esta demanda no último ano, os resultados obtidos são apresentados na Fig. 6. É possível notar que a nova demanda se torna mais barata em quase todos os meses, com exceção dos meses de janeiro e fevereiro onde a demanda consumida foi inferior a 85 kW.

Além disso, em julho e agosto o custo da demanda foi maior, isso se dá pelo aumento anual do valor do kW. Com a alteração proposta a economia seria de R\$ 2.310,37, tal procedimento pode ser realizado junto a RGE, por telefone ou pelo site sem custo nenhum.

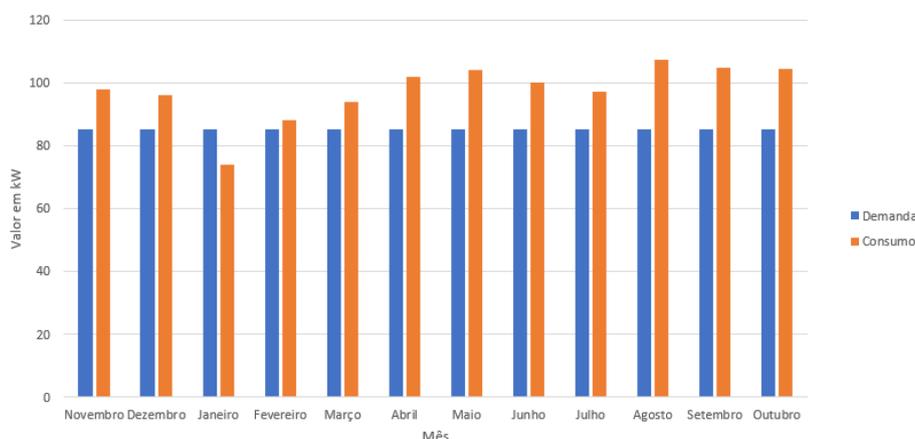


Figura 5 – Comparação entre o consumo e a demanda contratada

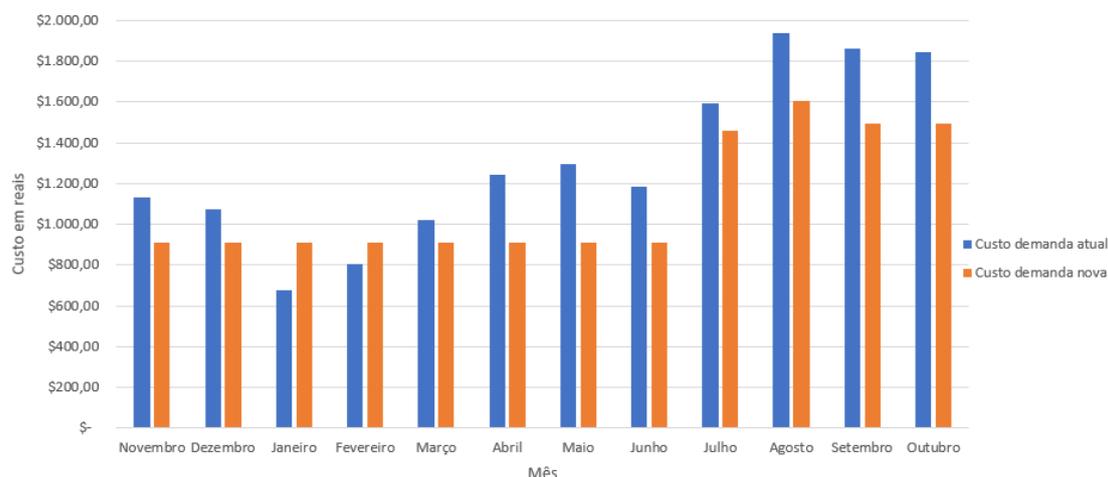


Figura 6 - Comparação das demandas contratadas

Outro resultado desenvolvido foi o projeto luminotécnico que tem como objetivo melhorar a qualidade da iluminação do local e regularizar às condições normatizadas, trazendo assim maior conforto visual e segurança para as pessoas que trabalham na fábrica. Para elaborar o projeto foi inserido o campo de luminárias em cada uma das salas no DIALux. Iniciou-se o estudo utilizando luminárias de 70 W, buscando atingir os índices de iluminância mantida de 300 lux e uniformidade de 0,7 com a potência das luminárias menor, aumentando quando necessário. A Fig. 7 exhibe os resultados obtidos com a simulação do *software*.

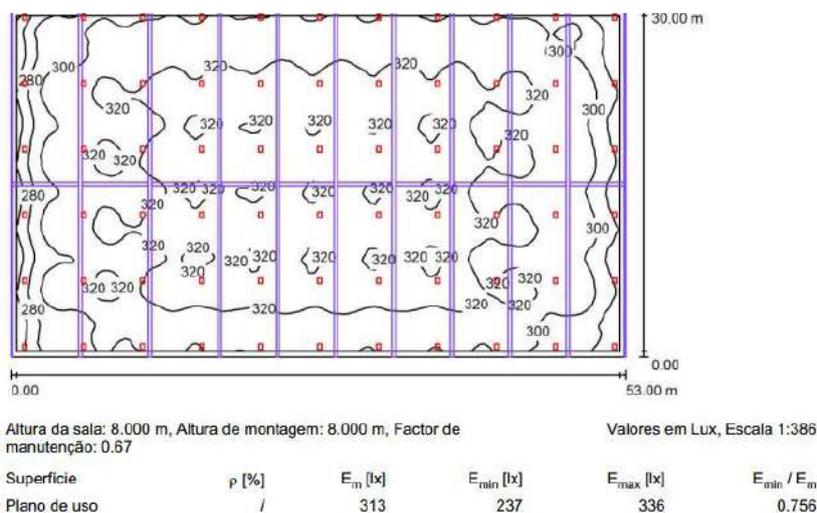


Figura 7 – Projeto luminotécnico

Além do projeto do sistema de iluminação, foram propostas diversas alterações nas instalações elétricas da fábrica. Entre elas estão: adequação dos disjuntores de proteção aos respectivos condutores; separação de equipamentos em circuitos diferentes; organização da proteção de forma a ter seletividade e coordenação.

Outro ponto avaliado foram os sistemas motrizes, segundo Marques; Jamil; Silva, 2006 entre as soluções para melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes estão: manutenção preventiva periódica; instalação de dispositivos para controle de partida e velocidade; verificação do comportamento da tensão aplicada aos terminais do motor; correção do fator de potência; adequação do motor à carga e a utilização de motores de alto rendimento.

Ao verificar a partida dos equipamentos percebeu-se que em sua maioria são utilizados inversores de frequência, entre as vantagens deste sistema estão a baixa corrente de partida, controle de

velocidade e aumento da eficiência dos equipamentos. Porém, inversores de frequência geram componentes harmônicas, que podem danificar os equipamentos e sobrecarregar as instalações elétricas. Com o analisador de energia foi possível verificar que os níveis de harmônicas da corrente estavam acima do indicado pela IEC 61000.2.3, desta forma foi sugerido a instalação de filtros para amenizar as componentes harmônicas presentes na instalação. Os níveis de harmônica de corrente medidos são apresentados na Fig. 7.

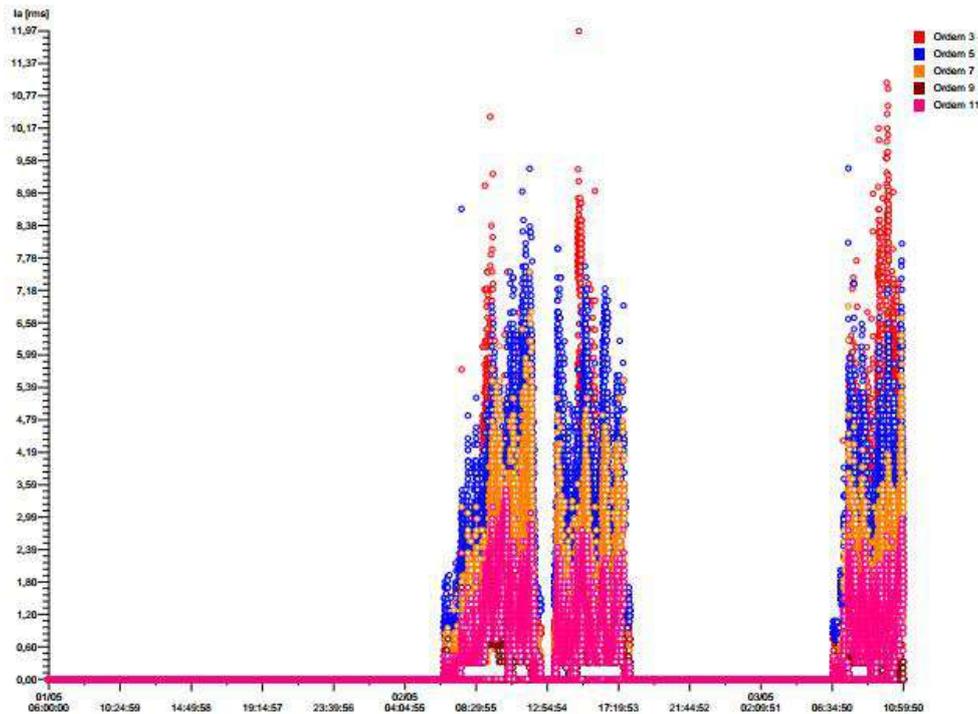


Figura 8 – Harmônicas na corrente

Outro fator avaliado foi o fator de potência, conforme apresentado na Fig. 9 a empresa paga multa por consumo de reativo excessivo. Sendo assim, foi sugerido uma reavaliação no banco de capacitores da fábrica assim que a empresa finalizar as alterações no layout da fábrica.

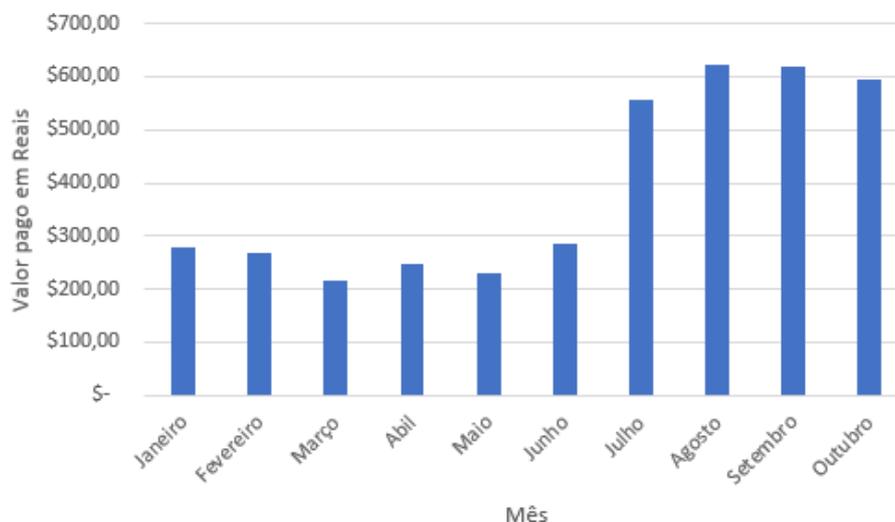


Figura 9 – Consumo de reativo excessivo

CONCLUSÕES

Neste estudo buscou-se conhecer o cenário da eficiência energética da empresa e propor mudanças e adequações para melhorar o contexto atual. 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.

Entre os trabalhos realizados, o desenvolvimento do diagrama unifilar das instalações foi parte imprescindível. É a partir dele, que foram elaboradas as avaliações das instalações elétricas da empresa para adequá-las às normas vigentes aumentando sua segurança e confiabilidade. Embora a metodologia adotada para gerar o diagrama unifilar obtenha valores próximos aos reais, para uma análise mais precisa é possível realizar a medição do diâmetro do cobre de cada condutor.

Outra etapa importante é o estudo luminotécnico da fábrica. É necessário que a empresa atualize a instalação de iluminação, adequando-se aos níveis normatizados para melhorar a qualidade do ambiente de trabalho. A solução proposta avalia o cenário onde o sistema teria a maior eficiência energética, sendo possível buscar alternativas menos eficientes, com custo reduzido.

Por fim, com a avaliação dos equipamentos da empresa percebe-se que em sua maioria tanto o dimensionamento quanto os acionamentos dos equipamentos de força motriz estão adequados. Entretanto, é necessário realizar o controle do fator de potência e dos níveis de harmônicas de corrente da fábrica. Nos últimos meses a empresa vêm planejando e atualizando suas instalações. Tais mudanças são importantes para se adaptar as necessidades do mercado, porém deve-se sempre visar a eficiência e segurança dos processos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382 Verificação de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1985. 4 p.

_____. **NBR ISO/CIE 8998-1 Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior**. 2013. 46 p.

COTRIM, A. **Instalações Elétricas**. 5^a. ed. São Paulo: [s.n.], 2010. 496 p.

CUNHA, J. **Desperdício Consome 10% da Energia Elétrica no País, diz Associação**. 2015. 3p. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/02/1586778-desperdicio-consome-10-da-energia-eletrica-no-pais-diz-associao.shtml>>.

DIAS, J. P. S. **Estudo sobre Eficiência Energética em uma Indústria de Injeção Plástica**. 88p. (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

Embrasul Indústria Eletrônica Ltda. **Analizador de Energia RE6000**. [S.l.: s.n.], 2015. 9 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo Nacional de Energia Elétrica na Rede por Classe: 1995 - 2016**. 2016. Disponível em: <[//www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx](http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx)>.

MARQUES, M. C. S. M.; JAMIL, H.; SILVA, A. R. **Conservação de energia Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. [S.l.: s.n.], 2006. 621 p. ISBN 85-294-0131-X.

MINIPA. **Luxímetro Digital Modelo: MLM-1011**. 2017. Disponível em: <www.minipa.com.br>.

ESTUDO DE UM CONVERSOR ZETA COM CONTROLE MPPT APLICADO ÀS CONTROLADORES DE CARGA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Aluno: Leandro Benhur Klinger Fisch

Orientador: Adilson Luís Stankiewicz

Coorientador: Cícero Matuella Moreira

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e o avanço tecnológico e econômico destas últimas décadas em torno de todo o mundo, a energia elétrica é um dos principais insumos responsáveis por alavancar estes fatores. Segundo a *International Energy Agency*, a geração de energia elétrica aumentou 395,6% entre os anos 1973 a 2015, atingindo a 24.255 TWh. Dessa forma, a principal fonte de energia que auxiliou a suprir essa demanda no setor de geração, foi as provindas da queima de combustíveis fósseis (AGENCY, 2017).

No entanto, com a utilização desta tal matriz energética, problemas ambientais surgem devido aos elevados níveis de dióxido de carbono CO₂ emitidos, ocasionando impactos ambientais como, mudanças climáticas, chuva ácida, aquecimento global e poluição do ar (PREHODA, 2017).

Diante disso, muitos países expandiram suas áreas de pesquisas, envolvendo o uso de energias alternativas, com esforço de reduzir a emissão de CO₂ (OLIVA, 2017). Dentre as fontes alternativas, destaca-se a energia fotovoltaica, pois além de ser renovável, a mesma é sustentável, uma vez que a energia emitida pelo sol é convertida em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Apesar da energia fotovoltaica ainda não apresentar grande expressão no âmbito mundial, entre 2010 a 2016 a taxa de crescimento anual foi de 40%, assim atingindo um acumulado instalado de 320 GWp (ISE, 2017).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos basicamente em dois grupos. O primeiro é o sistema conectado à rede, que opera paralelamente com a rede de eletricidade. Seu objetivo é gerar energia para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo de energia provinda da concessionária ou até mesmo fornecer a energia excedente, sendo injetada na rede. O segundo são os sistemas fotovoltaicos isolados, que vem sendo empregado de forma crescente sendo empregado, pois cerca de 1,5 bilhões de habitantes em todo o mundo não têm acesso a eletricidade, devido a maioria viver em pequenas aldeias remotas ou ilhas isoladas, longe da rede elétrica.

Diante disso, o sistema isolado tem como objetivo gerar energia para suprir o consumo local. Todavia, para que possa fornecer energia em períodos com pouca ou nenhuma radiação solar, faz-se o uso de baterias para armazenar a energia gerada em excesso ou toda energia gerada pelo módulo fotovoltaico quando o sistema não possui demanda energética (MA, 2013). Outros fatores que auxiliam no crescimento da utilização dos sistemas fotovoltaicos são, flexibilidade na instalação, baixa manutenção, tendência na redução do preço dos módulos fotovoltaicos e não há necessidade de construir linhas de transmissão (VILLALVA, 2012).

Entretanto, o principal impasse que a geração fotovoltaica apresenta é a baixa eficiência na conversão de energia, onde módulos comerciais possuem taxas de 14% a 18% e de 35,8% para módulos testados em laboratório (TAKAMOTO, 2010). Esta baixa eficiência, se justifica por

alguns fatores como, a limitação do material semicondutor que constitui a célula fotovoltaica e o efeito da temperatura sob o módulo, fazendo com que reduza a potência fornecida pelo sistema fotovoltaico.

Diante disso, para que se possa adequar os níveis de tensão e corrente entre o módulo fotovoltaico e a bateria do sistema isolado, faz-se necessário utilizar conversores CC-CC, assim visando que a potência intermitente fornecida pelo sistema seja de forma contínua para a bateria.

Atualmente, as principais topologias de conversores CC-CC são o Buck, Boost e o Buck-Boost, devido a sua simplicidade e quantidade de elementos armazenadores de energia. Outros conversores CC-CC mais complexos são Sepic, Cúk e Zeta (MARTINS, 2011).

Contudo, os módulos fotovoltaicos possuem um comportamento não linear, que varia de acordo com a radiação e a temperatura. Com isso, para que se possa aumentar a eficiência no carregamento da bateria, métodos de rastreamento de máxima potência (MPPT) são utilizados para controlar os conversores. Tendo em vista esta nova tendência de geração de energia, este trabalho se dedica ao estudo do conversor Zeta com controle MPPT aplicado ao carregamento de baterias.

MATERIAL E MÉTODOS

Conversor Zeta

A geração de energia do módulo fotovoltaico é de forma intermitente, onde depende da radiação solar e temperatura. Diante disso, os conversores são responsáveis por adequar a tensão intermitente do módulo em uma tensão constante de saída. Contudo, quando o conversor é aplicado a controladores de carga, alguns requisitos devem ser atendidos para manter a vida útil da carga. Dentre as topologias de conversores CC-CC encontradas na literatura, optou-se pelo conversor Zeta, devido as seguintes características:

- Corrente de saída com baixa ondulação, resultando em maior regulação na tensão de saída;
- Tensão de entrada com baixa ondulação;
- Polaridade da tensão de saída é não invertida;
- Baixo tempo de estabilização a perturbação.

O conversor Zeta possui o comportamento de forma aproximada ao do conversor Sepic, logo também é conhecido como Dual-Sepic (MARTINS, 2011). Sua estrutura é de 4ª ordem devido a sua quantidade de elementos armazenadores de energia. O Zeta apresenta características de abaixador e elevador de tensão, devido a isso possui a capacidade de rastrear o ponto de máxima potência em toda a curva P-V de operação de um módulo fotovoltaico. (SINGH, 2017). Na Figura 1 apresenta-se o circuito do conversor estático Zeta.

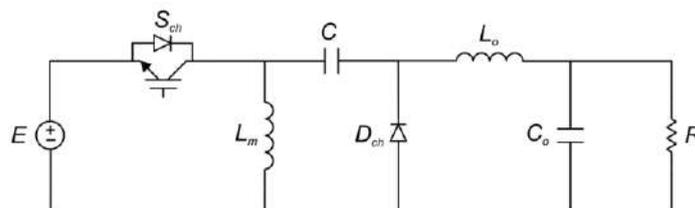


Figura 1 – Diagrama do circuito elétrico do conversor Zeta

Técnicas de Rastreamento de Máxima Potência

Apenas um sistema altamente eficiente não é suficiente para obter a máxima potência dos módulos fotovoltaicos, uma vez que a potência gerada depende diretamente da radiação solar e da

temperatura atual sobre o módulo fotovoltaico (PEDROLLO, 2012). Com a variação da intensidade da radiação solar incidente no módulo fotovoltaico ocorre a variação proporcional na corrente gerada. Por sua vez, com o aumento da temperatura, a tensão do módulo fotovoltaico apresenta uma diminuição em seus valores.

Diante disso, faz-se necessário algoritmos que atuem sobre o conversor CC-CC de forma que haja o controle da potência de entrada, assim mantendo-se a tensão e corrente nos valores próximos ao MPP. Atualmente, na literatura encontra-se aproximadamente 40 métodos de MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) aplicados a controle de conversores em sistemas fotovoltaicos (VERMA, 2016). No entanto, os métodos mais comuns utilizados são, Tensão e Corrente Constante, Perturba e Observa (P&O), Temperatura (Temp), Condutância Incremental (InCond) e Lógica Fuzzy (BHATNAGAR, 2013).

A seguir abordam-se duas técnicas de MPPT, que serão utilizadas no trabalho, o método Perturba e Observa (P&O) e Temperatura (Temp).

a) Medição de Temperatura - (Temp)

Este método proposto tem como as principais características a simplicidade de implementação do método Tensão Constante e a velocidade e acurácia de rastreamento do método Condutância Incremental. O algoritmo Tensão Constante é a maneira mais simples de impor a tensão fixa nos terminais do módulo fotovoltaico. Entretanto, o valor de tensão é fixado em um único valor e o MPP (*Maximum Power Point*) é variável. De outra forma, o algoritmo Condutância Incremental mantém a tensão variável, rápido e acurado, sempre atingindo o MPP. No entanto, este método possui seu algoritmo complexo para implementar (COELHO, 2010).

No método Medição de Temperatura utiliza-se um sensor de tensão e um sensor de temperatura. O método busca a tensão de máxima potência (V_{mp}) baseando-se que a tensão de saída se relaciona proporcionalmente com a temperatura do módulo. O fluxograma básico do método Temp. é apresentado pela Figura 2 (a). Assim,

$$V_{mp}(T_p) = V_{mp}(T_{STC}) + u_{V_{mp}}(T_p - T_{STC})$$

b) Perturba e Observa - P&O

O método Perturba e Observa é vastamente abordado na literatura, sendo um dos primeiros a utilizar tensão e corrente para técnicas de rastreamento de máxima potência (KAHOUL, 2015). O método P&O apresenta alguns fatores de cuidado como perturbação ΔD , pois como o método não opera exatamente no MPP e sim em torno dele, a perturbação deve ser ajustada a ponto de que o método seja eficaz e sem grandes variações. Seu funcionamento básico é perturbar o *duty cycle* e observar o efeito com relação a potência de saída. Se a potência aumentou, o método continua na mesma direção, caso contrário o método muda de direção, assim buscando o MPP. Na Figura 2(b) apresenta-se o fluxograma do P&O.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção abordam-se os resultados obtidos do conversor Zeta na validação experimental. A Tabela 1, apresenta os critérios de projeto do conversor Zeta.

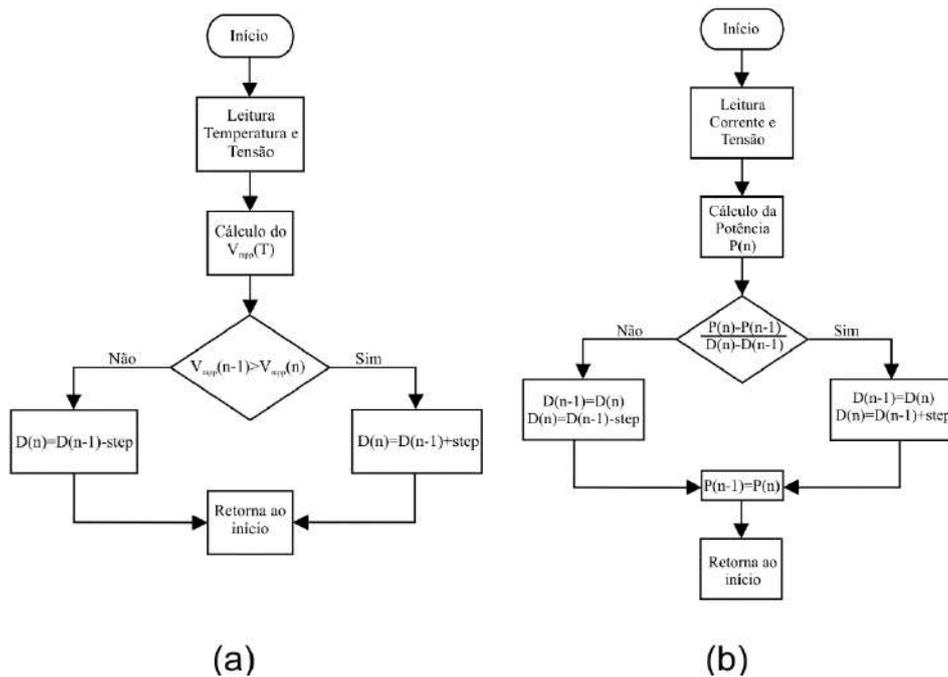


Figura 2 – Fluxogramas – (a) Método Temperatura (b) Método Perturba e Observa

Tabela 1 – Critérios de projeto do conversor Zeta

Parâmetros	Valores
Potência de entrada	140 W
Tensão de entrada	17,7 V
Corrente de entrada	7,91 A
Tensão de saída	13,8 V
Frequência de operação	30 kHz
Ondulação de corrente no indutor de saída	5%
Ondulação de corrente no indutor de magnetização	5%
Ondulação de tensão no capacitor de acoplamento	5%
Ondulação de tensão no capacitor de saída	1%

Desse modo, no ensaio experimental fez-se o uso de uma fonte de tensão da marca Minipa, modelo MPL-3305M, com seus dois canais de tensão em paralelo, pois cada canal tem a capacidade de fornecer apenas 5 A e 32 V, e a corrente nominal do projeto pode chegar a 10,145A. A fonte de tensão foi utilizada com objetivo de emular o módulo fotovoltaico KD140-SX em condições STC, então sua tensão foi ajustada em 17,7 V para alimentar a entrada do conversor Zeta.

Para a análise do comportamento da tensão e corrente de entrada e saída do conversor Zeta, utilizou-se um osciloscópio da marca Tektronix, modelo MSO 2014B com quatro canais de leitura. Desta forma, pode-se analisar simultaneamente o comportamento da tensão e corrente de entrada e saída do conversor com relação a carga aplicada. A leitura de corrente foi realizada por meio de uma ponteira de corrente do fabricante Tektronix, modelo A622. A Figura 3 apresenta a bancada de validação experimental do conversor Zeta.

Os resultados foram obtidos com aumento gradativo de potência de entrada, para que fosse possível avaliar de forma precisa o desempenho do conversor Zeta e evitar danos ao circuito nos testes iniciais. Utilizou-se uma carga resistiva com associação paralela nos testes experimentais e uma razão cíclica de 44% para controlar a operação do conversor. A Figura 4 apresenta os resultados para potências de 40 W, 70 W, 100 W e 140 W.

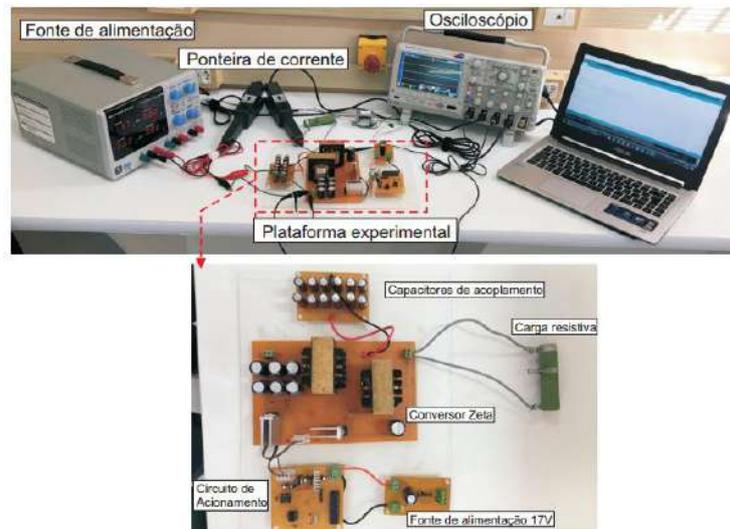


Figura 3 – Bancada experimental do conversor Zeta

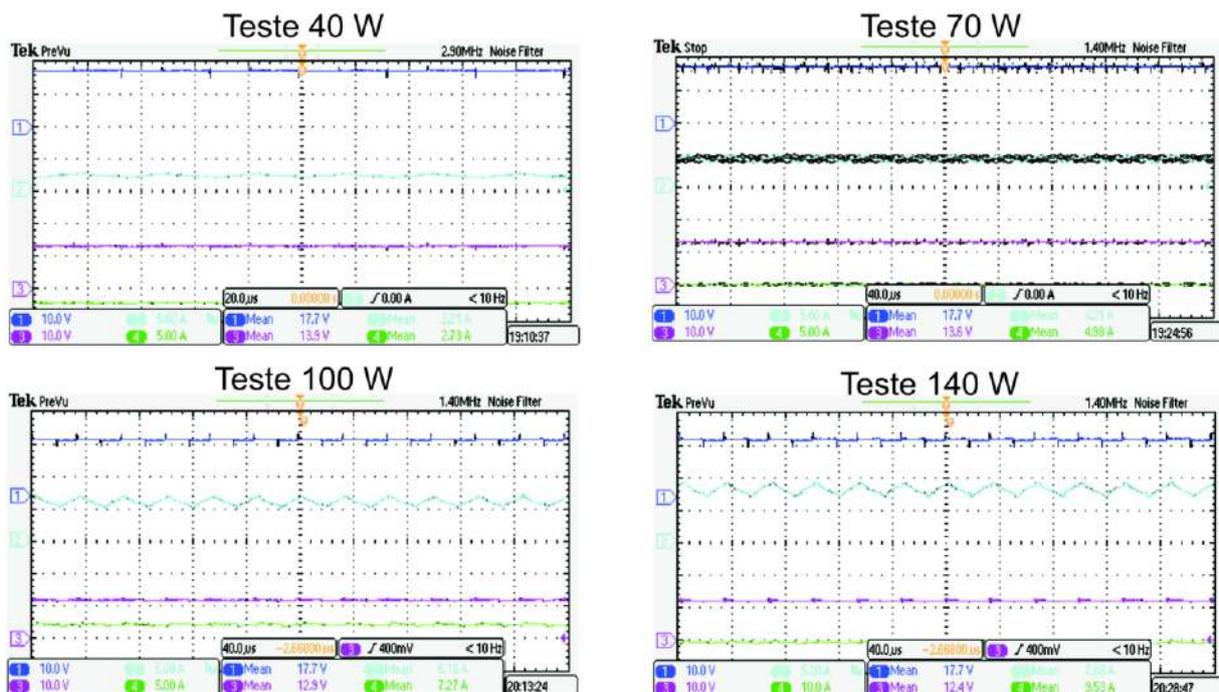


Figura 4 – Resultados experimentais do conversor Zeta

Observa-se que para o teste de 140 W, tem-se uma potência real de entrada e saída de 139,476 W e 118,172 W, respectivamente. Logo, a eficiência de conversão do Zeta para a potência nominal é de 84,72%. Isto justifica-se devido as perdas de potência no conversor está diretamente atrelada ao aumento de corrente, onde observou-se que as maiores perdas de conversão no Zeta é sobre o MOSFET e o diodo, cerca de 15 W de acordo com os cálculos de perdas teóricas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho realizou o estudo, análise e implementação do conversor Zeta como controlador de carga aplicado a sistemas fotovoltaicos. Realizou-se a validação em bancada da

Leandro B. K. Fisch e Adilson L. Stankiewicz

Estudo de um Conversor Zeta com Controle MPPT Aplicado à Controladores de Carga para Sistemas Fotovoltaicos

plataforma experimental do conversor Zeta, onde analisou-se o comportamento do conversor para diferentes potências de entrada. Algumas limitações com relação ao conversor Zeta foram identificadas, bem como limitação no circuito de acionamento. Contudo, sabendo-se que o conversor Zeta é apenas estudado de forma aprofundada em nível de pós-graduação, os resultados obtidos são satisfatórios, uma vez que atingiu-se uma eficiência de 84,72% na conversão de energia.

REFERÊNCIAS

AGENCY, I. E. **Key world energy statistics**. Cambridge, 2017. 1-30 p.

BHATNAGAR, P.; NEMA, R. Maximum power point tracking control techniques: State of the art in photovoltaic applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 224–241, jul 2013. ISSN 13640321.

COELHO, R. F.; CONGER, F. M.; MARTINS, D. C. A MPPT approach based on temperature measurements applied in PV systems. In: **2010 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)**. [S.l.]: IEEE, 2010. p. 1–6. ISBN 978-1-4244-7192-8.

G, D.; SINGH, S. Selection of non-isolated DC-DC converters for solar photovoltaic system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier Ltd, v. 76, n. August 2016, p. 1230–1247, sep 2017. ISSN 13640321.

FRAUNHOFER, I. S. E. **Photovoltaics Report 2017**. [S.l.], 2017. 44 p.

MARTINS, D. C.; BARBI, I. **Conversores CC-CC Básicos Não Isolados**. 4. ed. Florianópolis, 2011: [s.n.], 2011. 377 p.

OLIVA, D.; AZIZ, M. A. E.; HASSANIEN, A. E. Parameter estimation of photovoltaic cells using an improved chaotic whale optimization algorithm. **Applied Energy**, Elsevier Ltd, v. 200, p. 141–154, 2017. ISSN 03062619.

PEDROLLO, G. R. et al. MPPT techniques applied to the control of a module-integrated inverter grid-connected based on Zeta converter for PV panels. **2012 10th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications, INDUSCON 2012**, 2012.

PREHODA, E. W.; PEARCE, J. M. Potential lives saved by replacing coal with solar photovoltaic electricity production in the US. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier Ltd, v. 80, n. June 2016, p. 710–715, 2017. ISSN 18790690.

TAKAMOTO, T. et al. World's highest efficiency triple junction solar cells fabricated by inverted layers transfer process. **Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference**, p. 412–417, 2010. ISSN 01608371.

VERMA, D. et al. Maximum power point tracking (MPPT) techniques: Recapitulation in solar photovoltaic systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1018–1034, feb 2016. ISSN 13640321.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2012. 224 p.



Área de Pesquisa: Sistema Elétrico de Potência
Área Temática: Proteção em Redes de Distribuição



ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DAS ALTERAÇÕES DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO EM UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA RURAL DE MÉDIA TENSÃO

Aluno: Manuel Luiz Artuzi
Orientador: Ricardo Arpini Souza

INTRODUÇÃO

A eletricidade é um dos recursos fundamentais para a sociedade moderna, estando disponível a qualquer momento e na quantidade necessária para suprir a demanda dos consumidores. O sistema elétrico de potência (SEP) é responsável por disponibilizar esta demanda, sendo constituído por três grandes segmentos: geração, transmissão e distribuição. O último segmento é responsável por 80 % das interrupções no sistema, essas desligamentos são classificadas como transitórias e permanentes, entre os dois tipos de 80 a 95 % são transitórios, desta maneira se essas falhas não forem tratadas corretamente podem vir a tornar-se permanente, prejudicando a qualidade no fornecimento de energia, segundo os estudos de Ramos (2014).

A qualidade da distribuição de eletricidade é avaliada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio dos indicadores de continuidade de serviço, regulamentados pelos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), que tem a função de garantir um fornecimento de energia dentro dos padrões de segurança, qualidade e eficiência. A violação dos limites dos indicadores resultam no pagamento de indenizações aos clientes e até mesmo para o órgão regulador.

Mediante aos fatos expostos tem-se a possibilidade de propor alterações para a reconfiguração do sistema de proteção de um circuito rural de distribuição de energia, visando: minimizar o número de interrupções, a excelência nos indicadores de continuidade e reduzir as perdas e transtornos tanto para os consumidores quanto para a distribuidora.

Este trabalho foi desenvolvido por meio de um estudo de caso em uma distribuidora de energia elétrica do norte do Rio Grande do Sul, utilizando dados reais como referência. A partir do levantamento do dados necessários para o estudo foram propostas as alterações para reconfiguração do sistema de proteção, avaliando a viabilidade técnico-econômica das modificações para a distribuidora de eletricidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado neste trabalho foi o estudo de caso, que consiste na exploração de dados de dois Alimentadores (ALs) ou circuitos rurais de distribuição, para os quais foi realizada uma análise nos indicadores de continuidade de serviço coletivos: Duração Equivalente de Interrupção (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção (FEC), para então verificar a possibilidade de melhorias na confiabilidade do fornecimento de energia. Os dados utilizados para o desenvolvimento do trabalho foram obtidos por meio da Empresa Y, responsável pela distribuição de eletricidade em alguns

municípios na região norte do Rio Grande do Sul, Brasil. O nome da distribuidora será preservado por questões de propriedade da empresa.

O estudo de caso está baseado no desempenho dos indicadores de continuidade de dois circuitos: A e B, para determinar em qual deles será realizado um estudo mais aprofundado, mediante uma comparação entre os indicadores realizados em 2016 aos limites estabelecidos para este ano. Os principais fatores determinantes para a escolha desses circuitos, estão estruturados por apresentarem características semelhantes como: tipologia de rede convencional com configuração radial, características da área de abrangência, fatores de acesso, tecnologia de proteção e manobra, investimentos e por serem ALs rurais.

Os dados necessários para o desenvolvimento do trabalho foram coletados durante os anos de 2016 e 2017. Para verificar o desempenho dos indicadores de continuidade foram utilizadas as interrupções ocorridas em todo o ano de 2016, por outro lado os dados referentes as características elétricas como: diagrama unifilar, equipamentos de proteção, carga instalada, entre outros, foram utilizados os dados atualizados no decorrer do ano de 2017. Na Fig. 1 estão representados os indicadores limites e realizados em 2016, relacionados ao número e a duração das interrupções ocorridas nos dois subconjuntos.

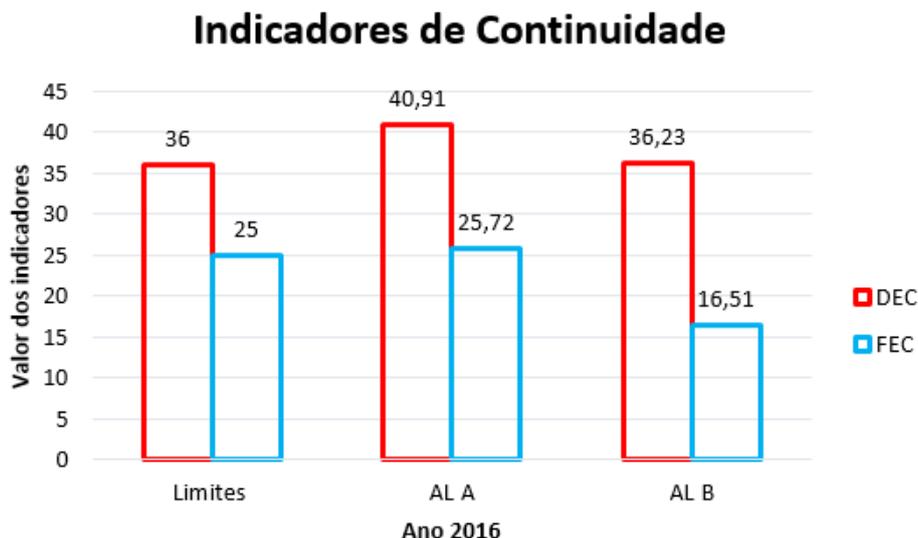


Figura 1 – Limites e indicadores realizados para o ano de 2016
Fonte: Adaptado de ANEEL, 2017 e Empresa Y, 2017

Por meio da Fig. 1, verifica-se o desempenho dos circuitos comparado com os limites estabelecidos, o AL A apresenta violação nos dois indicadores, por outro lado o AL B realizou uma pequena ultrapassagem no indicador relacionado a duração das interrupções, desta maneira pode-se constatar que essa infração tenha ocorrido devido a alguns fatores que dificultaram o restabelecimento do sistema, e não em função das interrupções. Mediante aos dados o circuito A realizou um desempenho inferior ao B, com isso será estruturada uma proposta de melhorias no sistema de proteção deste subconjunto, visando aprimorar o desempenho no fornecimento de energia.

Segundo Ramos, 2014, para realizar um estudo de reconfiguração do sistema de proteção é necessário conhecer os seguintes dados: diagrama unifilar da proteção com todos equipamentos instalados no AL, grandezas elétricas, demanda de carga, previsão de expansão e aumento de carga do sistema.

O AL apresenta equipamentos de proteção manuais e automatizados, as chaves-fusíveis e chaves faça, requerem ação humana para que sejam realizadas operações de abertura e fechamento em seus contatos. O religador utilizado no ponto de início do circuito, é um equipamento automatizado e tem suas ações realizadas remotamente do Centro de Operação de Distribuição (COD). Atualmente

este sistema apresenta um Religador (RL), 2 pontos com chaves facas e 38 pontos com chaves-fusíveis, como mostra a Fig. 2. Os pontos destacados em azul não tem função de proteção devido estarem sem elo.

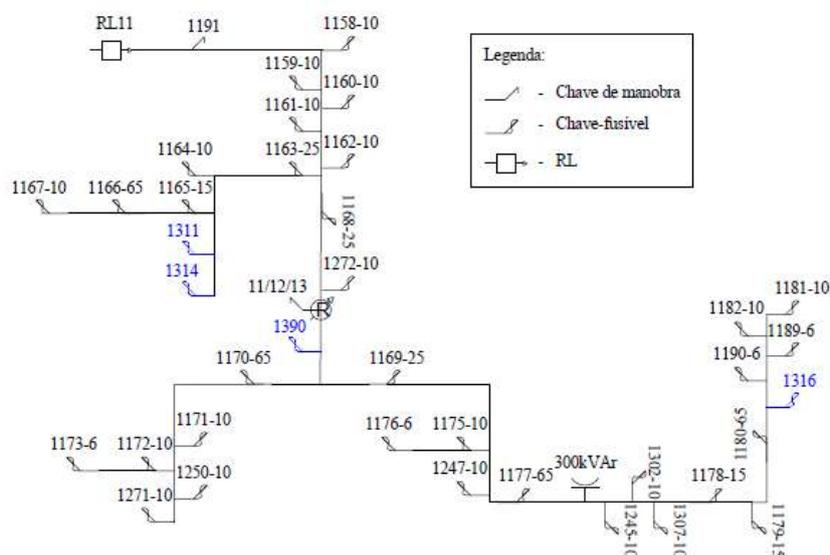


Figura 2 – Diagrama unifilar do sistema de proteção
Fonte: Adaptado de Empresa Y, 2017

Por meio da Fig. 2, pode-se aferir quais os elos fusíveis que estão sendo utilizados nas proteções dos trechos de redes troncais e ramais de derivações, os mais utilizados são: 6, 10, 15 e 25 A, sendo todos do tipo K. Os elos de 65 A utilizados nas chaves-fusíveis: 1166, 1170, 1177, e 1180 não exercem funções de proteção, são utilizados nesses pontos como chaves de manobra. Neste sistema podem ser identificados alguns pontos de descoordenação, sendo eles: 1168, 1169, 1178 e 1179, devido que elos com correntes nominais iguais não coordenam. Além disso, a proteção atual apresenta um número alto de chaves-fusíveis operando em série, o que não é bom para o sistema de proteção, visto que é impraticável a coordenação e seletividade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos principais requisitos dos sistemas de distribuição é a confiabilidade, a tipologia de rede convencional apresentam um desempenho muito abaixo quando comparadas a outros modelos, em média 90 % das faltas de energia são provocadas nesses tipo de rede. Para iniciar um planejamento de melhorias deve-se realizar um estudo investigando as principais características dos ALs de distribuição, pelo motivo que cada sistema apresenta características intrínsecas relacionadas aos aspectos construtivos e a região de localização, conforme abordado por Tronchoni (2008).

Neste AL ocorreram 188 interrupções em 2016, as principais causas responsáveis pelos desligamentos são comuns de acontecerem nessa tipologia de rede, o que varia é o número de vezes das ocorrências em determinado sistema, neste caso 50 % dos desligamentos foram classificados como não identificados. Devido não ter sido identificada corretamente a causa raiz do defeito este fator é classificado como não controlável, com isso dificulta o planejamento de melhorias baseado nas causas das interrupções. Mediante aos fatos a proposta de reconfiguração da proteção será fundamentada nos critérios de coordenação e seletividade dos equipamentos de proteção do sistema. Os ajustes de coordenação e seletividade da proteção foram fundamentados em uma metodologia que utiliza as correntes de carga e de curto circuito fase-terra mínimo de cada trecho do circuito, tabelas de coordenação e seletividade dos elos fusíveis e coordenogramas que relacionam as curvas

de atuação tempo x corrente do equipamentos. Para realizar os cálculos necessários para o estudo foi utilizado o software *Sinap*.

Após realizado o dimensionamento dos ajustes foi verificada a necessidade da instalação de outro tipo de equipamento para reduzir a associação série das chaves-fusíveis, visto que a bibliografia aborda que só é possível coordenar no máximo três chaves em cascata, a configuração atual apresenta várias vezes a sequência de 4 chaves, prejudicando a atuação do sistema de proteção. Com isso foi proposto a substituição da chave 1169 por um RL, mediante as características a jusante do ponto, apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1 – Características a jusante do ponto 1169

Descrições	Quantidade	Porcentagem
Distância	74.005 metros	46 %
Consumidores	320 U.C	56 %
Carga instalada	2.823 kVA	50 %
Fluxo de carga	18,3 A	45 %
Interrupções	85	45 %

Fonte: Adaptado de Empresa Y, 2017

A instalação do RL neste ponto traz consigo uma utilização benéfica para a reconfiguração da proteção, pela rapidez e maior precisão quando comparado aos elos fusíveis. Além disso, facilita a operação do sistema devido a flexibilidade nos ajustes, permitindo a coordenação e seletividade com outros tipos de equipamentos, reduzindo o número de interrupções, visto que os religamentos eliminam cerca de 80 a 95 % das faltas transitórias. A Fig. 3 mostra as alterações proposta para a nova configuração do sistema de proteção.

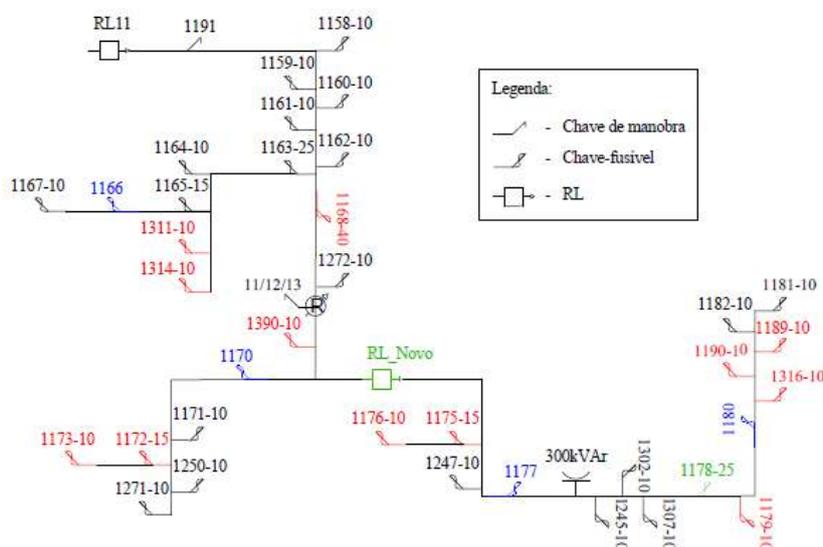


Figura 3 – Diagrama unifilar da reconfiguração do sistema de proteção

Fonte: Adaptado de Empresa Y, 2017

Para alcançar um desempenho satisfatório é necessário que o RL instalado esteja coordenado com os demais equipamentos de proteção, para isso existem várias maneiras e tipos de ajustes. A aplicação de dois RLs em série atende aos critérios da filosofia básica de proteção, a coordenação desses equipamentos baseia-se nas curvas de atuação tempo x corrente e na zona de proteção mútua para operações instantâneas e temporizadas, desta maneira o RL mais próximo deve atuar eliminando o defeito.

Por meio da Fig. 4 pode-se constatar que há coordenação e seletividade nas curvas de atuação dos RLs, pelo fato de que não há sobreposição entre elas. Outro ponto que atende as condições são os ajustes das correntes de disparo de fase e de neutro. O funcionamento dos RLs procedem da seguinte maneira, como as curvas de atuações estão muito próximas os equipamentos irão atuar simultaneamente na curva instantânea, se o defeito ocorrer na zona de atuação mútua, caso contrário atuará somente o RL 11. Após o religamento se persistir o defeito, os dispositivos irão passar para a atuação da curva temporizada, com isso terá tempo suficiente para a atuação do elo fusível mais próximo.

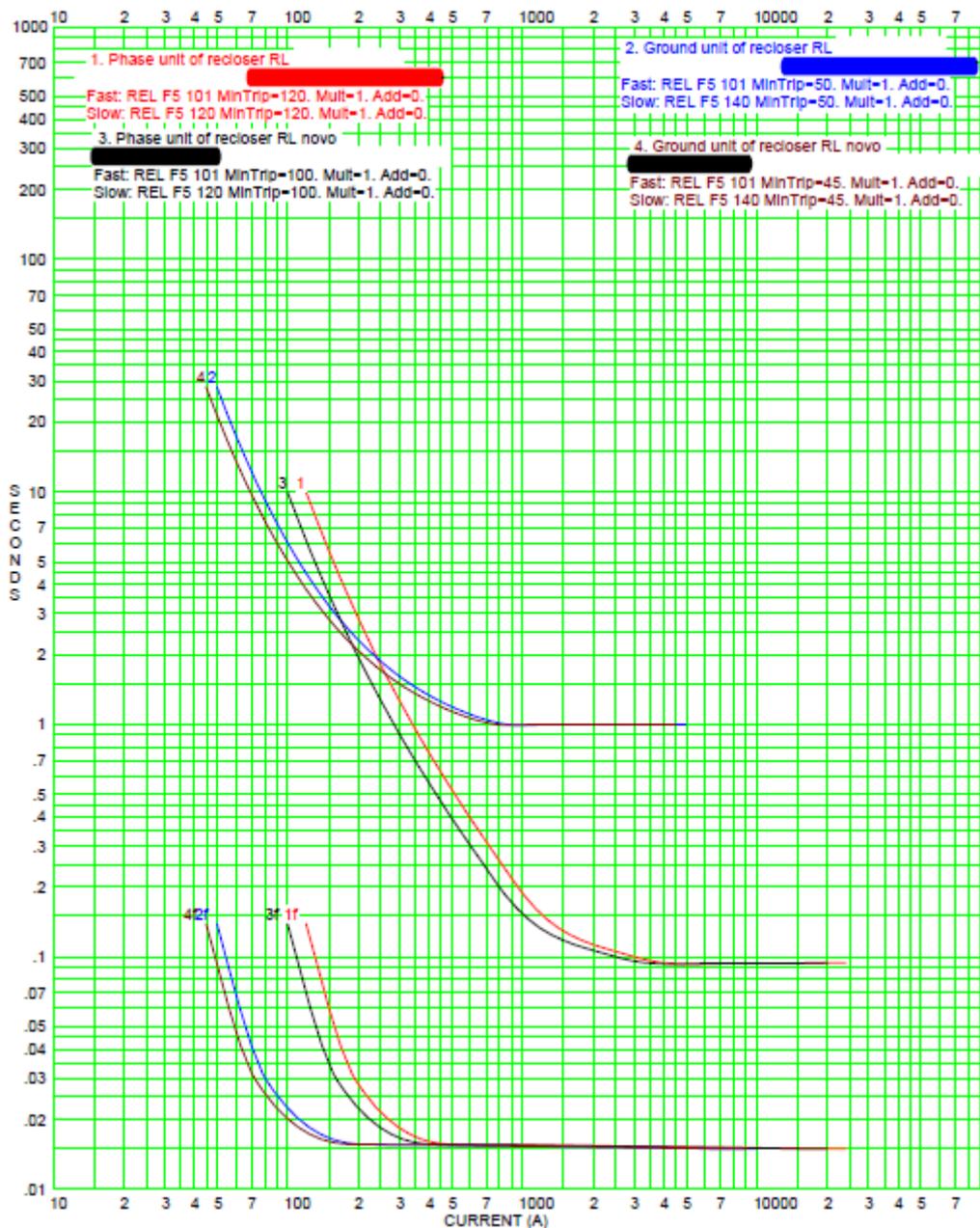


Figura 4 – Curvas de atuação instantânea e temporizada dos RLs
Fonte: Adaptado de Empresa Y, 2017

Conforme Amatuzzi, Barros e Chan (2013), a reconfiguração dos sistemas de proteção com a instalação de equipamentos automatizados, apresenta uma considerável redução no número de interrupções próximas a 50 %. A partir dessa hipótese pode-se avaliar a viabilidade técnico-econômica das alterações em função das melhorias que ela proporcionará ao sistema. Por meio da

Tab. 2 são verificados os gastos necessários para realizar as alterações propostas e o retorno estimado dos investimentos mediante aos aprimoramentos do desempenho do sistema, redução de despesas e compensações. Os objetivos dessas mudanças são melhorar a configuração do sistema de proteção, aumentar a confiabilidade do fornecimento de eletricidade, reduzindo as perdas e transtornos para a distribuidora de energia.

Tabela 2 – Dados da viabilidade econômica das alterações

Descrições	Atual	Proposta	Custo/Benefício
Penalizações	R\$ 5.757,28	R\$ 00,00	R\$ 5.757,28
Gastos com interrupções	R\$ 48.818,44	R\$ 24.405,22	R\$ 24.405,22
Investimentos	0	R\$ 82.952,00	R\$ -82.952,00
Retorno do investimento estimado			2,75 anos

Fonte: Adaptado de Empresa Y, 2017

CONCLUSÕES

Os estudos em sistemas de distribuição estão relacionados diretamente com as características intrínsecas de cada circuito, pelo fato que não há apenas uma única solução para os defeitos. Para este caso foi proposta esta solução, sendo comprovado por meio dos dimensionamentos e coordenogramas, o funcionamento adequado do sistema de proteção. Além disso, a substituição da chave 1169 pelo RL tornou possível realizar a coordenação e seletividade adequada as condições dos ajustes da proteção, atendendo as critérios de associar no máximo três chaves-fusíveis em série e aumentar a confiabilidade do sistema. Na ocorrência de uma falha, independente do fator que a gerou, o sistema de proteção irá atuar corretamente interrompendo a menor parte do circuito.

Os investimentos necessários para as alterações apresentam-se coerentes com o tamanho da distribuidora e com as características da região, além disso é importante que as distribuidoras de eletricidade alcancem o equilíbrio econômico, sendo reconhecida pelo órgão regulamentador e acima de tudo valorizando a marca da empresa diante da comunidade atendida.

REFERÊNCIAS

AMATUZZI, M. d. C.; BARROS, L. C. de; CHAN, A. W. Q. **Análise no Desempenho do Alimentador Palmital com o Uso de Seccionador Visando a Melhoria dos Índices de Continuidade de Fornecimento de Energia Elétrica**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: www.aneel.gov.br

Empresa Y, D. **Relatórios dos Indicadores de Continuidade e Dados Elétricos dos Circuitos de Distribuição**. 2017.

RAMOS, M. J. S. **Metodologia para Análise da Coordenação e Seletividade de Dispositivos de Proteção Durante Reconfigurações de Redes de Distribuição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

TRONCHONI, A. B. **Identificação de Causas de Desligamentos Não Programados em Redes de Distribuição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008.



Linha de Pesquisa: Eletrônica de Potência e Controle
Área do Conhecimento: Conversores Estáticos de Energia CA-CC-CA



ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM CONVERSOR DE TENSÃO MONOFÁSICO-TRIFÁSICO COM ELEVADO FATOR DE POTÊNCIA

Aluno: Marcelo Jacson Fortuna
Orientador: Adilson Luís Stankiewicz
Coorientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de realizar o estudo experimental de um conversor de tensão monofásico-trifásico com elevado fator de potência aplicado a propriedades rurais, com a finalidade de apresentar uma alternativa de baixo custo comparada com as demais, onde fosse possível fazer tal conversão o mais próximo da carga a ser conectada. Como afirmativa da necessidade deste trabalho, devido ao aumento na utilização de maquinário trifásico, Guedes (2000) confirma o crescente avanço tecnológico que vem se estendendo as propriedades rurais, “os maquinários agrícolas adquiridos para a produção cada vez mais estão sendo equipados com motores trifásicos, que são mais eficientes que os monofásicos, além da economia no uso da energia elétrica”.

Para estabelecer uma metodologia capaz de cumprir com os requisitos necessários de conversão de energia CA-CC-CA, utilizaram-se três estágios de conversão, tais estágios são constituídos basicamente por um conversor CA-CC utilizando um retificador monofásico não controlado, a conversão CC-CC aplicando um conversor Boost PFC a fim de elevar a tensão no barramento CC a 400 V e corrigir o fator de potência para próximo da unidade. Para tal função foi escolhida a metodologia de controle por corrente média baseada no circuito integrado denominado UC3854, o qual possui três malhas de controle: corrente, tensão e tensão *feed-forward*, conforme ressalta Beltrame (2008). Por último a conversão de energia CC-CA utilizando um inversor de tensão trifásico, para que fosse possível a geração de tensões trifásicas equilibradas e defasadas em 120°. Posterior ao projeto do conversor, buscou-se a validação do mesmo por meio de simulações computacionais, retirando as principais formas de onda, bem como através de implementação do protótipo experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

Dentre os procedimentos para conversão de tensão monofásica-trifásica adotou-se como referência o trabalho de Beltrame (2008) que engloba o estágio de conversão de energia CA-CC e CC-CC, compostos por um retificador monofásico não controlado e um conversor Boost PFC. Por outro lado, para base do projeto do conversor CC-CA pode-se destacar o trabalho de Nepomuceno (2008) que apresentam de forma clara a aplicação da modulação geométrica que será utilizada no inversor trifásico de tensão. Neste trabalho o conversor de tensão monofásico-trifásico tem o intuito de transformar uma tensão monofásica eficaz de 220 V, disponível na maioria das propriedades rurais, para uma tensão de saída trifásica eficaz de 220 V, com defasagem de 120°, além de um alto fator de potência.

Para que fosse possível o projeto do conversor Boost PFC, foi necessária a escolha de alguns parâmetros iniciais de projeto, tais parâmetros foram estabelecidos a partir das referências e estão apresentados na Tab. 1.

Tabela 1 – Especificações de projeto do conversor Boost PFC

Parâmetro	Simbologia	Valor
Tensão de entrada (V)	V_{ret}	311
Potência de saída (kW)	P_{out}	1
Tensão de saída (V)	V_{out}	400
Frequência de chaveamento (kHz)	f_s	75
Ondulação na corrente de entrada pico-a-pico (%)	ΔI_{ret}	25
Hold up time (ms)	t_{hold}	33
Ondulação na tensão de saída (%)	ΔV_{out}	10
Indutor Boost (μH)	L_{boost}	810,83
Capacitor de saída (mF)	C	2,2

Posterior à escolha dos parâmetros foi necessário o projeto do sistema de controle condizente com o circuito integrado UC3854, o qual será empregado no protótipo do conversor para corrigir o fator de potência para próximo da unidade. Ressalta-se que o sistema de controle empregado é baseado na utilização de três malhas. A primeira é composta por uma malha interna de corrente, possuindo resposta rápida, e tendo o intuito de fazer a correção efetiva do fator de potência. A segunda é composta por uma malha de tensão com resposta lenta, cuja principal função é corrigir a amplitude da tensão de saída, atendendo aos valores de projeto. E por fim a terceira malha (*feed-forward*) tem o intuito de estabilizar a tensão de saída, não permitindo variações bruscas ocasionadas pelo excesso de variação na entrada. Na Fig. 1 está representado o diagrama de blocos do sistema de controle completo.

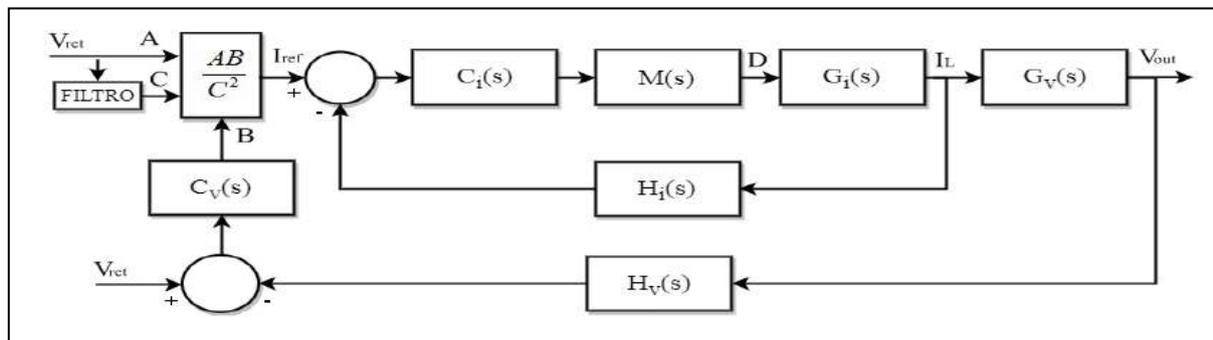


Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema de controle completo do conversor Boost PFC

Após o projeto do sistema de controle PFC, para validação do projeto do conversor Boost PFC foi realizada montagem do circuito na ferramenta computacional PSIM[®] conforme mostra a Fig. 2. Decorrida a simulação do conversor Boost PFC, realizou-se a implementação em bancada levando como base Andreyca (1999), com o intuito de validar tanto o projeto quanto a simulação. Buscando seguir as referências, e a necessidade de ajustar o projeto para se tornar adequado ao funcionamento correto do CI modificou-se a tensão de entrada para uma faixa de tensão entre 80 V e 270 V. Como pontos positivos à nova faixa de tensão pode-se citar uma maior flexibilidade do conversor, dado fato que redes rurais geralmente possuem uma variação maior nos níveis de tensão disponibilizados ao consumidor. Outro parâmetro ajustado foi o do capacitor de saída, a fim de aumentar a velocidade de resposta do conversor, utilizando-se 470 μF . Mais uma mudança importante foi à redução da potência de saída, visando à possibilidade de maior segurança no teste em bancada do conversor, sendo estipulada uma potência de 250 W. A Fig. 3 apresenta o diagrama esquemático do protótipo do conversor Boost PFC.

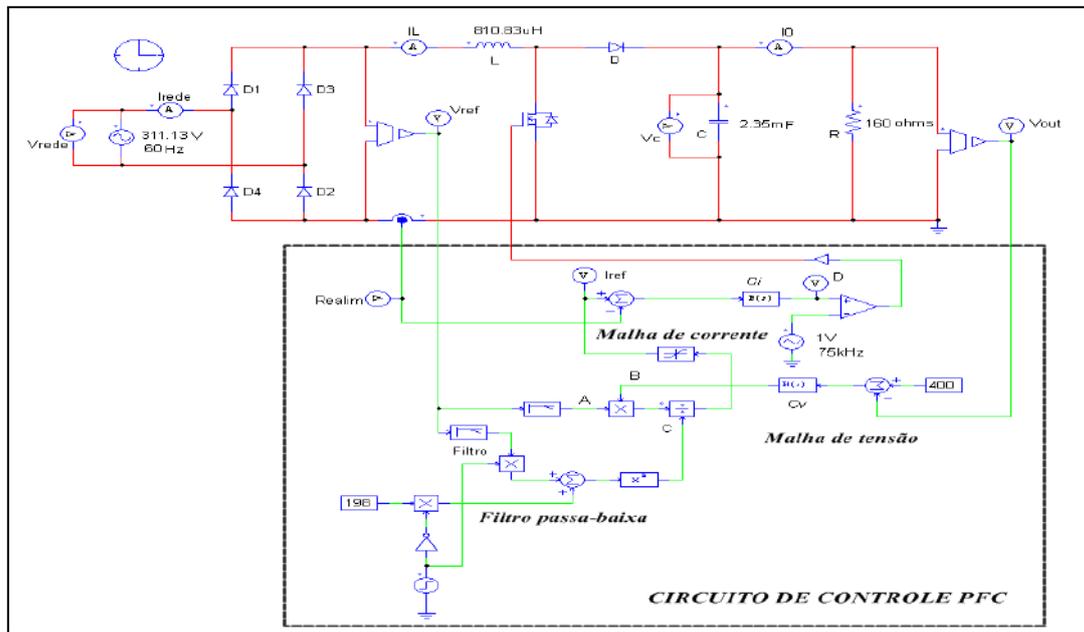


Figura 2 – Diagrama de simulação do conversor Boost PFC no PSIM®

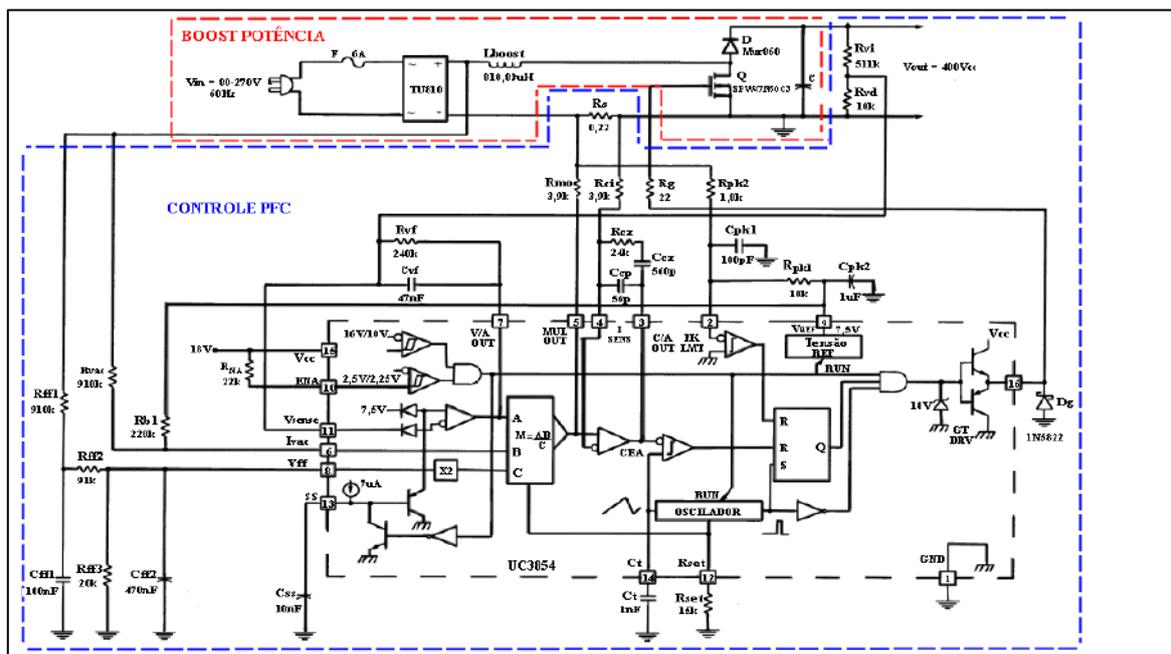


Figura 3 - Circuito do protótipo experimental do conversor Boost PFC

Depois de decorrido o projeto e montagem do protótipo do conversor Boost PFC, na segunda fase de projeto determinou-se a metodologia e projeto do conversor CC-CA por meio do inversor trifásico. Dentre as possíveis modulações por largura de pulso, optou-se pela modulação geométrica, onde segundo Nepomuceno, 2008 nesta metodologia é instituído uma relação de transformação entre o espaço das tensões de saída com as tensões produzidas pelos braços do inversor, assim formando um sistema desacoplado independente entre as tensões.

Para simulação do conversor CC-CA utilizou-se como base a simulação do conversor Boost PFC, dado o fato que o inversor é o último estágio para a montagem do conversor de tensão monofásico-trifásico, assim integrando os três estágios de conversão de energia. A Fig. 4 apresenta de forma clara a simulação no aplicativo PSIM® do conversor de tensão monofásico-trifásico, onde está presente o inversor de tensão projetado.

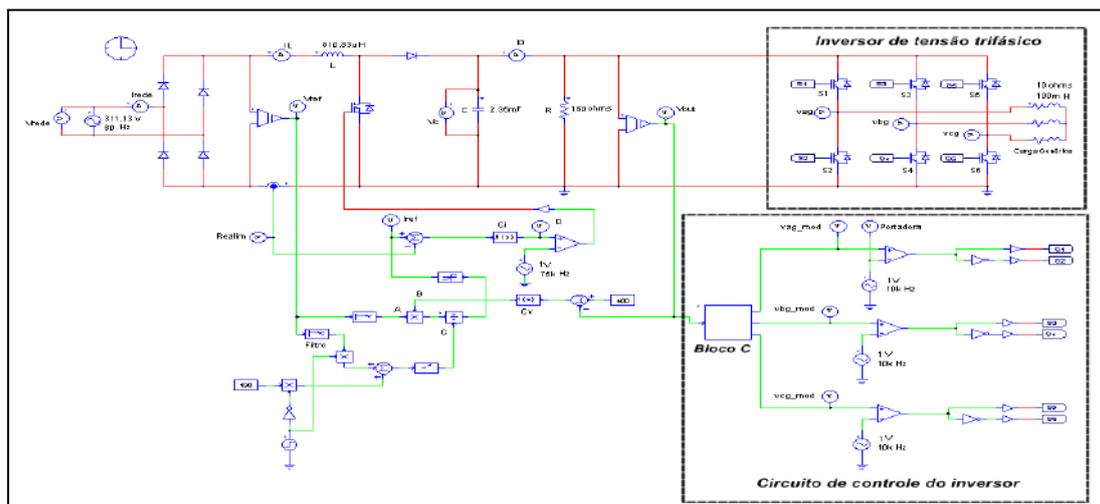


Figura 4 – Circuito de simulação do conversor monofásico-trifásico no PSIM[®]

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o projeto e simulação dos estágios que compõe o conversor monofásico-trifásico, foram retiradas as principais formas de onda. Na etapa de simulação do conversor CC-CC Boost PFC foi possível concluir que os objetivos foram alcançados com êxito, e que o método de controle por corrente média conseguiu fazer com que a corrente no indutor (I_L) rastresse a corrente de referência (I_{ref}). Na Fig. 5 se faz uma comparação entre I_{ref} e I_L comprovando que as duas correntes possuem a mesma forma de onda. Também na mesma figura fica expresso que V_{rede} e I_{rede} estão em fase. Pelo fato de V_{rede} e I_{rede} estarem em fase o resultado é a correção do fator de potência. Destaca-se que a corrente da rede foi multiplicada em dez vezes, para que fosse possível visualizar que esta, está em fase com a tensão, e o fator de potência global obtido de 0,9928.

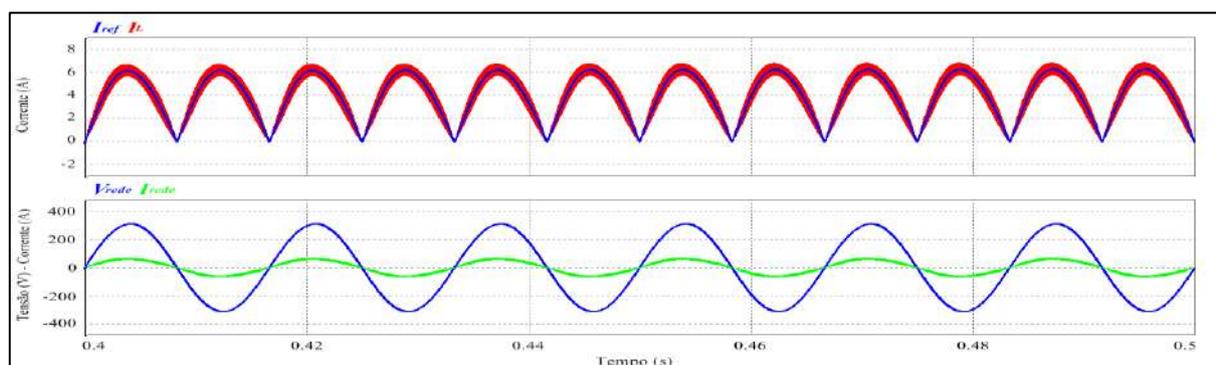


Figura 5 – Comparação entre as formas de onda $I_L \times I_{ref}$ e $V_{rede} \times I_{rede}$

Contudo, na etapa de montagem do protótipo, constatou-se que o funcionamento do conversor Boost em malha fechada, com o comando da chave ativa pelo CI UC3854 não ocorreu de forma satisfatória, devido à aquisição dos sinais serem insuficientes para que os mesmos cumprissem com os requisitos necessários. Pode-se ressaltar que os sinais presentes nas malhas de controle possuem um caráter muito distorcido, e devido ao baixo valor, acarretam na perda do sinal de referência da corrente de entrada. Na Fig. 6 pode-se notar que a forma de onda da tensão média retificada (V_{ret}), a qual dá a forma a corrente de referência, possui uma deformação acentuada. Este fenômeno, associado à baixa corrente de entrada que é inserida ao pino 6 (Fig. 3) de cerca de 600 μ A, acaba por prejudicar o funcionamento do CI. A forma inadequada deste sinal ocasiona a inibição do PWM que comanda o MOSFET, não cumprindo com o objetivo da correção do fator de potência.

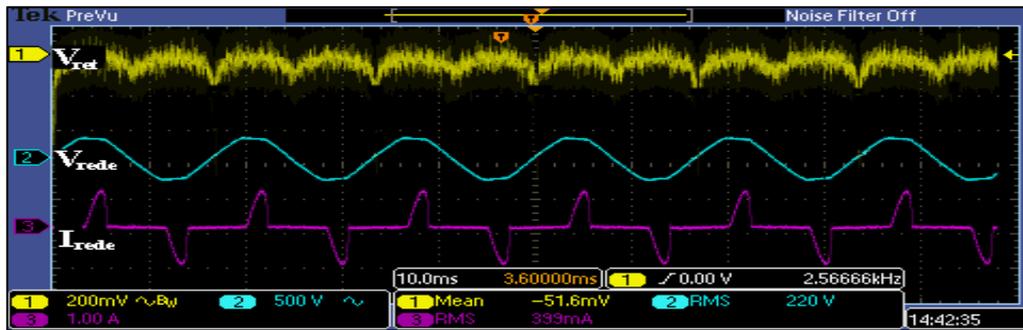


Figura 6 - Formas de onda da tensão média (V_{ret}), tensão da rede (V_{rede}) e corrente da rede (I_{rede})

Devido ao desempenho do protótipo do conversor Boost PFC em malha fechada não ser satisfatório, buscou-se verificar se o projeto das malhas de controle presentes na Fig. 3 estava correto, optando-se assim, por simular computacionalmente o circuito com a utilização de amplificadores operacionais para constituírem os compensadores proporcionais e integrais tanto da malha de controle da corrente quanto de tensão. Utilizando como base a simulação computacional realizada inicialmente, foram inseridos os componentes que integram as malhas, além do sensoriamento por meio do resistor *shunt*. Na Fig. 7 é exibido o diagrama de simulação do conversor Boost PFC para validação do projeto, obtendo um cenário que seria próximo do correto funcionamento do conversor.

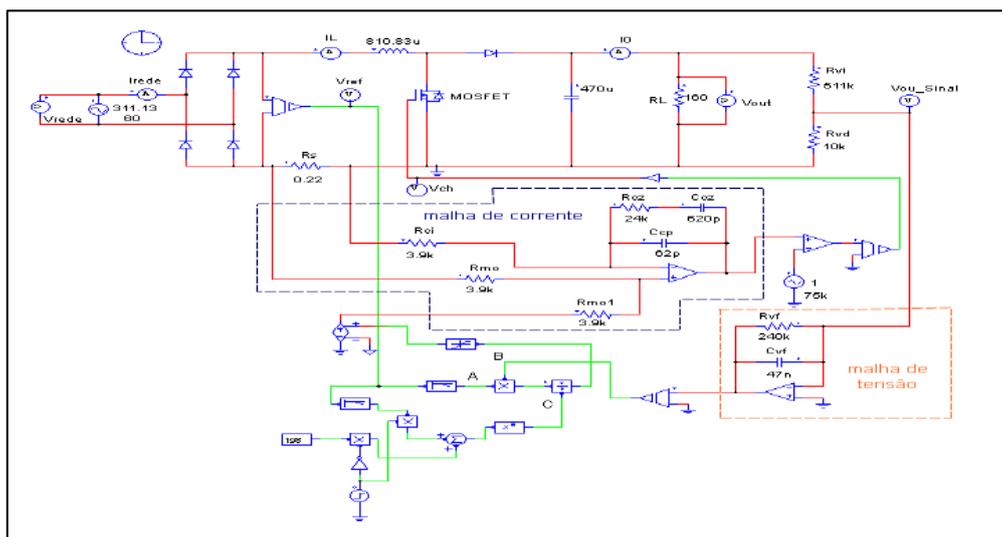


Figura 7 - Diagrama de simulação para validação experimental

Com a simulação do sistema de conversão CC-CC Boost PFC, foram obtidos resultados que comprovam que o projeto dos compensadores está correto. Podendo-se ressaltar que o sistema de controle foi capaz de dar referência a corrente do indutor, levando a correção do fator de potência. A Fig. 8 apresenta os resultados obtidos com a inserção dos controladores analógicos na simulação, resalta-se que através da comparação entre a tensão e a corrente da rede o fator de potência obtido foi de 0,9971. Sendo assim, pôde-se evidenciar que o sensoriamento e a forma com que os sinais foram amostrados apresentaram-se um tanto quanto falhos.

Na Fig. 9 estão representadas as formas de onda das tensões trifásicas de linha v_{ab} , v_{bc} e v_{ca} , correspondentes respectivamente aos índices $AVGX(v_{ag} - v_{bg}, 0,0001)$, $AVGX(v_{bg} - v_{cg}, 0,0001)$, $AVGX(v_{cg} - v_{ag}, 0,0001)$. Destaca-se que todos os requisitos necessários para caracterização de tensões trifásicas equilibradas são cumpridos, tais como, defasagem de 120° entre as tensões, frequência de 60 Hz , e tensão eficaz de 220 V .

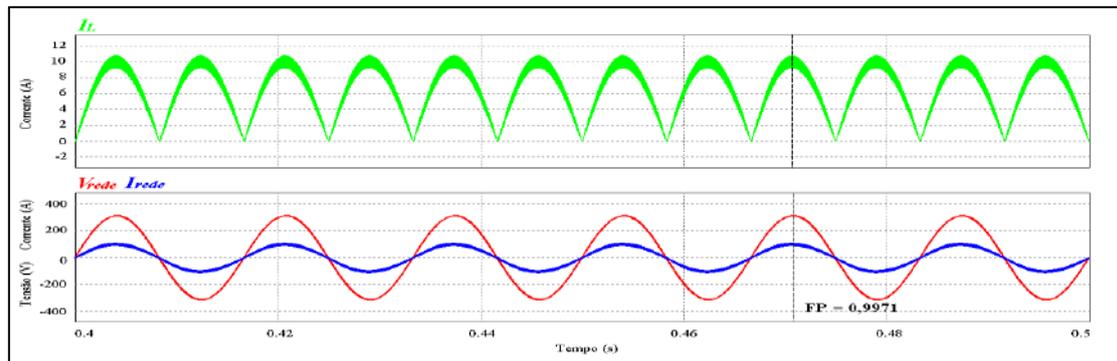


Figura 8 – Corrente no indutor (I_L), e comparação de V_{rede} e I_{rede}

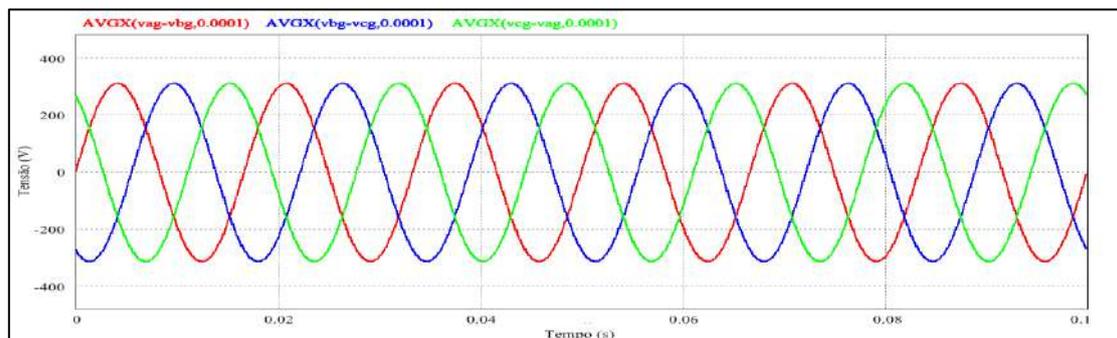


Figura 9 – Formas de onda das tensões trifásicas de linha v_{ab} , V_{ab} e V_{ca}

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que devido ao desenvolvimento do projeto foi possível à implementação do circuito na ferramenta computacional PSIM®, objetivando extrair as principais formas de onda para possibilitar a análise dos resultados. Posterior ao projeto dos elementos constituinte do conversor, e efetuado a montagem e teste do protótipo, constatou-se que o sensoriamento do conversor Boost PFC deve ser aprimorado para fornecer os sinais de referência necessários para o adequado funcionamento do CI UC3854. Contudo, pode-se citar como alternativa para contornar os problemas encontrados no sensoriamento, e tendo como finalidade demonstrar que o projeto do conversor estava correto, a opção por novas simulações, implementando na ferramenta computacional a arquitetura real do CI, através da implementação das malhas por meio de amplificadores operacionais, as quais confirmaram que os procedimentos metodológicos de projeto estão corretos. Desta forma, é possível inferir que um projeto do circuito impresso com melhorias no sensoriamento pode propiciar o funcionamento pleno do conversor Boost PFC.

REFERÊNCIAS

- ANDREYCAK, B. **Optimizing Performance in UC3854 Power Factor Correction Applications**. Unitrode Design Note DN-39E, 1999.
- BELTRAME, R. C. **Projeto e Implementação de um Conversor BOOST PFC CCM de 650 W com Entrada Universal de Tensão**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSM, Santa Maria, 2008.
- GUEDES, J. A. da M. **Conversor de Tensão Alternada com Entrada Monofásica e Saída Trifásica, para Aplicações Rurais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - UFSC, Florianópolis, 2000.
- NEPOMUCENO, L. E. R. **Estudo da Modulação por Largura de Pulso (PWM) para Inversores de Potência**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSM, Santa Maria, 2008.

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



URI

ERECHIM

VI MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA MECÂNICA

06 de dezembro de 2017

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Soldagem e Engenharia de Superfícies**QUALIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO FSW EM BRAÇO
ROBÓTICO UTILIZADO NA UNIÃO DE CHAPAS DE ALUMÍNIO
AA 5083-O****Aluno: Bruno Eduardo Kozerski Giaretton****Orientador: Arthur Bortolin Beskow****INTRODUÇÃO**

A busca de soluções que permitam reduzir o consumo de combustíveis e a consequente emissão de gases poluentes pelos meios de transporte é uma das questões ambientais de maior preocupação mundial (CAMPANELLI; ALCÂNTARA; SANTOS, 2011). Com isso, diversos ramos da indústria metalmeccânica tem a intenção de reduzir custos e aperfeiçoar projetos, nos quais muitas vezes opta-se pelo uso de materiais de ligas leves, tais como as ligas de alumínio, devido suas notáveis propriedades, como excelente resistência à corrosão, elevada condutividade térmica e elétrica, além de trazer facilidade de processamento através de diversos métodos de fabricação (BRZOSTECK, 2012; ABAL, 2017; PEREIRA 2010; QUINTINO, 2012).

O processo de soldagem realizado em estado sólido, chamado de soldagem por fricção e mistura mecânica - FSW (do inglês *Friction Stir Welding*) (THOMAS et al., 1991) está associado à capacidade de gerar uniões metálicas com alto grau de qualidade, promovendo benefícios na indústria (NANDAN; DEBROY; BHADSHIA, 2008; THREADGILL, 1999; MISHRA; MA, 2005; THREADGILL et al., 2009). Este trabalho tem como objetivo principal qualificar os parâmetros do processo FSW em juntas de topo nas uniões de chapas de alumínio AA 5083-O de espessura 2 mm com braço robótico, por meio de testes de tração e de dobramento.

MATERIAL E MÉTODOS

A liga utilizada foi a liga AA 5083-O, disposta em chapas laminadas a frio com elemento de liga principal o magnésio e secundário o manganês, com 2 mm de espessura. Os experimentos foram realizados no laboratório de engenharia mecânica da URI - Erechim, com braço robótico modelo YS165G3 que possui 6 eixos com capacidade de 160 kg, medido na posição mais crítica e envergadura total de 2,66 m. Sua velocidade de operação pode ser limitada, variando de 0 a 150 m/min. Para o processo de soldagem por FSW foi utilizado um servo motor da marca Maxsine, modelo 150MSL27020F com capacidade de torque de 27 Nm, potência de 5,5 kW a 220 V trifásico e rotação máxima de 2000 rpm. A ferramenta utilizada possuía ombro de diâmetro de 10 mm, contendo estrias em espiral com passe 3 mm e pino cônico com ponta de 2,9 mm, base 4 mm e comprimento de 1,6 mm com rosca M3 cônica.

Os corpos de prova foram extraídos das chapas soldadas e após o seccionamento foram submetidos aos testes de tração, que consiste na aplicação de uma carga de tração uniaxial em um corpo de prova, onde se pode afirmar que as deformações são uniformemente distribuídas ao longo de todo um corpo de prova específico até a ruptura (SOUZA, 1982). Os ensaios de tração uniaxial foram realizados na máquina de ensaios universais da marca SHIMADZU, com capacidade máxima de 300 kN. Em conjunto com os dados de força fornecidos pela célula de carga da máquina foi acoplado um sistema para medição do alongamento do corpo de prova, chamado de extensômetro

metálico, com precisão de três casas decimais. A fim de verificar a ductilidade da região soldada e analisar se houve penetração total nas juntas, foram realizados ensaios de dobramento de face e raiz nas amostras soldadas. Para a investigação da integridade da junta soldada foi utilizado o ensaio de dobramento seguindo as normas ISO 25239 (2011) e ISO 5173 (2000). Para esse ensaio também foi utilizada a máquina de ensaios universais da marca SHIMADZU, com a adaptação de um cutelo de acordo com a espessura da chapa (determinado pela norma ISO 5173 (2000)). Para as chapas utilizadas obteve-se um cutelo de 19 mm de diâmetro apenas modificando as configurações das garras para cutelo e apoio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para análise do metal base da chapa de alumínio AA 5083-O, foi aplicado o ensaio de tração em dois corpos de prova padrão. Para este ensaio o metal base ficou com uma tensão de escoamento de 122,35 MPa, um pouco inferior das informações do fabricante, que segundo o mesmo é de 125-200 MPa. A média da tensão máxima de tração foi de 266,49 MPa, também um pouco inferior das informações do fabricante que é de 275-350 MPa.

Foram realizados 4 experimentos denominados de RB1, RB2, RB3 e RB4, com alterações de alguns parâmetros de soldagem entre eles, a fim de verificar alterações na soldagem.

Para o experimento RB1, o comprimento do pino da ferramenta possuía 1,6 mm e mesma foi inclinada em um ângulo de 3°, com sentido de rotação anti-horário a 1900 rpm, velocidade de avanço em 50 mm/mim e com a profundidade de penetração configurada em 4 mm, ou seja, 2 mm abaixo da espessura da chapa para compensar a complacência do braço robótico e garantir a força vertical de soldagem. O processo FSW foi realizado com tempo de pré-aquecimento inicial de 40 s, após a soldagem ocorreu em um espaço de 100 mm. Para o experimento RB2 foram feitas duas alterações nos parâmetros: velocidade de avanço que aumentou para 60 mm/mim e tempo de pré-aquecimento inicial que diminuiu para 30 s. O tempo de penetração inicial de ferramenta foi diminuído devido à verificação de superaquecimento do experimento RB1. No experimento RB2 verificou-se que ainda estava havendo um aquecimento excessivo. O aumento da velocidade de avanço foi feito para verificar como o processo se comportaria com este novo parâmetro, e como foi possível observar nos experimentos RB1 e RB2, verificou-se uma solda de boa aparência. Nos dois experimentos foi monitorado o torque de rotação da ferramenta utilizando uma função disponível no drive de controle do servo motor. Em ambos os casos o torque ficou de 24% a 26% do torque nominal.

Foram realizados ensaios mecânicos de tração nos corpos de prova. Para o experimento RB1 foram realizados os ensaios mecânicos RB1 CP02 e RB1 CP04, e para o experimento RB2 foram realizados os ensaios mecânicos RB2 CP02 e RB2 CP04, conforme a Figura 1.

Para o experimento RB1 os ensaios de tração apresentaram uma média de tensão de escoamento de 128,53 MPa, e o RB2 uma média de tensão de escoamento de 126,07 MPa, os dois experimentos superiores ao do metal base (122,35 MPa). A média da tensão máxima de tração para o RB1 foi de 155,05 MPa, e a do RB2 que foi de 171,79 MPa, ambos inferiores ao do metal base (266,49 MPa), assim, ocorreu ruptura na região da solda, devido a não penetração completa do pino da ferramenta, sendo desta forma, reprovado neste ensaio. Como os parâmetros de soldagem não foram aprovados nos ensaios de tração, os mesmos não foram submetidos ao ensaio mecânico de dobramento para analisar o comportamento na junta soldada.

Figura 1 - Resultados do ensaio de tração: RB1 CP02 e RB1 CP04; RB2 CP02 e RB2 CP04



Fonte: O autor

Para o experimento RB3, foram alterados alguns parâmetros devido a avaliação da não penetração completa do pino da ferramenta pelo processo FSW nos experimentos RB1 e RB2. Primeiramente necessitou-se alterar o comprimento do pino da ferramenta que passou de 1,6 mm de comprimento para 1,7 mm e também a profundidade de penetração configurada, que passou de 4 mm para 4,1 mm, ou seja, 2,1 mm abaixo da espessura da chapa para compensar a complacência do braço robótico. No experimento RB3 também foi monitorado o torque de rotação da ferramenta e também esteve entre 24% e 26% do torque nominal. Na Figura 2 pode ser observado os ensaios de tração para os corpos de prova RB3 CP03 e RB3 CP05.

Figura 2 - Resultados do ensaio de tração: RB3 CP03 e RB3 CP05



Fonte: O autor

Os ensaios de tração apresentaram uma média de tensão de escoamento de 105,442 MPa, e uma média da tensão máxima de tração foi de 108,728 MPa, inferiores ao do metal base que são respectivamente de 122,35 MPa e 266,49 MPa. Como os corpos de provas da soldagem não foram aprovados nos ensaios de tração, os restantes dos mesmos não foram submetidos ao ensaio mecânico de dobramento para analisar o comportamento na junta soldada. Choi et al. (2017), durante os ensaios de tração, observou-se que as "soldas boas" foram alongadas e a fratura ocorreu no lado externo da zona de solda: isto é, na zona afetada pelo calor. Para as "soldas ruins", a falha ocorreu

consistentemente em uma fenda no fundo da zona de solda, sugerindo que a falta de penetração deixou uma rachadura na raiz de solda que inicia a fratura.

Para o experimento RB4, foram alterados dois parâmetros comparado ao RB3: o comprimento do pino da ferramenta, que passou de 1,7 mm para 2,0 mm, e a profundidade de penetração configurada, que passou de 4,1 mm para 4,0 mm. Novamente para o experimento RB4 o torque de rotação da ferramenta ficou entre 24% e 26% do torque nominal. A Figura 3 apresenta os resultados do ensaio de tração para o experimento RB4.

A análise do comportamento na junta soldada da Figura 3 mostra que os corpos de prova não foram aprovados no ensaio de tração, pois houve falta de penetração na raiz, fazendo os corpos de prova romperem na região soldada. Entretanto, os resultados dos ensaios de tração foram promissores, pois apresentaram uma média de tensão de escoamento de 131,28 MPa, e uma média da tensão máxima de tração foi de 235,19 MPa, ficando muito próximos do ensaio de tração do metal base (122,35 MPa e 266,49 MPa).

Figura 3 - Resultados do ensaio de tração: RB4 CP03 e RB4 CP05

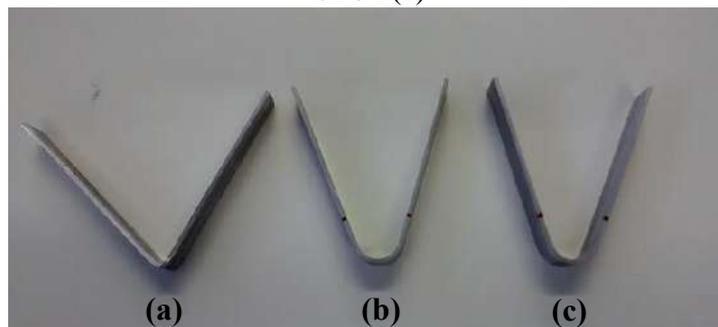


Fonte: O autor

Conforme Gibson et al. (2014), os defeitos de falta de penetração podem ter efeitos significativos sobre as propriedades mecânicas, incluindo a vida útil da fadiga, a resistência ao impacto, a sobrecarga da dobra da raiz e a capacidade de carga de espessura.

Os ensaios mecânicos de dobramento, dobramento de face para os corpos de prova RB4 CP01 e RB4 CP04, e dobramento de raiz para o corpo de prova RB4 CP02, como podem ser vistos na Figura 4.

Figura 4 - Resultados dos ensaios mecânicos de dobramento: RB4 CP02 (a), RB4 CP01 (b) e RB4 CP04 (c)



Fonte: O autor

Conforme Figura 4, os ensaios mecânicos de dobramento para a face da soldagem foram qualificados conforme a norma. Porém, o ensaio mecânico de dobramento para a raiz da soldagem não pode ser qualificado, pois a mesma rompeu ao lado do “nugget” da junta soldada não atingindo os 150° exigidos pela norma e, conseqüentemente, não aprovando os parâmetros de soldagem para o processo FSW. O rompimento do lado do “nugget” pode indicar que a geometria do pino não é a mais indicada e ou que houve falta de força de forjamento vertical sobre a chapa.

CONCLUSÕES

Os resultados alcançados no experimento RB4 através dos parâmetros utilizados, teve propriedades obtidas que são capazes de serem utilizadas para algumas aplicações industriais, como a média de tensão de escoamento e de tensão máxima de tração de 131,28 MPa e 235,19 MPa, respectivamente, ficando muito próximos do metal base (122,35 MPa e 266,49 MPa), porém não foi possível atingir a exigência da qualificação da norma ISO 25239.

As principais dificuldades encontradas durante o processo foram a complacência do braço robótico e a falta de penetração da raiz, sendo necessário um controle de força no braço robótico para que o mesmo faça ajustes na posição axial da ferramenta durante o processo, de modo a manter a força vertical de forjamento e a consolidação adequada dos materiais. Para identificar as possíveis causas da falta de penetração de raiz após o processo, deve-se analisar a região da fratura afim de verificar um defeito presente.

REFERÊNCIAS

ABAL. **Alumínio: versatilidade e vantagens para o setor de transporte**. 2017. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

BRZOSTEK, R. C. **Estudo da fratura em solda ponto por fricção em alumínio Alclad 2024-T351 e alumínio 2024-T351: uma abordagem numérica e experimental**. 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) - Ciência e Tecnologia dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2012.

CAMPANELLI, L. C.; ALCÂNTARA, N. G.; SANTOS, G. F. Soldagem por Ponto no Estado Sólido de Ligas Leves. **Soldagem e Inspeção**, v. 16, n. 3, p. 300-307, 2011.

CHOI, W. et al. The effects of welding parameters and backing plate diffusivity on energy consumption in friction stir welding. **Procedia Manufacturing**, v. 10, p. 382-391, 2017.

GIBSON, B. T. et al. Friction stir welding: Process, automation, and control. **Journal of Manufacturing Processes**, v. 16, p. 56-73, 2014.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 25239-1: Friction stir welding - aluminium**, 2011.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 25239-3: Friction stir welding - aluminium - part: 3 qualification of welding operators**, 2011.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 5173: Destructive tests on welds in metallic materials – bend tests**, 2000.

Bruno Eduardo Kozerski Giaretton e Arthur Bortolin Beskow

Qualificação dos parâmetros do processo FSW em braço robótico utilizado na união de chapas de alumínio AA 5083-O

MISHRA, R. S.; MA, Z. Y. Friction stir welding and processing II. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 50, p. 1-78, 2005.

NANDAN, R; DEBROY, T; BHADSHIA, H. K. D. H. Recent Advances in Friction-stir Welding - Process, Weldment Structure and Properties. **Progress in Material Science**, v. 54, n. 6, p. 980-1023, 2008.

PEREIRA, J. M. M. V. **Estudo das ligas de alumínio aplicadas em construção naval nomeadamente na resistência à corrosão em estruturas navais soldadas**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Materiais) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2010.

QUINTINO, B. M. D. **Aplicação do processo de fricção linear (FSP) na melhoria da resistência à fadiga de juntas de topo soldadas por MIG na liga AA5083-H111**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na Especialidade de Sistemas de Produção) - Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra. Coimbra, 2012.

THOMAS, W. M. et al. **GB Patent Application 9125978.8**. UK Patent Office, London, 6 dez., 1991.

THREADGILL, P. L. **Friction stir welding - the state of the art**. TWI, n.7417.01/99/1012.03, UK, 1999.

THREADGILL, P. L. et al. Friction stir welding of aluminium alloys. **International Materials Reviews**, v. 54, n. 2, p. 49-93, 2009.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais****Área/Linha de Pesquisa: Engenharia de Produção****Área do Conhecimento ou Área Temática: ENGENHARIA****PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 5S EM UMA
INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS****Aluno: CARLOS ROGER DEMOLINER****Orientador: CLEBER SERAFIM LOPES**

Engenharia Mecânica

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a globalização trouxe para os grupos empresariais uma grande possibilidade de expansão em seu mercado consumidor, porém, ao mesmo tempo forçou-as a competirem entre si, resultando em uma busca incessante por menores custos e maior qualidade nos produtos e serviços. Essa competitividade acarretou vantagens para o consumidor, já que passou a contar com uma gama maior de produtos e serviços com menores preços propiciando às empresas uma maior modernização e desenvolvimento de conceitos antes não praticados (SLACK, et. al, 1999).

Essa crescente evolução da sociedade faz com que os consumidores busquem cada vez mais os melhores produtos, com os menores preços possíveis e sendo cada vez mais exigentes com as empresas, obrigando-as a entrarem no mercado competitivo e fazendo-as buscarem cada vez mais um diferencial entre as outras, sendo em um produto diferente, na qualidade, na quantidade ou no modo de fabricação do produto, eliminando o que não agrega valor e produzindo cada vez mais com os menores recursos possíveis.

Nesta busca pela melhoria contínua, menores custos e maior qualidade dos produtos e serviços, as ferramentas de gestão vem se destacando pela maior eficiência, se tornando assim um dos quesitos essenciais na formação de estratégias competitivas entre as empresas. Dificilmente alguma empresa sem estratégia, organização e uma produtividade eficaz irá conseguir sobreviver com êxito ao mercado competitivo e à crise que nosso país se encontra atualmente.

Para alcançar os níveis de exigência da sociedade e os objetivos da produção dos produtos com excelência qualidade, diminuindo as perdas e o retrabalho é necessário ter um ambiente de trabalho organizado, um rígido controle dos produtos, ferramentas, materiais e uma mão de obra disciplinada. Para obtenção destes itens citados acima, de acordo com OSADA (1992), o primeiro passo para a melhoria dos processos deve ser o Programa 5S e sua ênfase em um ambiente de trabalho limpo e bem organizado.

A metodologia 5S é uma ferramenta difícil de ser implantada e mantida. É também a ferramenta mais importante na área de gestão, por ser a base para a implementação de qualquer outra ferramenta. Essa metodologia é capaz de mudar a cultura da empresa, sempre prezando pela melhoria contínua através dos seus cinco sentidos, gerando um ambiente de trabalho agradável, sem desperdício e mais produtivo.

O programa 5S basicamente é a determinação de organizar o local de trabalho, mantê-lo arrumado, limpar, manter condições padronizadas e a disciplina necessária para um bom trabalho (OSADA, 1992). Ele é implementado com o objetivo específico de melhorar as condições de trabalho e criar o ambiente da qualidade (SILVA, 1994).

Pretende-se então neste projeto relatar e vivenciar os conceitos deste programa educativo na prática da implementação em uma Indústria de Implementos Rodoviários, a fim de combater os desperdícios tanto de materiais, ferramentas quanto de tempo humano perdido através das mesmas.

METODOLOGIA

Com relação aos procedimentos técnicos, esse projeto pode ser caracterizado como uma pesquisa bibliográfica, pois, utilizará material já publicado em livros e periódicos de literatura específica. Também pode ser considerado como uma pesquisa-ação, onde serão levantados dados de problemas, seguidas de possíveis soluções para os mesmos, através de técnicas e ferramentas estudadas durante a realização da revisão bibliográfica. Nesta segunda etapa deste projeto (Trabalho final de Curso), as propostas de melhorias foram apresentadas para a direção da empresa, a qual concordou e se prontificou em auxiliar em qualquer melhoria no ambiente de trabalho, iniciando assim os treinamentos aos colaboradores e seguindo com a implementação nos setores da empresa.

PESQUISA AÇÃO

Análise da Implementação Antes e Depois

Na Fig 1-A abaixo é possível observar como era o almoxarifado antes da implementação e como ele ficou após, Fig 1- B. Além do ganho de espaço físico nesta área, foram retirados os objetos que não deveria estar neste local, como a máquina de solda, máquina de cortar grama e o tambor de tiner, e identificado nas prateleiras o local de onde cada material deveria ficar, reduzindo assim o estoque, pois antes não havia um controle da quantidade de material que tinha no estoque, com esta mudança, percebeu-se quanto material não era preciso ter comprado.



Figura 1 – Setor do almoxarifado antes e depois da implementação

Nota-se na Fig 2-A e 2-B, que a quantidade de entulhos e materiais desnecessários que se encontrava ali, foram retiradas e realizado uma limpeza geral na área. No lugar onde antes se encontrava somente sucatas, foi organizado, demarcado e indentificado para o armazenamento de carrinhos, andaimes, talhas, máquina e mesa de solda, deixando a empresa com um melhor arranjo físico e facilitando para os colaboradores encontrarem as ferramentas mais rápido. Diminuindo assim a perda de tempo e movimentação desnecessária pela procura das ferramentas e um ganho de o espaço com o novo arranjo físico.



Figura 2 – Área de reformas antes e depois da implementação

Notamos nas Fig 3–A e 3-B abaixo, o ganho de espaço com a eliminação de sucatas e matérias desnecessária neste setor. Antes não se tinha um lugar específico para os carrinhos, andaimes e cavaletes, eles ficavam em qualquer lugar do pavimento, agora cada um tem seu devido lugar demarcado e identificado, diminuído assim a perda de tempo e movimentação desnecessária pela procura dos mesmos. Também é possível observar a demarcação dos corredores, a qual auxiliou muito na organização da empresa e na ordenação de cada caminhão ou carroceria que se encontrava nesta área para realização de serviço.



Figura 3 – Setor de serviços gerais antes e depois da implementação

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Índice de Absenteísmo

Na Tab - 1 abaixo, foi calculado o índice de absenteísmo a partir das faltas e atrasos computados no cartão ponto de cada um dos sete funcionários que trabalharam nos meses de fevereiro, março e abril (isto antes da implementação), junho, julho e agosto (durante a

implementação) e setembro, outubro e novembro (três meses após a implementação) deste ano de 2017. O percentual encontrado em cada mês foi calculado a partir da soma dos dias faltados, em horas, mais os atrasos também em horas, dividido pelo total de horas que cada um deveria trabalhar em cada mês, depois o resultado desta razão foi multiplicado por 100 para se obter em porcentagem esse índice de absenteísmo.

ÍNDICE DE ABSENTEÍSMO						
MÊS	Horas trabalhadas no mês	Soma de horas trabalhadas	Atrasos em horas por mês	Dias faltados em horas por mês	% de faltas no trabalho	Média nas etapas avaliadas
Fevereiro	176.6	1236.2	11.1	120.3	10.63 %	
Março	203	1421	0.1	74.2	5.23 %	
Abril	159	1113	1.7	61.4	5.61 %	7.15 %
Junho	185.5	1298.5	9	25.4	2.64 %	
Julho	185.5	1298.5	9.5	42.3	3.98 %	
Agosto	203	1421	9.4	42.4	3.63 %	3.41 %
Setembro	176.6	1236.2	10	33.8	3.54 %	
Outubro	185.5	1298.5	6	50.8	4.37 %	
Novembro	88.3	618.3	6.4	38.1	7.19 %	5.03 %

Tabela 1- Índice de absenteísmo

Conforme a Tab - 1 nos três meses antes da implementação a média do percentual de faltas foi aproximadamente 7.15%, um percentual alto, sendo que de 3770 horas que deveriam ter trabalhado, somente 3500 horas foram trabalhadas com 7 colaboradores na empresa. Já nos meses de junho, julho e agosto, com os colaboradores empolgados na implementação da metodologia, esse percentual abaixou para 3,41%, num total de 4018 horas que deveriam ser trabalhadas, foram trabalhadas 3880 horas. E nos últimos três meses depois da implementação o índice diminuiu ficando na casa de 5.03%, demonstrando a desanimosidade dos colaboradores ao passar dos meses, de 3153 horas apenas 2994 foram trabalhadas.

Gráfico Radar

O gráfico da Fig - 4, mostra os resultados obtidos através das pontuações geradas pela avaliação da empresa conforme perguntas relacionadas a cada senso.

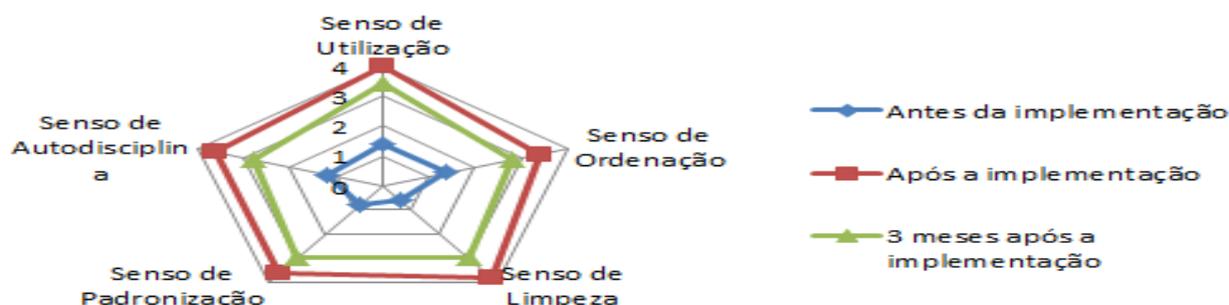


Figura 4 – Gráfico demonstrativo da pontuação do 5S na empresa

No gráfico da Fig - 4, podemos observar a desorganização da empresa demonstrada em cada senso avaliado antes da implementação, obtendo como maior nota 1,4 nos sentidos de utilização e ordenação, seguidas pelos sentidos de autodisciplina que teve nota 1,2, padronização com nota 0,8, e por último, caracterizado pelo pior senso da empresa o de limpeza com nota avaliada em 0,6. Essa pontuação tem uma escala que vai de 0 á 4. No término da implementação, notamos a importância da metodologia na organização geral da empresa, obtendo resultados maior pontuação com nota 4 para o senso de utilização, seguidos de nota 3,8 no senso de limpeza, 3,6 nos sentidos de padronização e autodisciplina e por fim o senso de ordenação com nota 3,4. Após três meses depois da implementação feita, podemos observar na Fig - 4 o decréscimo da pontuação da metodologia na empresa, onde o senso que teve maior pontuação foi o senso de utilização com nota 3,4 seguido, dos sentidos de limpeza e padronização com pontuação 3, e dos sentidos de ordenação e autodisciplina com nota 2,8.

Implicações

Tivemos algumas implicações nos setores de pintura e armazenamento de madeira onde no projeto, era de fazer uma mudança no *layout* da empresa, essa mudança seria transformar a setor de armazenamento de madeiras na nova sala de pintura, isso iria reduzir o percurso do produto final dentro da empresa e também os riscos de algum acidente pelo fato do setor de pintura encontrar-se em local impróprio. Porém as propostas não foram aceitas pela direção da empresa devido ao elevado custo do investimento, fazendo assim com que surgisse imprevistos no plano de implementação da metodologia proposta para a empresa.

Análise sobre o investimento

Podemos citar como valor do investimento e os ganhos rentáveis que o mesmo proporcionou o custo aproximadamente do investimento foi cerca de 3330 reais, sendo que os ganhos com a implementação foram vários, dando uma ênfase no ganho em metros quadrados, que foi aproximadamente 5000 reais, já que a área ganha pela limpeza foi de 10 m², supondo que o valor de 1 m² fosse 500 reais.

Por fim nos dois últimos meses depois da metodologia estar implementada na empresa, o valor do consumo energia em KWh diminuiu cerca de 419,2 KWh em relação aos meses de implementação e de 23,2 KWh em relação aos três meses antes da metodologia ser implementada.

CONCLUSÕES

A realização deste estudo foi de extrema importância para entender como é o funcionamento da metodologia, para analisar o estado atual da empresa, ter certa pontuação de referência e poder comparar a mesma com um estado ideal conforme a bibliografia estudada, buscando propor a implantação de forma correta, visando a diminuição das perdas e organizando o processo em geral.

Nesta primeira etapa do projeto verificou-se o *layout* produtivo da empresa, em que o produto tem uma grande movimentação dentro da empresa até a sua saída, demonstrando a falta do senso de ordenação. Na mesma etapa foi avaliado todos os setores da empresa, demonstrando a falta de organização com diversos objetos que não são utilizados, ocupando um espaço que poderia ser produtivo, e a falta de limpeza em máquinas, equipamentos e no chão. Também foi mostrado o estado atual do almoxarifado, sendo ele um ponto crítico onde não se tem nenhum controle da mercadoria que entra e que sai, e estas estão desorganizadas sem uma padronização de armazenamento. Outro fator que mostra a falta de disciplina dos colaboradores é colocar carrinhos

de ferramenta em frente a um equipamento de segurança, dificultando a visualização e o acesso ao mesmo, caso ocorresse algum acidente.

Na segunda etapa deste projeto, onde foi implementado a metodologia na empresa, a maioria dos resultados esperados na revisão bibliográfica foram atingidos, como a redução do percurso do produto dentro da fábrica, aumento de espaço interno produtivo, controle da matéria prima, controle do produto em processo, controle do produto acabado, redução de tempo improdutivo, sinalização dos equipamentos de segurança e corredores, melhoria das relações interpessoais e disseminação da autodisciplina para que assim haja uma mudança na cultura da empresa. Também foi mostrado com fotos cada setor antes e o depois da metodologia ser aplicada, e demonstrado em gráficos e tabelas a redução do índice de absenteísmo no período de implementação, a pontuação atingida em cada senso de cada senso, o valor do investimento e as melhorias.

Mas essa mudança de cultura não é uma tarefa tão simples assim, deve-se ter muito cuidado e paciência para educar e envolver os colaboradores neste programa. Por isso deve-se ter total cuidado ao conversar com elas, primeiramente faça com que elas se sintam responsáveis pelas mudanças, faça com que suas opiniões sejam ouvidas e se tornem uma rotina, e assim os resultados esperados se manterão ao longo do tempo.

No início do projeto todos colaboradores se mostraram motivados para o programa, porém ao passar dos dias conforme tinha que fazer as mudanças, limpeza e organização, muitos deles e até mesmo o diretor não ajudavam, ficando tudo para o elaborador deste estudo fazer, talvez por não saber o quão foi difícil e sofrido para deixar a empresa em ordem e por outros fatores citados nas implicações, que alguns dos objetivos deste projeto não foram atingidos.

Por fim, no ponto de vista acadêmico, com o decorrer deste estudo foi possível colocar em prática parte do aprendizado no estudo bibliográfico e ao longo deste curso, possibilitando a empresa fazer uma melhoria no processo organizativo e mostrando que a metodologia 5S é uma ferramenta base para a implementação de qualquer outra ferramenta da metodologia *Lean*. Porém se não for levada a sério por todos, desde os colaboradores até a alta direção da empresa, ela não conseguirá se manter sozinha, há uma grande necessidade de envolver as pessoas na mudança, pois um indivíduo sozinho não pode provocar mudanças, as mudanças só ocorrem quando todos da organização se comprometeram e agirem neste processo.

REFERÊNCIAS

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. 4 ed São Paulo: Instituto IMAM, 1992.

SILVA, J.M. **5S: O ambiente da qualidade**. 2. Ed Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo, 1999.

INTRODUÇÃO

As turbinas savonius têm produção de pequena escala de energia se comparado com turbinas eólicas convencionais. As turbinas savonius têm baixo custo e fácil fabricação, além de outros pontos positivos como: admissão do vento de qualquer direção, a possibilidade de variadas opções de configurações de rotor, podendo ser de vários estágios e diferentes tipos de pás. As turbinas savonius operam basicamente devido as forças de arrasto sobre as pás. Os trabalhos disponíveis na literatura normalmente executados em canal aerodinâmico, tem seus resultados muitos divergentes entre seus autores. A energia eólica é baseada na força do vento, onde as pesquisas são focadas no desempenho do rotor e do gerador elétrico, sendo que no rotor as pesquisas são direcionadas nas diferentes formas das pás e nas diferentes dimensões do mesmo, no qual o foco do presente trabalho é avaliar o desempenho do rotor adotado.

Nestas condições, havendo a probabilidade de utilização deste tipo de turbina para a geração de energia elétrica, o presente trabalho se dispõe a projetar um modelo de turbina Savonius e realizar testes experimentais para determinar a potência teórica, a potência real e o coeficiente de potência.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo fabricado conta com as seguintes características: diâmetro de 110 mm, altura de 190 mm, razão de bloqueio aproximadamente 21%, formato das pás em “S”, com um estágio, com placa de extremidade, sem espaçamento e sem sobreposição. A turbina foi fabricada em uma impressora 3D, sendo que este método de impressão é bastante utilizado e muito eficaz na construção de protótipos para experimentos.

O canal aerodinâmico utilizado para os ensaios foi desenvolvido para possibilitar os estudos em escoamentos sobre diversos perfis. A seção transversal do canal apresenta formato retangular com dimensões internas de 350 mm de altura e 280 mm largura com comprimento total de 5000 mm. Um ventilador centrífugo gera o escoamento de ar. A potência do motor do ventilador é 3,7 kW com rotação máxima de 3475 rpm. O motor é ligado em um inversor de frequências, que admite ajuste de 0 a 60 Hz, onde se pode controlar a velocidade do escoamento no canal.

Para determinar as pressões o tubo de Pitot foi posicionado no centro do canal aerodinâmico a montante da turbina, onde o tubo de Pitot capta a pressão total e a pressão estática e essa variação de pressão é lida pelo manômetro digital. As pressões foram mensuradas para quatro números de Reynolds diferentes sendo: 61255, 81336, 101655 e 122704. O inversor foi ajustado em 30, 40, 50 e 60 Hz que corresponde respectivamente para os números de Reynolds citados. Os testes iniciaram-se a partir de 30 Hz, porque a turbina iniciou giro com a velocidade mínima do escoamento de 8,49 m/s que corresponde ao número de Reynolds igual a 61255.

Para geração de energia foi utilizado um gerador a dínamo, sendo o mesmo acoplado no eixo da turbina. A mensuração da corrente e tensão elétrica na saída do gerador se deram através de dois multímetros. Para mensurar o número de rotações da turbina para diferentes velocidades utilizou-se um tacômetro a laser. Foi fixado um disco de papel no eixo da turbina e colado um adesivo refletivo nesse disco. Depois foi posicionado o tacômetro sobre o disco para fazer a leitura das rotações. A Figura 1 mostra o aparato montado no canal aerodinâmico.

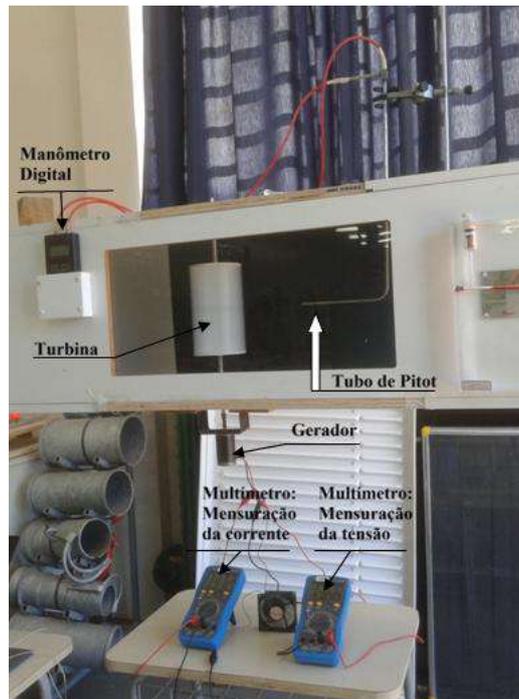


Figura 1: Aparato no canal aerodinâmico

Com o aparato experimental montado no canal aerodinâmico iniciaram as medições. As pressões foram mensuradas a montante da turbina, como já citado, em m/H₂O, sendo após convertidas em Pascal, através de

$$P_{man} = \rho_{man} gh \quad (1)$$

onde P_{man} é a diferença de pressão medida no canal aerodinâmico [Pa], ρ_{man} é a massa específica da água [kg/m³], g é aceleração da gravidade na Terra (9,81 m/s²) e h é a variação da altura manométrica no manômetro [m/H₂O].

Assim, para determinar as velocidades em um ponto do escoamento pode-se aplicar a Equação de Bernoulli simplificada para tubo de Pitot,

$$V = \sqrt{\frac{2 P_{man}}{\rho_{ar}}} \quad (2)$$

onde V é velocidade do escoamento [m/s], P_{man} é a diferença de pressão medida no canal aerodinâmico [Pa] e ρ_{ar} é massa específica do ar [kg/m³].

Com a velocidade calculada foi possível determinar o número de Reynolds do escoamento com a turbina montada no canal aerodinâmico através de

$$Re = \frac{\rho_{ar} VL}{\mu_{ar}} \quad (3)$$

onde, Re é número de Reynolds [adimensional], μ é a viscosidade dinâmica do ar [$N.s/m^2$], ρ é a massa específica do ar [kg/m^3], V é a velocidade [m/s] e L é comprimento característico [m], sendo que para esse caso o diâmetro da turbina é comprimento característico. Analisado as condições no dia das medições, a massa específica do ar (ρ_{ar}) foi considerada igual a $1,20 kg/m^3$ e para a viscosidade dinâmica (μ_{ar}) igual a $1,83 \times 10^{-5} N.s/m^2$.

Para os cálculos da força de arrasto exercida nos lados côncavo e convexo da turbina utilizou-se

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_{ar} V^2 C_d A \quad (4)$$

onde F_d é a força de arrasto [N], A é área varrida pelo rotor [m^2], V é a velocidade [m/s] e C_d é o coeficiente de arrasto [adimensional]. O valor do coeficiente de arrasto (C_d) para o lado côncavo foi considerado igual a 2,30 e para o lado convexo foi considerado igual a 1,20. O C_d para objetos com bordas proeminentes é essencialmente independente do número de Reynolds, porque o tamanho da esteira é fixado pela geometria do objeto, neste caso seus valores são tabelados. No cálculo da força de arrasto levaram-se em consideração duas posições da turbina, $\theta=90^\circ$ e $\theta=270^\circ$, nas demais posições as forças resultantes são menores. O torque da turbina é dado por

$$T = F_d \cdot D \quad (5)$$

onde T é torque da turbina em [$N.m$], F_d é força de arrasto em [N] e D é a distância em [m]. A potência de uma turbina eólica é dada a partir de

$$P = T \cdot \omega \quad (6)$$

onde P é a potência da turbina em [W], T é o torque da turbina em [$N.m$] e ω é velocidade angular em [rad/s]. Os valores das rotações para as potências disponíveis e teóricas foram estimadas dentro da mesma faixa das rotações mensuradas na turbina real.

A potência disponível no vento é dada através de

$$P_r = \frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} \rho_{ar} A V^3 \right) = \frac{16}{27} \cdot P_d \quad (7)$$

onde P_r é a potência da turbina real em [W] e P_d é a potência disponível no vento em [W]. Obtido os valores de tensão e corrente elétrica utilizou-se a seguinte equação para obter a potência real da turbina. Assim,

$$P_t = U \cdot I \quad (8)$$

Onde P_t é potência real gerada na saída do gerador [W], U é a tensão [V] e I é a corrente [A]. O coeficiente de potência foi obtido com

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} V^3 \rho_{ar} A} \quad (9)$$

onde C_p é coeficiente de potência [adimensional], P é potência produzida pela turbina eólica [W] e A é área varrida pelo rotor da turbina [m²].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados teóricos para a turbina foram calculados a partir das pressões mensuradas no canal aerodinâmico. Um aspecto importante a ser analisado é a força de arrasto, onde os seus valores no lado côncavo são aproximadamente o dobro dos valores para o lado convexo, para mesmo número de Reynolds, fazendo com que a turbina rotacione. Outro aspecto analisado é a relação do número de Reynolds com as forças de arrasto. Conforme aumenta-se o número de Reynolds aumenta-se a força de arrasto para ambos os lados e, conseqüentemente, aumenta-se também o torque. Devido à dependência do torque sobre a força de arrasto, quanto maior a força maior o torque. O maior valor do torque foi de 0,220 N.m para um número de Reynolds de 122704. Os valores encontrados podem ser analisados na Tabela 1.

Frequência (Hz)	30	40	50	60
Pressão (Pa)	43,27	76,29	119,17	173,63
Velocidade (m/s)	8,49	11,28	14,09	17,01
Número de Reynolds	61255	81336	101655	122704
Fd lado côncavo (N)	2,08	3,67	5,73	8,35
Fd lado convexo (N)	1,09	1,91	2,99	4,35
Torque (N.m)	0,055	0,096	0,151	0,220

Tabela 1: Dados calculados para a turbina teórica

O início do giro da turbina somente é possível após o torque gerado pela força do escoamento ser maior que o torque estático. Neste caso a turbina iniciou o giro com um torque teórico de 0,055 N.m, para um número de Reynolds de 61255.

Analisando a Tabela 2, nota-se que as potências disponíveis e teóricas, dependem da rotação da turbina. Conforme aumenta a rotação aumenta a potência. Na rotação de 4000 rpm encontram-se as maiores potências, 38,88 W para potência disponível e 22,99 W para potência teórica.

rpm	1000	2000	3000	4000
Potência Disponível (W)	2,42	8,52	19,97	38,80
Potência Teórica (W)	1,43	5,05	11,83	22,99

Tabela 2: Dados das potências disponíveis e teóricas

Os dados mensurados para rotação por minuto (rpm), tensão elétrica, corrente elétrica e os dados calculados para a potência elétrica real encontram-se na Tabela 3. A potência real também é dependente da rotação da turbina. A potência máxima gerada na saída do gerador foi de 4,54 W para uma rotação de 3851 rpm.

Número Reynolds	61255	81336	101655	122704
Rotação por minuto (rpm)	1153	2104	2594	3851
Tensão (V)	2,58	5,83	8,11	10,97
Corrente (A)	0,078	0,222	0,298	0,414
Potência Real (W)	0,20	1,29	2,42	4,54

Tabela 3: Dados mensurados para diferentes números de Reynolds

Analisando a Figura 2 nota-se uma grande diferença entre as potências, mas com as mesmas tendências dos resultados encontrados na literatura citada por Custódio (2013). A diferença entre a potência disponível para potência teórica é de 59%. Esse aspecto também é citado por Custódio (2013), onde a turbina real pode extrair no máximo 59,3% da potência disponível no vento. Esse valor é chamado de máxima de Betz ou coeficiente de Betz.

A diferença da potência teórica para a potência real é de aproximadamente 19%. Um dos motivos dessa diferença está relacionado com os ângulos de rotação das pás, pois no teórico foi calculado somente para as posições angulares de 90° e 270° e são nessas posições que a força de arrasto é maior. Outro motivo que contribui para diminuir a potência real em relação à potência teórica são as perdas no gerador e na conexão do gerador com a turbina. A variação da resistência do circuito montado para a leitura, ou a carga aplicada na saída do gerador também interfere na potência real gerada.

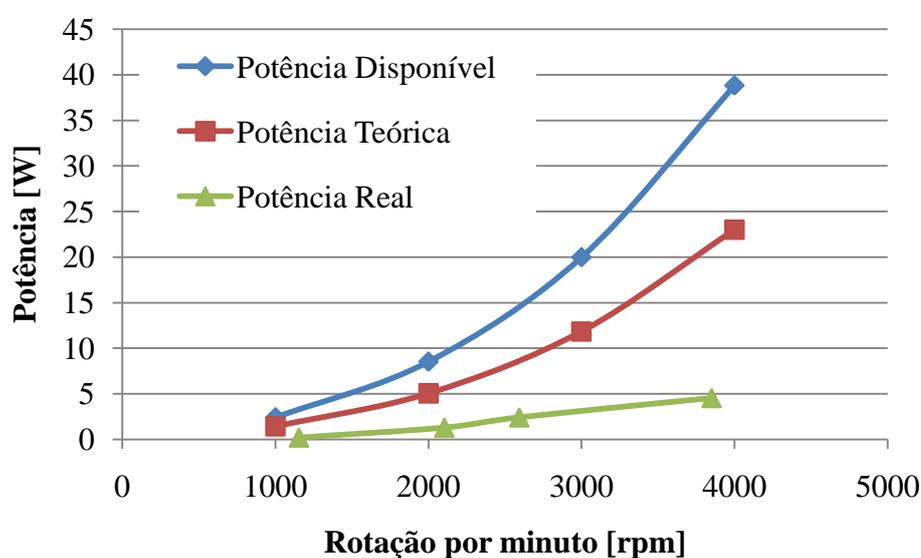


Figura 2: Dados das potências disponível, teórica e real

Na Tabela 4 observam-se os valores de coeficientes de potências para diferentes números de Reynolds. Para o número de Reynolds igual a 122704 o valor do coeficiente de potência foi de 0,0735. Kamoji (2008) utilizou número de Reynolds igual a 120000 e encontrou um coeficiente de potência de aproximadamente 0,07.

A razão de bloqueio é um parâmetro que pode influenciar nos valores dos coeficientes de potências. Kothe (2016) cita que o motivo dessa influência é a razão de bloqueio ser um parâmetro dependente da velocidade do escoamento na entrada da turbina. A influência está na área de bloqueio da turbina em relação à área do canal aerodinâmico, onde se o percentual de bloqueio for maior do que o recomendado, o escoamento na lateral da turbina ganha uma aceleração devido a diminuição da área entre a turbina e a seção do canal aerodinâmico, gerando valores maiores de coeficientes de potências.

Na Tabela 4 observam-se os valores de coeficientes de potências para diferentes números de Reynolds. Para o número de Reynolds igual a 122704 o valor do coeficiente de potência foi de 0,0735. Kamoji (2008) utilizou número de Reynolds igual a 120000 e encontrou um coeficiente de potência de aproximadamente 0,07..

Número de Reynolds	Coefficiente de Potência
61255	0,0261
81336	0,0719
101655	0,0688
122704	0,0735

Tabela 4: Dados coeficientes de potências

A razão de bloqueio é um parâmetro que pode influenciar nos valores dos coeficientes de potências. Kothe (2016) cita que o motivo dessa influência é a razão de bloqueio ser um parâmetro dependente da velocidade do escoamento na entrada da turbina. A influência está na área de bloqueio da turbina em relação à área do canal aerodinâmico, onde se o percentual de bloqueio for maior do que o recomendado, o escoamento na lateral da turbina ganha uma aceleração devido a diminuição da área entre a turbina e a seção do canal aerodinâmico, gerando valores maiores de coeficientes de potências

CONCLUSÕES

No presente trabalho foram realizados ensaios experimentais em um canal aerodinâmico envolvendo um modelo de turbina eólica de eixo vertical do tipo Savonius. Para iniciar a rotação da turbina estudada a velocidade mínima do escoamento foi de 8,49 m/s, onde para essa velocidade a turbina manteve uma rotação de 1153 rpm, sendo considerada uma boa rotação inicial. A turbina Savonius opera basicamente através das forças de arrasto em suas pás. Com os dados calculados para a turbina teórica nota-se que as forças de arrasto no lado côncavo são aproximadamente o dobro do lado convexo. A potência disponível do vento e a potência teórica tiveram valores percentuais calculados próximos aos encontrados em literatura. A potência real gerada na saída do gerador é menor que a potência teórica, devido às perdas no gerador, as perdas na conexão entre o gerador e o eixo da turbina e, conforme a carga aplica na saída do gerador a uma diferença de potência real gerada. Já na relação da potência com a rotação, com o aumento da velocidade a potência também aumentou, verificando que para maiores velocidades a turbina tem melhor desempenho. A razão de bloqueio da turbina estudada foi de aproximadamente 21%. Esse percentual está entre os melhores desempenhos das turbinas encontrados na literatura.

REFERÊNCIAS

CUSTÓDIO, R. S. **Energia Eólica para produção de energia elétrica**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2013.

KAMOJI, M.A.; KEDARE, S. B.; PRABHU, S. V. **Experimental Investigatins on single stage, two stage and three stage conventional savonius rotor**. *Internacional journal of energy research*, p.877-895, 2008.

KOTHE, L. B. **Estudo comparativo experimental e numérico sobre o desempenho de turbinas savonius helicoidal e de duplo-estágio**. Dissertação de mestrado, PROMEC, UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil, 2016.

ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083

Aluno: Evandro Skrowonski

Orientador: Prof MSc. Arthur Bortolin Beskow

INTRODUÇÃO

Este trabalho trata de um estudo sobre as aplicações práticas dos parâmetros de soldagem por fricção e mistura mecânica (FSW - *Friction Stir Welding*). O processo é baseado em uma ferramenta rotativa contendo um pino e um ombro. O pino penetra na linha de junção das chapas rigidamente fixadas e pressionadas uma contra a outra, deslocando-se ao longo desta linha. O calor gerado pelo atrito da ferramenta a alta rotação, com velocidade de avanço controlada ao longo da linha de junção das chapas, faz com que o material das mesmas tenha sua ductilidade aumentada e escoe no sentido do centro da ferramenta, promovendo assim a mistura mecânica do material das chapas. O ombro da ferramenta é responsável pelo forjamento final deste material (BESKOW, 2016).

O processo FSW pode ser utilizado em praticamente todas as ligas de alumínio, uma vez que não há a necessidade de fusão para ocorrer a união e, conseqüentemente, não ocorre a oxidação da superfície. Um estudo realizado pela Bombardier Aerospace mostra que, quando comparado ao processo de solda GMAW - MIG, o processo FSW permite uma redução no consumo de energia, dispensa o uso de materiais consumíveis e reduz o consumo de solventes para limpeza (CERVEIRA, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Neste projeto foi utilizado o alumínio, cuja liga é a AA 5083, com dimensões de 310 mm de comprimento por 100 mm de largura e espessura de 6,35 mm. Para realizar a solda pelo processo FSW utilizou-se o centro de usinagem do laboratório da Uri Campus de Erechim, este de 3 eixos (X, Y, Z) do Fabricante Diplomat – Modelo SKYBULL 600.

O processo FSW é tipicamente realizado com a fixação rígida das chapas em um dispositivo de soldagem, para este projeto o dispositivo de fixação utilizado foi o desenvolvido por Vettori (2014), disponível para uso no Laboratório de Soldagem da URI.

De início utilizou-se a ferramenta desenvolvida por Vettori (2014), com face de ombro possuindo estrias em espiral, e o pino possuindo formato cônico, com face reta com 6 mm de diâmetro na base, 4 mm de diâmetro na ponta e comprimento de 6,2 mm contendo uma rosca M6 com sentido direito ao longo de sua extensão, durante o estudo esses parâmetros da ferramenta e do pino foram sendo alterados em busca de resultados satisfatórios.

Foram realizadas metalografias que consistem basicamente na análise do aspecto de uma superfície plana seccionada de uma peça ou amostra metálica, devidamente polida e atacada por um reagente adequado. Através desse ensaio pode-se analisar a homogeneidade do material juntamente com suas impurezas, vazios e trincas na junta soldada (FLORES, 2016).

Ensaio de tração que é basicamente a aplicação de uma carga de tração crescente no corpo de prova até o mesmo atingir a ruptura (SAMUEL, 2015).

A confecção dos corpos de prova foi feita de acordo com a norma ABNT NBR 7549:2008, tanto para o metal base como para as juntas soldadas. Também foi realizado o ensaio de dobramento que consiste em apoiar o corpo de prova em dois pontos afastados de uma distância conhecida e aplicar no ponto médio desta distância uma carga vertical. Esta forma de dobramento é também denominada flexão de três pontos. Tem o objetivo de detectar possíveis defeitos como, principalmente, falta de penetração, uma vez que este não seja visivelmente detectado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após um aprofundado estudo foram realizados experimentos com diferentes resultados, no experimento preliminar foi utilizado como parâmetros: ângulo de inclinação 0° , velocidade de rotação de 1550 rpm, velocidade de avanço 30 mm/min, velocidade de penetração 10 mm/min, penetração do ombro 0,4 mm, tempo de aquecimento 60 segundos, altura do pino 5,7mm, e sentido de rotação anti-horário. As informações da ferramenta e do pino são as mesmas destacadas em materiais e métodos. Na Fig. 1 apresenta-se o processo ocorrendo, a chapa soldada, as amostras após ensaio demacrografia e tração.

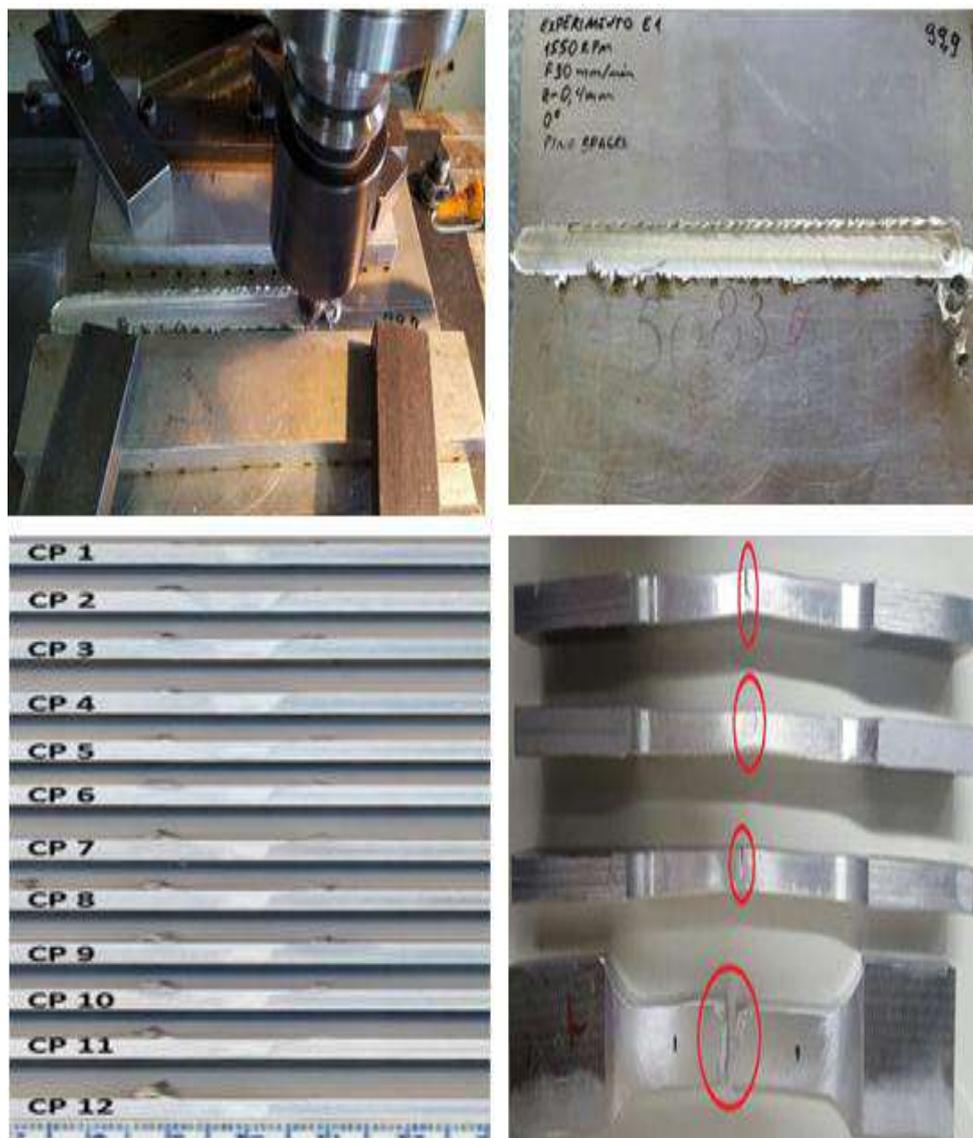


Figura 1 – Soldagem, chapa soldada, macrografia e amostras tracionadas

Apesar da solda ter ficado com boa apresentação visual, através do teste de tração percebeu-se que a mesma reprovou, houve ruptura na região da solda.

No experimento 1 alterou-se o diâmetro da ferramenta de 19 mm para 20 mm, o chanfro passou de 1x45mm para 2x45mm, o sulco da espiral de 0,6mm para 0,8 mm, ângulo de inclinação 0°, velocidade de rotação de 1450 rpm, velocidade de avanço 20 mm/min, velocidade de penetração 10 mm/min, penetração do ombro 0,4 mm, tempo de aquecimento 60 segundos, altura do pino 5,7 mm, e sentido de rotação anti-horário. A geometria selecionada para o pino da ferramenta é o cilindro roscado de face reta, com diâmetro de 6mm. Na Fig. 2 apresenta-se a chapa soldada, a macrografia e as amostras após ensaio de dobramento de face e de raiz respectivamente.



Figura 2 – Chapa soldada, macrografia e amostras após dobramento

De forma visual fica evidente a reprovação do processo, pois a maioria das amostras romperam nos ensaios de dobramento, devido a essas reprovações o ensaio de tração não foi realizado.

No experimento 2 houve uma redução de 0,3 mm na altura da estria em espiral do ombro, em relação ao experimento 1, passando de 0,8 mm para 0,5 mm, com o intuito de chegar a um resultado satisfatório, o pino por sua vez continuou o mesmo do experimento 1 assim como os outros parâmetros. Observando no momento da solda, e a chapa já soldada percebe-se a formação de rebarba excessiva, a mesma não ocorreu no experimento 1, comprova-se que isso ocorreu devido a mudança do ombro, pois os parâmetros usados foram os mesmos. A Fig. 3 representa os processos.

Mais uma vez após teste de tração comprova-se que o processo não foi eficaz pois houve ruptura na região da solda.

No experimento 3 trocou-se a ferramenta, esta nova ferramenta possui um ombro com estrias em espiral com a profundidade do sulco de 0,6 mm, tanto o pino quanto os parâmetros continuaram os mesmos do experimento 2. Os processos podem ser observados na Fig. 4 que evidencia a reprovação, pois as amostras romperam na região da solda.



Figura 3 – Processo de solda, Chapas soldada, amostras após tração e macrografia



Figura 4 – Processo de solda, Chapas soldadas superior e inferior, macrografia amostras após tração

Neste experimento 4 alterou-se o pino, a diferença deste pino se dá no diâmetro do tronco cônico que foi aumentando em 1 mm, passando para 7 mm, pino que foi confeccionado no laboratório de usinagem da URI campus 2, para a ferramenta optou-se por um ombro que possui estrias com 0,8 mm de profundidade e chanfro na borda de 2 mm x 45° em função de gerar menos rebarba, porém com a alteração do pino a solda gerou mais rebarba comprovando que o pino também influencia de forma

direta neste parâmetro. A Fig. 5 mostra a quantidade de rebarba durante o processo de solda e após a chapa soldada, e também apresenta as amostras após tração e macrografia.

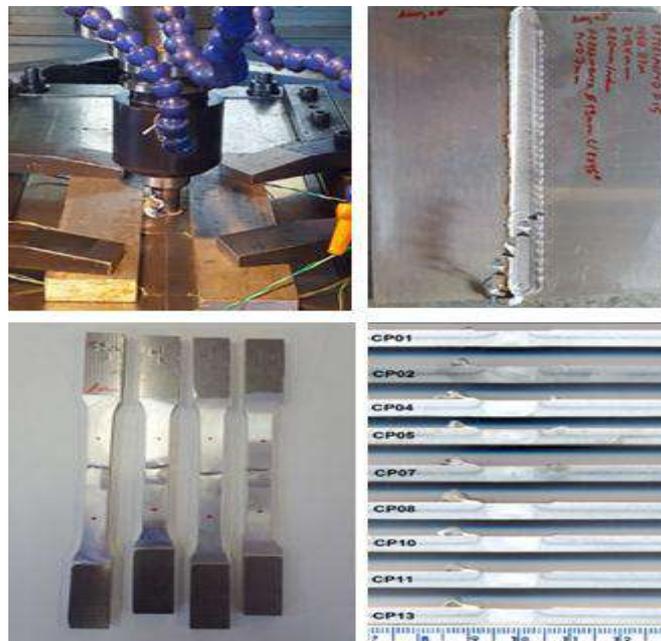


Figura 5 – Processo de solda, Chapa soldada, amostras após tração e macrografia

Como percebe-se, mais uma vez as amostras romperam na solda, porém com uma resistência muito maior que os experimentos anteriores, a média alcançada neste teste foi de 204,162 N/mm², tornando-se até então o valor mais próximo da ruptura do metal base que é de 290 N/mm². A solda não aprovou, mas a usinagem de um novo pino com uma geometria diferente teve bom resultado.

No experimento 5 a atenção foi dada no material, alterou-se a chapa, buscou-se uma chapa de mesma liga, porém lote diferente, os parâmetros, pino e ombro continuaram o mesmo do experimento 4. Na Fig. 6 apresenta-se a chapa após soldagem, macrografia e as amostras após ensaio de tração.



Figura 5 – Chapa soldada, macrografia e amostras após tração

Novamente as amostras que passaram por teste de tração romperam na solda. Apesar de terem rompido na região da solda o resultado foi muito superior aos demais experimentos, o metal base

rompe a 290 N/mm², neste teste a ruptura na solda ocorreu com uma média de 274,765 N/mm² comprovando que a qualidade das chapas muda de lote para lote.

CONCLUSÕES

A realização do trabalho teve como estudo principal os parâmetros utilizados no processo *FSW* com a expectativa de obter resultados satisfatórios, ou seja, solda com elevada resistência mecânica e que obtivessem aprovação de acordo com a norma ISO 25239. As principais alterações foram no tamanho e formato do perfil do ombro da ferramenta. Alterou-se também o formato do pino e por último a troca do lote das chapas, desta forma, o último experimento foi o que obteve melhores resultados, chegando muito próximo da resistência do metal base.

Com a realização dos experimentos, a primeira impressão através da inspeção visual foi de cordões de solda satisfatórios ao longo de sua região, sem a presença de vazios ou descontinuidades, alguns com mais rebarba outros com menos, isso se deu pelas mudanças das características da geometria da ferramenta. Notou-se também através das macrografias que no interior das soldas apresentou-se um fechamento total e sem vazios.

Na sequência das atividades foram analisados os experimentos através de testes de tração, no qual comprova-se que as soldas não foram aprovadas, pois as amostras romperam na região soldada, algumas com menores resistências outros com maiores resistências, ou seja, tanto o limite de escoamento como a máxima resistência à tração ficaram abaixo do material base. Porém o último experimento teve uma melhora significativa devido a mudança de lote das chapas.

Os resultados indicaram que possivelmente os experimentos não aprovaram por má qualidade no lote das chapas da liga AA 5083 que estava sendo utilizada, além de as geometrias do pino e ombro utilizados até o experimento 4 não serem adequados. Pois muitos parâmetros foram estudados e colocados em prática, à medida que o lote das chapas foi trocada obteve-se uma solda com resultados bem próximos do objetivo do presente trabalho, que era uma solda de boa qualidade e que aprovasse nos testes realizados.

REFERÊNCIAS

BESKOW, A. B. **Soldagem dos Metais, FrictionStirWelding (FSW)**. 2016. 22 p. Notas de aula, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação Engenharia Mecânica, Erechim, 2016.

CERVEIRA, R. L. P. **Caracterização Experimental do Comportamento Mecânico sob Solicitação Multiaxial em Junções de Chapas AA2024-T3 Soldadas por Fricção-Mistura (“FSW”)**. 2008. 159 p. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, Escola politécnica da Universidade de são Paulo, 2008.

FLORES, J.. **Estudo dos Parâmetros de Soldagem FSW em Chapas de Alumínio da Liga AA 5052**. 2016. 41 p. Trabalho de Final de Curso para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da URI. Erechim, 2016.

SAMUEL, W. **Otimização dos principais parâmetros do processo FSW em função das propriedades da solda na liga de alumínio AA 5083**. 2015. 71 p. Trabalho de Final de Curso para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da URI. Erechim, 2015.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**

Área/Linha de Pesquisa: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA MATRIZ DE
REPUXO DE COPOS DE ALUMÍNIO**

Aluno: Gabriel Henrique Parmeggiani

Orientador: Prof. MSc. Arthur Bortolin Beskow



Engenharia Mecânica

INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste em um estudo na avaliação do desempenho de uma matriz de repuxo, isto é, análise de um processo de embutimento profundo. Este processo é muito utilizado na fabricação de copos metálicos, portas e capôs de automóveis, tubos de capacitores elétricos e utilidades domésticas, tendo assim o estudo, grande relevância no mercado contemporâneo. Utilizou-se discos (*blank*) de chapa de alumínio AA 1050 de 110 mm de diâmetro e de 1,00 mm de espessura para embutir um copo com 70 mm de diâmetro com aproximadamente 31 mm de altura. Para a operação foi utilizada uma matriz construída em aço SAE 1045 que estava disponível no Laboratório de Ensaio Mecânicos da universidade. A partir dos testes preliminares realizados foi possível identificar que houve falhas nas peças tais como ranhuras e rugosidades nas superfícies e falta de concentricidade do *blank*. Com isto foram executadas melhorias na matriz, como usinagem de um raio de canto maior, polimento, alteração no anel de centralização e usinagem de um alívio para facilitar a retirada da peça e evitar riscos na lateral. Também foi feito um novo punção, reduzindo a folga entre ele e a matriz. Com as alterações, foi possível fabricar copos com melhores características. As falhas encontradas ao longo dos experimentos podem ter ocorrido por excesso de atrito e de força do prensa-chapa. Com estes resultados foi possível evidenciar a necessidade de melhorias no processo e no ferramental.

MATERIAL E MÉTODOS

Para fazer as análises das forças e deformações na fabricação de copos de alumínio com 70 mm de diâmetro e 32 mm de altura foi utilizado um disco de alumínio da liga AA 1050 de 110 mm de diâmetro de 1,0 mm de espessura. Foram realizadas 3 (três) alterações a partir da matriz preliminar. Para a primeira versão da matriz (matriz preliminar), o raio de canto da matriz era 6 mm, a altura do canal de embutimento 160 mm, o diâmetro do punção era 66,7 mm, o diâmetro da matriz era 70,4 mm, ocasionando assim em uma folga de 3,7 mm. Para a segunda versão da matriz, alterou-se o raio de canto da matriz para 13 mm e reduziu-se a altura do canal de embutimento pela metade, 80 mm. Para a terceira versão da matriz, alterou-se a altura do canal de embutimento para 4,4 mm, foi confeccionado um novo punção, com diâmetro de 67,5 mm ocasionando em uma redução na folga, que passa a ser 2,9 mm. Para a quarta e última versão da matriz, apenas realizou-se o polimento da matriz, alternando os sentidos de rotação, as velocidades de rotação e a gramatura da lixa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Obtendo como parâmetro de qualidade a inspeção visual da matéria prima, pode-se observar alguns defeitos nos *blank*'s. Um deles trata-se da oxidação superficial da peça, que pode ser oriunda do mal armazenamento do material, ficando exposto à umidade relativa do ambiente e levando o *blank* a

oxidar. Outro defeito é a presença de rebarbas no perímetro do *blank*, sendo sua possível causa o excesso de folga na matriz de corte do fornecedor. A Figura 1 ilustra os defeitos oriundos das inspeção visual.



Figura 1 – Inspeção visual da qualidade da matéria prima

Com a análise dos ensaios da primeira versão da matriz, pode-se verificar três defeitos distintos (Figuras 2). O primeiro deles, apresentado em detalhe no CP1, representa a formação de dente na lateral, possivelmente causado pelo excesso de folga entre matriz e punção. O segundo defeito, apresentado no CP2, representa os riscos na lateral externa do copo, possivelmente causado pela descentralização do punção e a matriz e também por alguma rugosidade elevada presente na matriz. O terceiro e último, apresentado na vista frontal do CP3, representa a desigualdade de abas, possivelmente também causado pela descentralização do punção e matriz e também possivelmente pela não uniformidade do material.

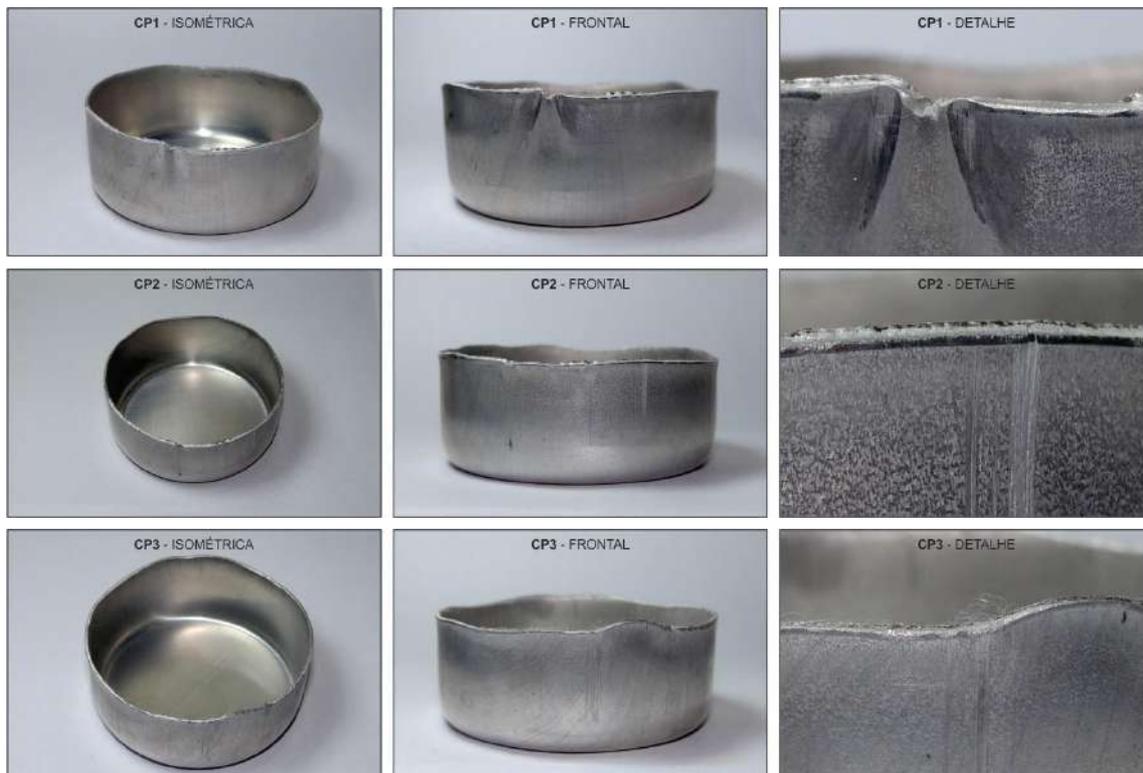


Figura 2 – Defeitos da primeira versão da matriz

Com a análise dos ensaios da segunda versão da matriz (Figura 3), os mesmos defeitos da versão anterior permanecem e surge um novo defeito, a rebarba, oriundo do mal acabamento superficial da matéria prima. A formação do dente na lateral está presente nos CP5 e CP6, a desigualdade das abas está presente em todos os corpos de prova desta versão da matriz e os riscos na lateral se sobressaem no CP4.

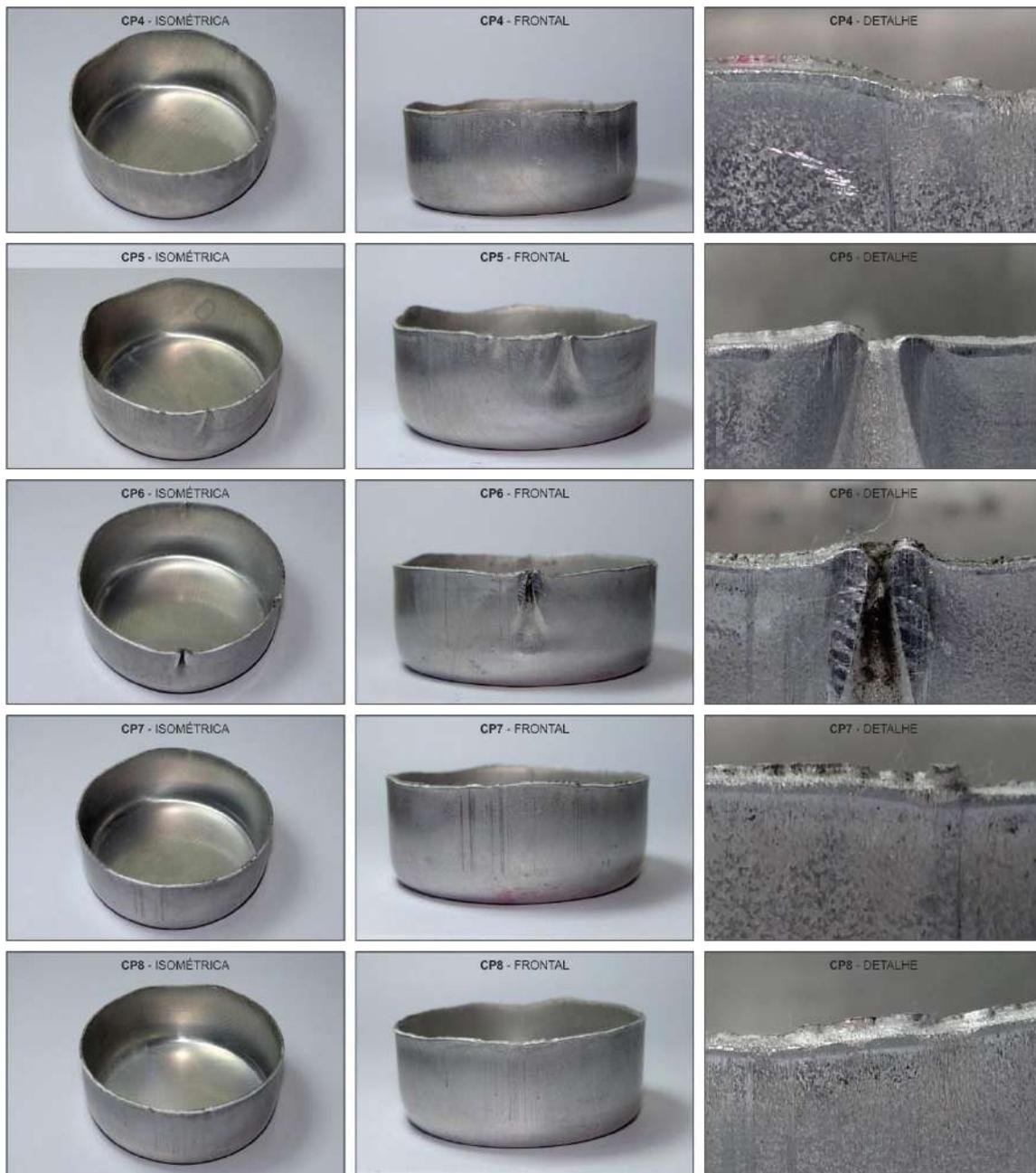


Figura 3 – Defeitos da segunda versão da matriz

Com a análise dos ensaios da terceira versão da matriz, os mesmos defeitos da versão anterior permanecem. A formação do dente na lateral (Figura 5) está presente nos CP9 e CP10, a desigualdade das abas está presente em todos os corpos de prova desta versão da matriz e os riscos na lateral se sobressaem no CP11 (Figura 4).



Figura 4 – Riscos na lateral da terceira versão da matriz



Figura 5 – Formação de dentes da terceira versão da matriz

Com a análise dos ensaios da quarta versão da matriz, pode verificar que após o polimento da matriz os riscos na lateral do corpo de prova desapareceram por completo, gerando um melhor acabamento superficial e brilho do produto final. Tal fenômeno está ligado à rugosidade da matriz, quanto menor a rugosidade, melhor o acabamento superficial da peça final. A formação do dente na lateral (esmagamento da borda) ainda é presente em dois corpos de prova (Figura 6). O CP12 apresentou maior deformação devido ao esmagamento, já o CP18 apresentou menor deformação. A desigualdade das abas (Figura 7), se comparadas com as versões anteriores são as menores, de tal forma que o CP14 apresentou a menor desigualdade de abas, chegando a 0,30 mm de diferença entre a maior e a menor lateral.

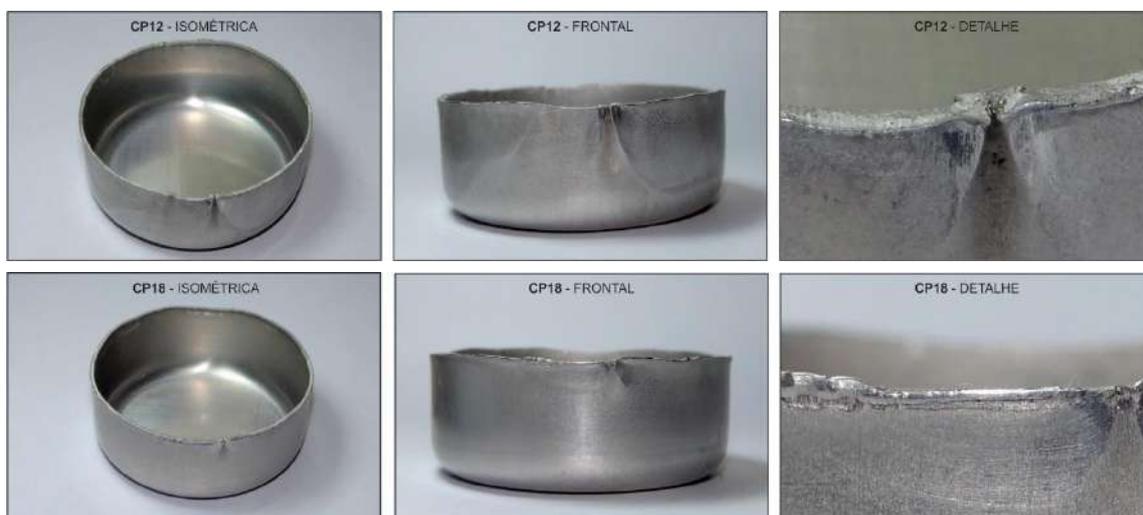


Figura 6 – Corpos de prova da quarta versão da matriz com formação de dente na lateral



Figura 7 – Corpo de prova da quarta versão da matriz com menor desigualdade de abas

Analisando de forma mais precisa o CP13 (Figura 8), notou-se que o seu acabamento superficial é um dos melhores apresentados frente aos demais corpos de prova.



Figura 8 – Corpo de prova da quarta versão da matriz com melhor acabamento superficial

Para analisar a desigualdade das abas foram realizadas duas medições em cada corpo de prova, uma do ponto mais baixo e outra do ponto mais alto, calculando assim a diferença de altura das abas. A tolerância foi estabelecida em 1,5 mm e os resultados podem ser observados no gráfico representado pela Figura 9. Para melhor visualizar o número de defeitos encontrados nos corpos de prova e o desempenho de cada alteração da matriz, com os resultados obtidos foi possível plotar um gráfico para comparação (Figura 10).



Figura 9 – Gráfico de desigualdade de abas

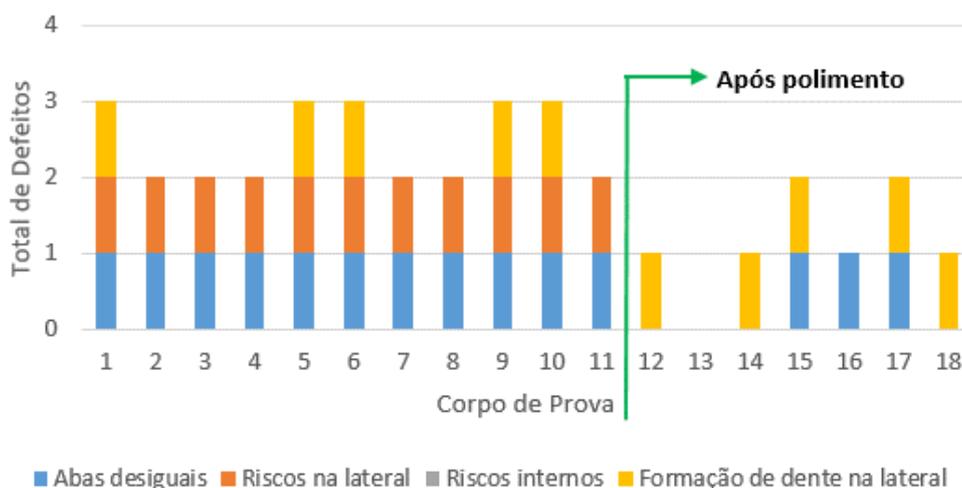


Figura 10 – Defeitos dos corpos de prova

Por fim, comparando o corpo de prova da matriz preliminar e o CP13 que apresentou o melhor desempenho, pode-se ressaltar algumas melhorias, que podem ser observadas na Figura 11.



Figura 11 – Comparativo final

CONCLUSÕES

Foi possível verificar que cada uma das modificações realizadas na matriz propiciaram melhorias no produto final, porém não contribuíram significativamente para a redução da força de repuxo. Aliado a isto, constata-se a importância da correta disposição do atrito, uma vez que ele é responsável por limitar a capacidade de deformação de uma chapa, devido ao aumento da força de conformação. Por fim, a metodologia proposta possibilita realizar uma correlação das forças teóricas com as forças reais de conformação de um copo de alumínio com 70 mm de diâmetro, avaliando a quantidade de força proveniente do atrito e juntamente avaliar as deformações ocorridas na chapa em regiões distintas. Desta forma foi possível verificar que a eficiência aproximada da matriz em questão é de 61%, sendo esta muito abaixo do desejado para o processo.

REFERÊNCIAS

BASTOS, L.A **Análise do processo de estampagem de chapas de aço através da curva limite de conformação**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CHIAVERINI V. **Tecnologia mecânica**, 2ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.

MAGALHÃES F. C. **Estudo numérico e analítico das evoluções da força e da espessura em chapas de aço livre de intersticiais durante processamento por embutimento e ironing**, UFMG, 2005.

PACHECO, J; BESKOW, B, A, “**PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO**”, 2012.

ROCHA, B; DUARTE, E. **Tecnologia da conformação plástica**. 1992.

RODRIGUES, J; MARTINS, P. **Tecnologia mecânica: tecnologia da deformação plástica**. 2. ed. Lisboa: Escolar Editora, 2009.

SILVEIRA, F.D. **Diretrizes para projeto de ferramentas de estampagem: parte II**. *Revista Ferramental*, Vol. 18, p. 15-22, 2008.

ANÁLISE ESTÁTICA DE PÓRTICOS 2D PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS COM O PROGRAMA ANSYS

Aluno: Guilherme Valmorbida
Orientador: Tancredo Westphal Junior

INTRODUÇÃO

Neste trabalho é aplicado o Princípio dos Trabalhos Virtuais para obter as equações de elementos finitos de um elemento de pórtico, com a parte de flexão de acordo com o modelo de vigas de Euler-Bernoulli. O elemento finito tem dois nós, com três graus de liberdade por nó, sendo estes um deslocamento axial, um deslocamento transversal e uma rotação. Para a simulação de pórticos bidimensionais estáticos pelo Método dos Elementos Finitos foi usado o programa *Ansys*, sendo comparados os resultados destas simulações com simulações dos mesmos pórticos realizadas com um programa de elementos finitos em desenvolvimento na plataforma Maple chamado *MEFSIM*, a fim de validar este último. Foram realizadas simulações de flambagem de colunas através do *Ansys*, aprimorando ainda mais os conhecimentos sobre o programa, o qual obteve bons resultados. Pelas simulações realizadas os resultados de elementos finitos dos dois programas foram idênticos, sendo assim validado o programa *MEFSIM* para cargas estáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho optou-se pela aplicação do MEF, visto que o número de artigos e trabalhos publicados a respeito do assunto vem crescendo de forma exponencial, e também pelo fato do MEF ser um método geral de solução numérica, ou seja, ao contrário do método analítico, o método numérico gera uma solução aproximada para as equações matemáticas e que tendem a convergir para a solução analítica com o refinamento da malha (ZIENKIEWICZ e TAYLOR, 2000).

Foi deduzida as equações de elementos finitos para os elementos de barra e viga, aplicando o PTV. Pela sobreposição destes dois elementos são então obtidas as equações de elementos finitos para elementos de pórtico, Fig. 1.

As simulações foram realizadas através do software de elementos finitos *Ansys* Estrutural. Para a realização deste estudo foram utilizados dados de simulações do programa *MEFSIM* o qual esta em desenvolvimento na plataforma Maple, e os resultados foram comparados com as simulações dos mesmos pórticos realizadas no programa *Ansys*. As simulações de flambagem também foram realizadas no *Ansys*, os resultados das mesmas foram comparados analiticamente.

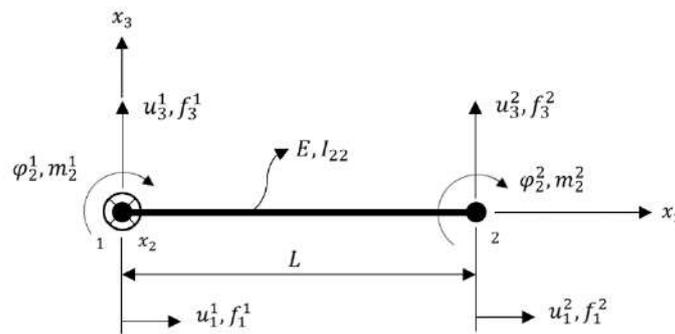


Figura 1 – Elemento finito de pórtico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a simulação foi adotado um pórtico hiperestático com geometria tipo trave, com duas bases engastadas, uma carga distribuída aplicada na barra superior e uma carga concentrada no nó 2. A Fig. 2 representa o pórtico, seus engastes e as forças aplicadas.

Após a escolha das características geométricas foram definidas as constantes de engenharia dos materiais, as dimensões e as forças aplicadas que compõe o modelo. O material utilizado para o pórtico é um perfil I de 6", com área de $A = 0,0023339 \text{ m}^2$, momento de inércia $I_{22} = 9,1184e-006 \text{ m}^4$, coeficiente de Poisson $\nu = 0,3$ e módulo de elasticidade de Young $E = 2e+11$. A força aplicada é de $P = 500 \text{ N}$, a distribuída é $p = 200 \text{ N/m}$, e as dimensões do pórtico são $L1 = 4 \text{ m}$, $L2 = 6 \text{ m}$.

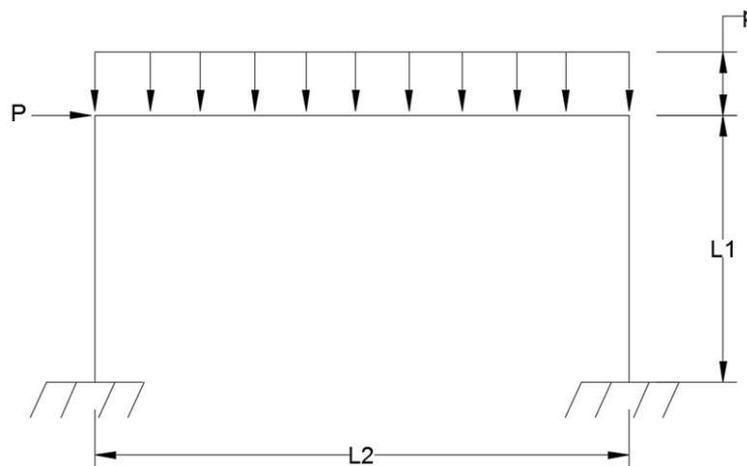


Figura 2 – Pórtico.

Na seguinte etapa foi gerada uma malha para a análise da estrutura. Para este exemplo de pórtico foi utilizada uma malha com característica de malha fina (refinada).

O tipo de elemento finito adotado na preparação da malha foi determinado por tentativa e erro, até encontrar um modelo de elemento que melhor se adaptasse a determinadas características geométricas do modelo, que conseguisse representar de forma mais fiel o comportamento do material e que conseguisse otimizar o esforço computacional nas análises numéricas.

Assim sendo, o modelo do elemento escolhido foi o BEAM189 do software Ansys, o qual possui formulação baseada na teoria de vigas (ANSYS, 2007). A Fig. 3 mostra a malha aplicada na geometria do pórtico.

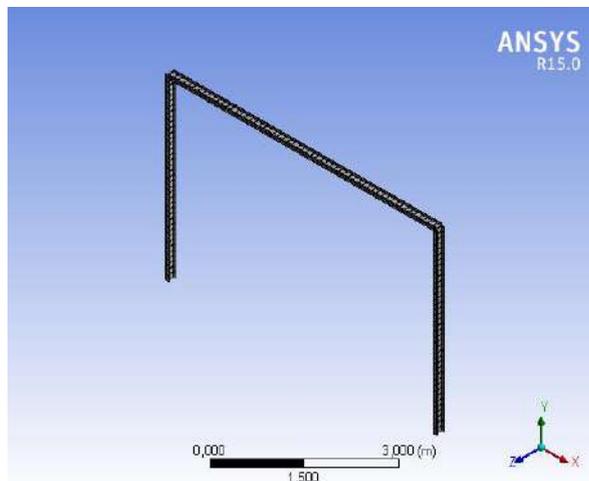


Figura 3 – Malha aplicada na estrutura.

Uma vez conferidas todas as informações, definidas todas as ações que o programador necessita que o programa apresente para analisar a estrutura, os resultados são gerados pelo programa. A Tab. 1 apresenta os resultados obtidos através das simulações no programa *Ansys* comparados com os mesmos obtidos no programa *MFSIM* realizado na plataforma Maple, além disso o percentual de erro quando comparado os dois modelos computacionais.

	Ação	<i>Ansys</i>	Maple	Percentual
Nó 1	Deslocamento em x	0	0	0
	Deslocamento em y	0	0	0
	Força em x	-81,44	-81,65	0,25
	Força em y	466,69	466,71	0,01
	Momento em z	375,52	376,28	0,20
Nó 2	Deslocamento em x	0,011564	0,011731	0,01
	Deslocamento em y	-3,99 e-006	-3,99 e-006	0
	Força em x	500	500	0
	Força em y	0	0	0
	Momento em z	0	0	0

Nó 3	Deslocamento em x	0,01158	0,01167	0,01
	Deslocamento em y	-6,28 e-006	-6,28 e-006	0
	Força em x	0	0	0
	Força em y	0	0	0
	Momento em z	0	0	0
Nó 4	Deslocamento em x	0	0	0
	Deslocamento em y	0	0	0
	Força em x	-418,56	-418,34	0,05
	Força em y	733,31	733,28	0,01
	Momento em z	824,6	823,98	0,08

Tabela 1 – Comparação dos resultados nodais de deslocamentos e forças de um pórtico

Após todas as simulações realizadas e a verificação e validação dos modelos computacionais podemos observar a configuração do pórtico deformado, que através dessa modelagem acabamos obtendo soluções numéricas cada vez mais próximas das condições reais. A Fig. 4 apresenta a estrutura totalmente deformada, a escala representada no lado esquerdo da figura mostra os valores de deformações conforme as cores representadas da menor deformação (azul) para a maior (vermelha).

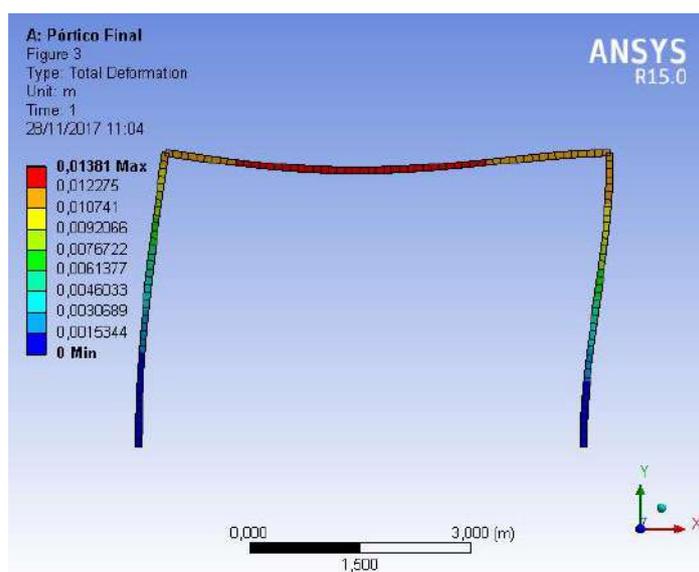


Figura 4 – Deformação total do pórtico.

CONCLUSÕES

Todo o embasamento teórico para o uso do MEF aplicado a pórticos foi apresentado neste trabalho, mostrando-se além de simples, fácil de trabalhar e fornecendo ótimos resultados.

O MEF é uma ótima ferramenta de cálculo, e unido à programas como o Ansys e o Maple, os resultados são precisos, rápidos e relativamente fáceis de serem programados e analisados.

Não basta apenas modelar e ler resultados para garantir o domínio do método, é preciso haver interpretação lógica, aliada ao sempre bom senso que todo Engenheiro necessita e preza. Saber como modelar, quais elementos utilizar, onde aplicar forças, tudo isto é necessário para se obter o sucesso com o programa Ansys, além de é lógico sempre realizar a análise crítica de resultados.

O programa Ansys aliado à plataforma Workbench para estruturas estáticas se mostrou eficiente, mas não é de fácil aplicação para um operador novato. O programa possibilita uma visualização bem clara de como e onde a estrutura se deforma, também mostrando em quais pontos o material apresenta maior deformação, facilitando o entendimento e proporcionando uma visão mais dinâmica das situações analisada.

Finalmente, com o programa *Ansys* foi possível validar o programa *MEFSIM*.

REFERÊNCIAS

ANSYS, **Release 11.0 Documentation for ANSYS – Guide to the ANSYS Documentation**. Estados Unidos da América, 2007.

ZIENKIEWICZ, O.C. e TAYLOR, R.L. **The finite element method. Volume 1: The basis**. Oxford: Butterworth, 2000.



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Materiais

Área do Conhecimento: Processos de Estampagem

**ESTAMPAGEM INCREMENTAL EM CHAPAS DE ALUMÍNIO AA 1200
PARA OBTENÇÃO DE PAREDES DE 90° SEM RUPTURA DO MATERIAL**

Aluno: Iuri Giacobbo Troitinho

Orientador: Me. Oséias Matias de Oliveira Esmelindro



Engenharia Mecânica

INTRODUÇÃO

Com o cenário atual das indústrias metal-mecânicas, onde as mesmas possuem uma grande diversidade de produtos e processos de fabricação, utilizando vários tipos de matéria prima para confecção, com formas e geometrias complexas, precisando cada vez mais de inovações tecnológicas em seus processos, surge como uma boa opção para melhorar os processos de estampagem, por atenderem uma grande demanda de produtos.

Tendo em vista este alto investimento, buscam-se sempre inovações para os processos de estampagem, com isso a estampagem incremental surge como uma alternativa viável para suprir esta necessidade, com seu baixo custo de produção, esta possibilita a fabricação de lotes, bem como a prototipagem de peças a fim de testar a sua funcionalidade, sendo que muitas vezes se torna inviável a fabricação de ferramentas dedicadas apenas para esta finalidade.

A estampagem incremental (ISF – *Incremental Sheet Forming*) consiste em um processo de estampagem que utiliza uma máquina CNC (Comando Numérico Computadorizado), com uma ferramenta com forma esférica na ponta, realizando movimentos nos eixos X, Y e Z, de forma a conformar gradativamente, através de consecutivas deformações locais aplicadas em uma chapa em liga metálica obtendo-se o formato desejado (CASTELAN 2010).

Como todos os processos de conformação apresentam limitações, com o processo de estampagem incremental não é diferente, Duflou *et al.* (2005), mostra que devido as limitações de geometria apresentadas pelo processo de estampagem incremental, novos processos com multiestágios, foram originalmente aplicados em geometrias complexas, desenvolvidos para possibilitar ângulos finais de deformação maiores que 65°.

Com a estampagem incremental por multiestágios conseguiu-se ângulos de paredes com 90° de inclinação, como no estudo realizado por Hirt *et al.* (2004), apresentou que com a realização de 9 a 15 estágios é possível obter uma peça com um ângulo lateral de 90°.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste projeto, a fim de se obter peças com paredes com 90° de inclinação sem que o material se rompa, será utilizado o processo de ponto simples, (SPIF), realizando a movimentação da ferramenta em Z, e o blank sem apoio na sua face inferior, movimentando-se nas direções XY, chegando ao primeiro passo com o ângulo de 45°.

A utilização deste processo (SPIF) teve como base o projeto realizado por Tonin (2016), que estudou e realizou ensaios a fim de analisar parâmetros utilizados neste processo, onde o mesmo buscava obter a maior profundidade de estampagem antes que ocorra a ruptura do material, encontrando o maior ângulo de parede que o material irá suportar, obtendo peças com ângulos entre 55 à 70°.

Troitinho, I. G.; Esmelindro, O. M. O.

Estampagem Incremental em Chapas de Alumínio AA 1200 para Obtenção de Paredes de 90° sem Ruptura do Material

Seguindo o projeto realizado por Tonin (2016), o material a ser estudado será a liga de alumínio AA 1200, com 99% de pureza e 1,0 mm de espessura.

Para a realização do projeto das peças, a fim de facilitar o processo de estampagem incremental por multiestágios, projetou-se peças com formato circular com a base cônica, penas alternado a relação do ângulo da peça em cada estágio, mantendo o diâmetro 100 mm e a altura 48 mm, da peça constantes em todos os estágios. O projeto das peças foi realizado no *software* de desenhos Solidwoks (2016).

O ensaio de tração que será realizado neste projeto seguirá a norma a NBR 7549:2012 – Alumínio e suas ligas – Produtos laminados, entrudados e fundidos – Ensaio de tração, com este ensaio busca-se caracterizar a liga de alumínio AA 1200 e obter seu limite de escoamento.

Estudos realizados por Bambach (2008) e Castelan (2010), mostram que pode-se realizar a estampagem com multiestágios chegando a ângulos de parede vertical com 90° de inclinação com quatro etapas.

Sendo que a primeira etapa se chegaria ao ângulo de 45°, no segundo estágio chegando ao ângulo de 60°, no terceiro estágios 75° e por fim no quarto estágios chegando ao ângulo de 90°.

Para o presente trabalho, será utilizada uma ferramenta de ponta esférica, sem arestas cortantes, de aço VC (aço inoxidável martensítico), com diâmetro de 10 mm e 100 mm de comprimento, que foi confeccionada por Christ (2014).

Devido a disponibilidade, facilidade de programação e setup, para a realização do processo de ISF os centros de usinagem, tornam este processo uma boa alternativa para a realização deste processo.

A máquina utilizada para a realização da estampagem incremental será um centro de usinagem de três eixos (X, Y, Z), da marca Deb'Maq, série Diplomat modelo Skibull 600.

Para a realização do processo de ISF por multiestágios será utilizado um prensa chapa fixado na mesa do CNC, como o projeto das peças foi modificado, foi necessário desenvolver um novo modelo de suporte.

Como o processo de estampagem incremental por multiestágios será realizado em um Centro de Usinagem CNC, sua programação será realizada através de software CAM, que tem a função de mapear as trajetórias da ferramenta, criando os pontos-coordenadas para assim gerar os códigos 'G' responsáveis pela movimentação dos eixos X, Y e Z da máquina CNC, através do desenho 3D da peça, facilitando e agilizado o processo ISF.

Para a realização do programa CAM, para a estampagem incremental, o método utilizado para realizar o processo foi a estampagem incremental em espiral, realizando uma trajetória contínua, onde a ferramenta se desloca nos três eixos do sistema de coordenadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a geração do programa CAM, com ajuda do *software* NX 10, pode-se visualizar e verificar a trajetória e os caminhos percorridos pela ferramenta durante o processo, a simulação também foi importante para poder analisar possíveis entradas, saídas e até colisões inesperadas da ferramenta, o que poderia ocasionar em dano ao processo.

A simulação também foi efetuada para os quatro estágios utilizados para realizar a estampagem com multiestágios, chegando a paredes com 90° de inclinação, conforme apresenta a Fig. 1.

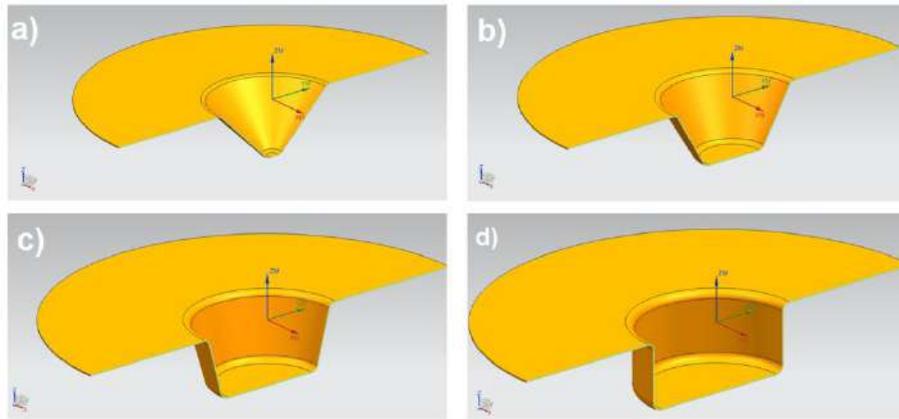


Figura 1 - Simulação dos 4 estágios da estampagem incremental

Representados na Fig. 1, a simulação feita para cada estágio incremental, sendo que a Fig. 1 (a), representa o 1º estágio, com 45° de inclinação, na Fig. 1 (b), representa o 2º estágio, com 60° de inclinação, na Fig. 1 (c), representa o 3º estágio, com 75° de inclinação e na Fig. 1 (d), representa o 4º estágio, com 90° de inclinação.

Após a realização dos ensaios a máquina gerou um relatório com os dados do teste, incluindo a tensão de escoamento do material de 41,79 MPa e o limite de resistência à tração 78,41 MPa, com estes resultados podemos concluir que a chapa não passou pelo processo de recozimento, a fim de melhorar suas propriedades mecânicas.

O corpo de prova acabou rompendo próxima a base presa na máquina, confirmando a baixa resistência a tração apresentada pela chapa também apresentou um percentual de 9% a resistência a deformação de estiramento da chapa, o que representa que a chapa terá baixa estampabilidade, uma vez que, quanto maior for esse limite quando submetido a estampagem, maior será sua capacidade de distribuir a deformação para as regiões vizinhas ao local mais deformado, a ruptura do corpo de prova pode ser visualizado na Fig. 2.



Figura 2 - Ruptura do corpo de prova

Como no processo por multiestágios não apresenta parâmetros definidos, no decorrer dos testes estes parâmetros foram ajustados a fim de obter melhores resultados.

Para o teste um, foi realizada a programação com dois passes de 45° de inclinação vertical, mantendo a profundidade de 48 mm, utilizando sempre como lubrificante a graxa grafitada à base

de lítio, sendo que para a execução dos passes foram utilizados parâmetros diferentes, como apresenta a Tabela 1.

Tabela.1 - Parâmetros utilizados no para o teste um

Parâmetros	Primeiro Passo 45°	Segundo Passo 90°
Velocidade Avanço	1500 mm/min	1500 mm/min
Rotação Ferramenta	2000 RPPM	1500 RPM
Avanço Incremental	0,30 mm/min	0,25 mm/min

Após o termino do primeiro estágio com 45°, deu-se início ao processo para o segundo estágio com 90°, sendo que no segundo estágio ocorreu o rompimento da chapa com 16,50 mm de profundidade e um tempo de processo de 25 minutos, o rompimento da peça ocorreu praticamente no inicio da estampagem, proveniente da baixa qualidade do material, conforme ilustrado na Fig. 3.



Figura 3 – Processo de estampagem 1 teste

A realização do teste dois, foi definido com 4 estágios, com angulações de 45°, 60°, 75° e 90°, sendo utilizado os mesmos parâmetros para o primeiro e segundo estágio, no terceiro e quarto estágio utilizou-se maiores velocidades de avanço e rotação, conforme apresenta a Tab. 2.

Tabela 2 - Parâmetros utilizados no para o teste dois

Parâmetros	Primeiro Estágio 45°	Segundo Estágio 60°	Terceiro Estágio 75°	Quarto Estágio 90°
Velocidade Avanço	1500 mm/min	1500 mm/min	2500 mm/min	2500 mm/min
Rotação Ferramenta	2000 RPM	2000 RPM	2500 RPM	2500 RPM
Avanço Incremental	0,25 mm/min	0,25 mm/min	0,25mm/min	0,25mm/min

O processo de estampagem para o segundo teste, iniciou com o ângulo de 45° no primeiro estágio, levando um tempo de 27 minutos, apresentado na Fig. 4 (a), no segundo estágio com ângulo de 60°, levou um tempo de 30 minutos, sendo que o processo foi interrompido antes de atingir o final da peça, para representação dos três estágios presentes na peça, conforme apresentado na Fig. 4 (b), no terceiro estágio com ângulo de 75°, como apresentado na Fig. 4 (c).



Figura 4 - Três estágios realizados no segundo teste

No terceiro estágio a chapa acabou rompendo com 16 minutos e com 34 mm de profundidade, conforme a Fig. 5, devido ao rompimento da chapa não foi possível realizar o processo do quarto estágio.



Figura 5 - Rompimento da chapa no terceiro estágio – 75°

Para a realização do teste três, foram utilizados três estágios, partindo 60°, 75 e por fim 90°, com os parâmetros de estampagem, como apresenta a Tab. 3.

Tabela 3 - Parâmetros utilizados no para teste três

Parâmetros	Segundo Estágio 60°	Terceiro Estágio 75°	Quarto Estágio 90°
Velocidade Avanço	2000 mm/min	2500 mm/min	2500 mm/min
Rotação Ferramenta	2500 RPM	3500 RPM	3500 RPM
Avanço Incremental	0,25 mm/min	0,25mm/min	0,25mm/min

No processo do teste três foi iniciado com ângulo de 60°, levou um tempo de 17 min., conforme apresentado na Fig. 6 (b), no terceiro estágio com ângulo de 75°, ocorreu o rompimento da chapa, com um tempo de 15 minutos e 37,25 mm de profundidade, conforme ilustrado na Fig. 6 (c).



Figura 6 - Representação dos três estágios realizados no teste três

Podemos analisar na Fig. 7, no processo do segundo estágio, antes do rompimento da chapa, uma pequena marca na chapa, resultado de alguma impureza na chapa, que acabou ocasionando o rompimento da peça, esse fato também se dá pela baixa resistência a tração, apresentada pela chapa no ensaio mecânico, também pelo fato de apresentar baixa proporção de estiramento da chapa.



Figura 7 - Defeito na chapa, ocasionado por impurezas

CONCLUSÕES

A realização deste projeto teve como objetivo estudar o processo de estampagem incremental por multiestágios, testando e analisando as velocidades de avanço, velocidades de rotação e incremento vertical, de cada estágio realizado sobre a peça, sendo que estes parâmetros influenciam diretamente na qualidade superficial das peças ajudando a garantir que o material não ocorra a ruptura em peças com ângulos próximos a 90°.

Com a realização do ensaio de tração, foi possível analisar as propriedades mecânicas da chapa de alumínio, sendo que a mesma apresentou baixa resistência à tração, com apenas 9% de resistência ao estiramento da chapa, sendo que no trabalho realizado por Tonin (2016), esta porcentagem chega a 30%, caracterizando uma maior resistência da chapa a deformação, com estes resultados obtidos, podemos concluir que a chapa não passou pelo processo de recozimento, para melhorar as propriedades mecânicas. Outro fator que contribuiu para o rompimento das chapas durante o processo foi que a mesma apresentou algumas falhas no seu interior, sendo visíveis somente durante a realização do processo.

Em todos os testes realizados ocorreu a ruptura do material durante o processo, analisando os testes um e seis, onde foram realizados com apenas dois estágios, e as peças acabaram rompendo na execução do segundo estágio, apresentando a dificuldade de se obter peças com ângulos próximos a 90°, pela redução da espessura, ocasionada pela relação com a lei dos senos, junto com a baixa qualidade apresentada pelo material.

Como resultados satisfatórios, podemos salientar o acabamento superficial das peças que pode ser analisado de maneira visual, na maioria dos testes não apresentando as cristas ou marcas do caminho percorrido pela ferramenta, outro ponto importante a se levar em consideração foram os tempos de processo que se mantiveram abaixo o esperado.

REFERÊNCIAS

- BAMBACH, M. **Process Strategies and Modelling Approaches for Asymmetric Incremental Sheet Forming**. Dissertação (Doutorado em Processos de Fabricação) – Institute of Metal Forming, RWTH Aachen University, Aachen, Germany, 2008.
- CASTELAN, J. **Estampagem incremental do titânio comercialmente puro para aplicação em implante craniano**. 2010. Dissertação (Doutorado em Processos de Fabricação) – PPGEM. UFRGS. Porto Alegre, 2010.
- CHRIST, E. G. **Estudo experimental do processo de estampagem incremental em chapas de alumínio AA1050**. 2014. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso) – Faculdade de Engenharia Mecânica. URI. Erechim, 2014.
- DUFLOU J., TUNÇKOL Y., SZEKERES A., VANHERCK P. **Experimental Study on Force Measurements for Single Point Incremental Forming**. Journal of Materials Processing Technology, Katholieke Universities Leuven, Belgium, v. 189, p. 65 – 72, july, 2005.
- HIRT, G., AMES, J., BAMBACH, M., HOPP, R. **Forming strategies and process modeling for CNC incremental sheet forming**. CIRP Annals Manufacturing Technology, v. 53, p. 203 – 206. 2004.
- TONIN, L. G. **Aplicação do processo de estampagem incremental para conformação de chapas de alumínio AA 1200**. 2016. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso) – Faculdade de Engenharia Mecânica. URI. Erechim, 2016.



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Área/Linha de Pesquisa: Soldagem e Engenharia de Superfícies



**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA MICROESTRUTURA E
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE JUNTAS SOLDADAS DA LIGA AA 5083
PRODUZIDAS POR FSW**

Aluno: Jean Carlos Grolli

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Vieira Braga Lemos

INTRODUÇÃO

O material utilizado neste trabalho é a liga AA 5083 em forma de chapas com espessuras de 6,35 mm. Trata-se de uma liga Al-Mg não endurecível por tratamentos térmicos e a soldagem por fricção e mistura mecânica (processo *Friction Stir Welding* - FSW) é uma ótima alternativa para união destes materiais. O processo FSW tem característica termomecânica que causa assimetria na temperatura entre o lado de avanço e lado de retrocesso da junta soldada (LEMOS *et al.*, 2017; RAO *et al.*, 2007) e estas diferenças de temperatura podem causar mudanças na microestrutura e propriedades mecânicas nas soldas. Na Figura 1 pode-se visualizar melhor o comportamento do material durante o processo de soldagem, onde as duas velocidades (avanço e tangencial) encontram-se na mesma direção. Se ambas possuírem o mesmo sentido a velocidade final vai resultar em um valor maior, o que ocasiona uma maior temperatura no lado de avanço (LA). Já no lado de retrocesso (LR), se estas velocidades têm a mesma direção, mas com sentidos opostos, ocasionam uma velocidade final de processo menor (LEMOS, 2017).



Figura 1 - Desenho esquemático sobre o comportamento do material durante a soldagem FSW.

Sabe-se que esse processo de soldagem pode exigir grandes esforços por parte das máquinas e componentes envolvidos e, assim acarretar desgaste na ferramenta e diminuição nas velocidades de soldagem entre outros. Pedendo minimizar esses problemas ou até mesmo otimizar o processo de soldagem, foram desenvolvidas técnicas de soldagem por fricção híbrida (HFSW) em que a carga entre a ferramenta e o material é reduzido devido fonte de calor adicional através de um sistema de pré-aquecimento. Como resultado disso, é mais fácil para iniciar o fluxo de material no HFSW quando comparado com o processo FSW convencional (SONG *et al.*, 2009; JO, 2016).

Neste contexto, torna-se importante avaliar a microestrutura para um entendimento das alterações geradas e suas consequências sobre as propriedades mecânicas das soldas. Assim, uma oportunidade para otimizar o processo FSW é a utilização de uma fonte de calor externa para pré-aquecimento dos materiais e assim obtenção de soldas com alta qualidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material de base utilizado no estudo foi uma liga de alumínio, AA 5083 H112, na forma de chapas com espessura de 6,35mm. A Tabela 1 mostra a composição química de acordo com análise feita no Laboratório de Ciência dos Materiais da URI.

Elemento	Al	Cr	Fe	Si	Mn	Mg	Zn
AA 5083	Bal.	0.25	0.4	0.4	1.0	4.9	0.25

Tabela 1- Composição química do material utilizado (% em massa).

Para todos os Experimentos de solda realizados primeiramente foi feita uma limpeza na superfície das chapas para remoção de óxidos e impurezas.

O processo de soldagem foi executado em um centro de Usinagem CNC de 3 eixos, com o ferramental adaptado para o processo.

Em relação a ferramenta, para o Experimento E1 foi utilizado uma ferramenta não consumível de aço AISI VC 131, com ombro de 19 mm de diâmetro, possuindo uma face com estrias em espiral com sulco de 0,6mm, possui um pino cônico roscado de 6 mm de diâmetro na base e 4 mm de diâmetro na ponta, com um comprimento de 6,2mm. Para o experimento E3 foram feitas mudanças no perfil da ferramenta onde foi alterando o diâmetro do ombro passou de 19 mm para 20 mm, o chanfro de 1x45 mm para 2x45 mm, o sulco da espiral passou de 0,6 mm para 0,8 mm. Por fim a ferramenta foi rotacionada no sentido anti-horário, assim, o lado esquerdo da junta soldada foi chamado lado de avanço (LA) e o lado direito de retrocesso (LR). Os principais parâmetros utilizados nos consecutivos experimentos podem ser vistos na Tabela 2.

Experimento	Ângulo de Inclinação (°)	Velocidade de rotação (rpm)	Velocidade de avanço (mm/min)	Velocidade de penetração (mm/min)	Penetração do ombro (mm)	Tempo de Aquecimento (s)	Altura do pino (mm)
E1	0	1450	30	10	0,4	60	6,2
E3A	0	1450	20	10	0,4	60	5,7
E3B	0	1450	20	10	0,4	60	5,7

Tabela 2 - Parâmetros usados nos experimentos.

A coleta dos dados das temperaturas foi realizada durante a soldagem das chapas, por termopares do tipo K confeccionados no laboratório. Para o Experimento1 foram posicionados 2 termopares, dispostos no centro do comprimento total da solda, ou seja, no meio da chapa a uma distância de 12 mm relação ao centro da solda, onde T01 corresponde ao termopar localizado lado de retrocesso (LR) e o termopar T02 posicionado no lado de avanço (LA).

No experimento preliminar de pré-aquecimento, foi utilizado um soprador térmico. Assim, considerando-se a velocidade de avanço da soldagem FSW foi realizada uma estimativa de tempo de aquecimento de 2 minutos sobre uma chapa de alumínio a temperatura foi monitorada através de termopares.

Para as análises microestruturais, as amostras foram preparadas de acordo com as práticas básicas de lixamento/polimento e depois atacadas com o reagente para revelar a microestrutura das soldas. O reagente continha uma mistura de 1 ml de ácido fluorídrico (HF), 1,5 ml de ácido clorídrico (HCl), 2,5 ml de ácido nítrico (HNO₃) e 95 ml de água (H₂O). A observação microestrutural foi realizada na face superior das soldas com auxílio da microscopia ótica.

Os perfis de microdureza foram verificados através de medições de dureza Vickers na superfície das juntas soldadas, foram obtidos com carga de 300 g e distância entre identificações de 0,3 mm.

Nos ensaios de tração, os corpos de prova foram submetidos a uma carga de tração crescente até atingir a ruptura. Os ensaios de tração uniaxial foram realizados no experimento E3 com objetivo de avaliar a influência da fonte de calor na resistência máxima a tração da solda. Os corpos de prova seguiram as recomendações da norma ABNT NBR 7549:2008.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Experimento E1

Nas medições de temperatura do experimento E1, a maior temperatura foi gerada no lado de avanço (LA), com valor de 370°C como mostra a curva do termopar T02. Enquanto o termopar T01 atinge a temperatura máxima de aproximadamente 315°C. Estes dados podem ser vistos na Figura 2. O experimento comprovou que processo FSW é assimétrico em termos de temperatura e, assim, o lado de avanço geralmente atinge temperaturas maiores.

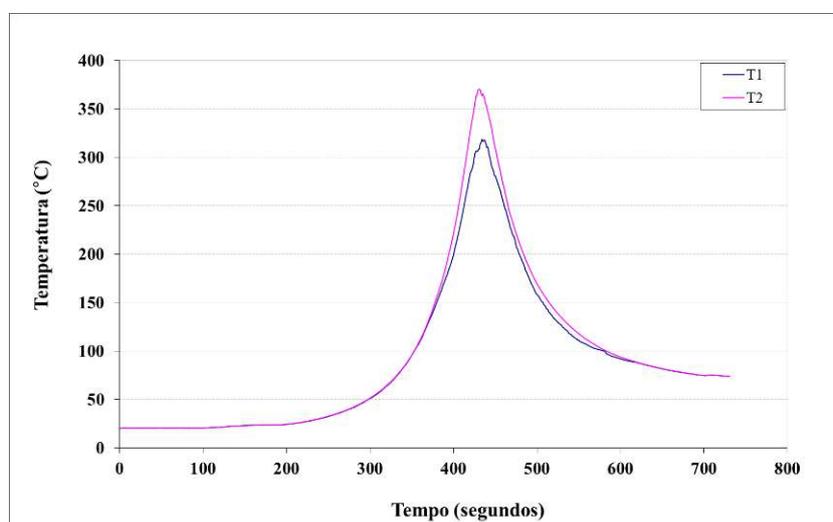


Figura 2 - Gráfico de monitoramento das temperaturas experimento E1.

Análises macrográficas das soldas correspondentes ao início, meio e ao fim do comprimento total soldado são mostradas na Figura 3. Percebe-se que existiram diferenças entre as macroestruturas das soldas. Além disso, na Amostra 2 e Amostra 7, existem diferenças maiores entre o lado de avanço e o lado de retrocesso indicando maior instabilidade do processo de soldagem. Por outro lado, na Amostra 12, o comportamento da solda é ligeiramente mais homogêneo e os lados de avanço e retrocesso apresentaram características similares.

Grolli, J. C., Lemus G. V. B.

Influência da Temperatura na Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Juntas Soldadas da Liga AA 5083 Produzidas por FSW

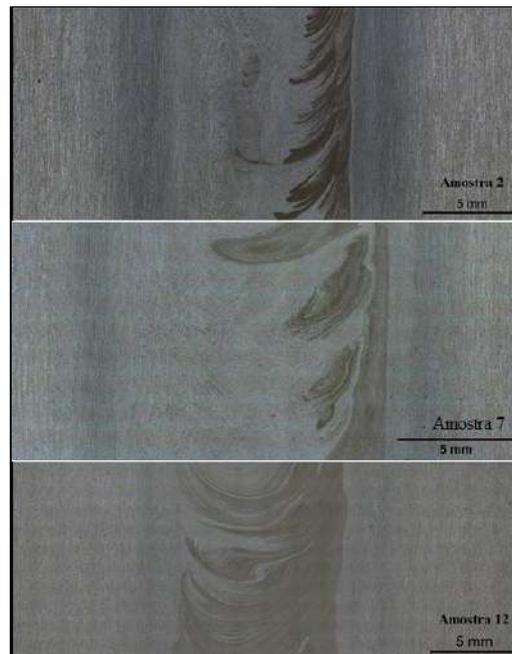


Figura 3 - Macroestrutura de topo E1.

Para o ensaio de dureza, realizado na amostra 07 do experimento E1, os valores de dureza obtidos na região da solda aproximaram-se da dureza obtida no material base. Ainda, percebe-se que existiu um ligeiro aumento na zona de mistura (região central da solda) delimitada pelo valor do diâmetro do pino da ferramenta de 6 mm. Os resultados podem ser vistos na Figura 4.

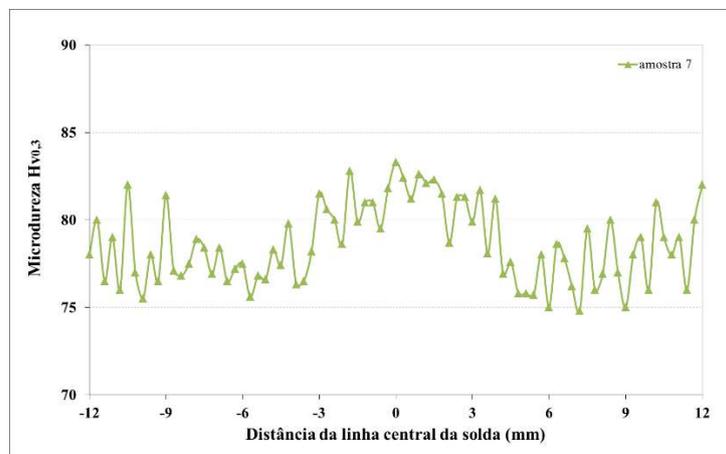


Figura 4 - Gráfico de ensaio de Dureza E1

Experimento E2

O experimento preliminar de pré-aquecimento, teve como objetivo de avaliar efetivamente o aquecimento do soprador térmico como fonte de calor. Partindo da temperatura ambiente de 25 °C, após 120 segundos a temperatura aumentou para 89 °C e, por fim, estabilizou-se em 132 °C após 300 segundos.

Experimento E3

Primeiramente foi realizada uma solda *FSW* sem aquecimento, a qual foi chamada do experimento E3A e, após os testes preliminares, a solda com a adaptação de um sistema de pré-aquecimento, esta chamada de experimento E3B. Contudo, acompanhando o display que controla o percentual de potência do eixo árvore do torno, percebeu-se que a solda sem aquecimento apresentou potência de

24% e a solda com pré-aquecimento mostrou potência de 21%, mostrando que apesar de ser um experimento adaptado com recursos disponíveis, esse método ocasionou uma diminuição da força de soldagem, ou seja, um resultado benéfico.

A macrografia do Experimento E3 foi realizada a partir da amostra número 06, a qual corresponde ao centro do comprimento da solda. Assim, a Figura 5 apresenta diferenças em relação a mistura de material, onde para o caso específico do experimento E3B, a macroestrutura apresentou comportamento mais homogêneo na solda, fato que sugere uma melhor qualidade desta solda.

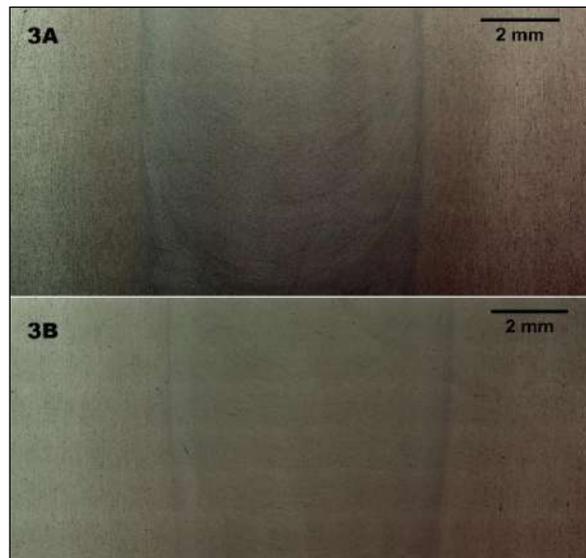


Figura 5- Macroestrutura de topo E3.

Os testes de dureza foram realizados a partir da amostra número 06 do experimento E3A e E3B (solda sem pré-aquecimento e solda com pré-aquecimento, respectivamente). A Figura 6 apresenta um comparativo dos resultados, onde verificou-se que não existiram diferenças de dureza significativas entres os experimentos.

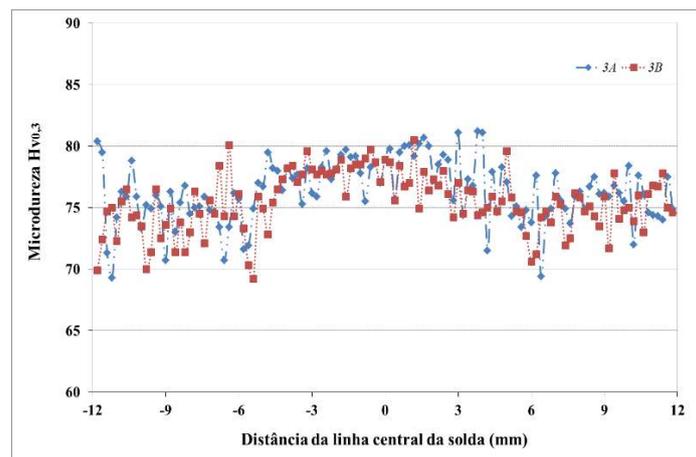


Figura 6 - Gráfico de ensaio de Dureza E3

O ensaio de tração uniaxial foi realizado com o intuito de avaliar a diferença na resistência mecânica (resistência máxima a tração) entre os experimentos E3A e E3B. A Figura 7 apresenta médias da resistência a tração, onde o valor alcançado pelo experimento E3A foi de aproximadamente 205 MPa, enquanto que o experimento E3B atingiu 250 MPa. Assim, notou-se que, além do experimento E3B obter uma maior média de resistência a tração (cerca de 22,6%), também apresentou um desvio padrão menor, ou seja, indica que o processo foi mais estável.

Grolli, J. C., Lemus G. V. B.

Influência da Temperatura na Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Juntas Soldadas da Liga AA 5083 Produzidas por FSW

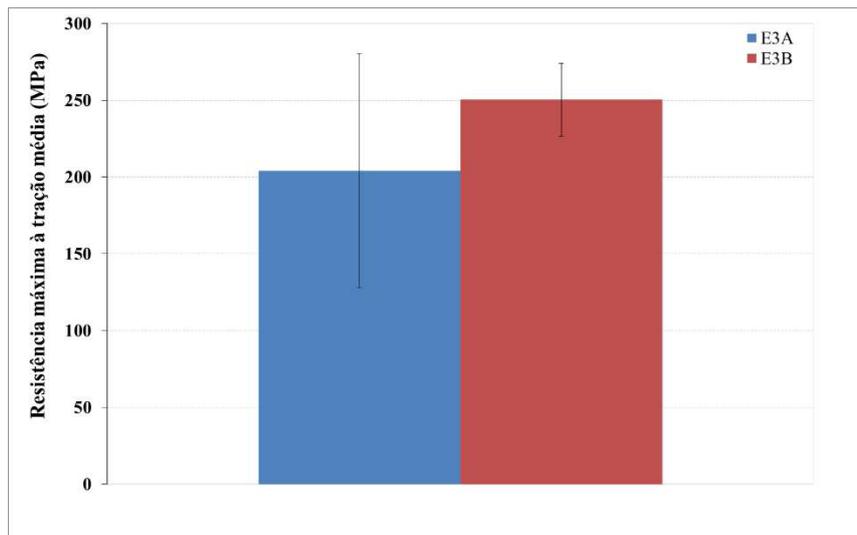


Figura 7- Média de resistência máxima a tração e desvio padrão.

CONCLUSÕES

Os resultados das avaliações do presente trabalho podem ser resumidos como:

- Em termos de dureza, em geral, pode-se dizer que a solda manteve a dureza do material base original e, ainda, notou-se um ligeiro aumento na região central da solda nos experimentos E1 e E3 e estes resultados podem estar relacionados ao refino de grão, fato observado nas análises metalográficas.
- Através do monitoramento da temperatura, verificou-se a característica assimétrica do processo FSW, onde existiu uma diferença significativa de cerca de 55°C entre o lado de avanço (LA) e o lado de retrocesso (LR).
- Com dos resultados do experimento E3 conseguiu-se provar que a soldagem com pré-aquecimento proporcionou uma redução de 3% no percentual de potência do eixo árvore do torno, um aumento em 22,6% na média de resistência máxima a tração, além de uma mistura de material mais homogênea quando comparado com a soldagem sem aquecimento, portanto, o pré-aquecimento aumentou a qualidade da solda.

REFERÊNCIAS

JO, J. **Preheating Effect on the Friction Stir Welding**. Department of Engineering, Virginia State University, Petersburg, Virginia 2006.

LEMOS GVB, HANKE S, SANTOS JF, BERGMANN L, Reguly A, Strohaecker TR. **Progress in Friction Stir welding of Ni alloys**. Science and Technology of Welding and Joining. 2017.

LEMOS G. V. B.. **Desenvolvimento do Processo *Friction Stir Welding* para a Liga Inconel 625**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2017.

RAO D, HUBER K, HEERENS J, et al. **Asymmetric Mechanical Properties and Tensile Behaviour Prediction of Aluminium Alloy 5083 Friction Stir Welding Joints**. Mater Sci, 2007.

SONG H K, TSUMURA T, NAKATA K, **Development of Microstructure and Mechanical Properties in Laser-FSW Hybrid Welded Inconel 600**. Materials Transactions, The Japan Institute of Metals Vol. 50, No. 7: p. 1832-1837 2009.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Soldagem e Engenharia de Superfícies

Engenharia Mecânica

Área do Conhecimento ou Área Temática: Processos de Soldagem
ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NO PROCESSO FSW EM
CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083**Aluno: Junior Miola****Orientador: Prof. MSc. Arthur Bortolin Beskow****INTRODUÇÃO**

O processo FSW é um processo de soldagem desenvolvido em 1991 pelo *The Welding Institute* (TWI), na Inglaterra. Consiste basicamente em utilizar como fonte de energia a fricção entre as peças a serem unidas e uma ferramenta rotativa, sendo esta deslocada ao longo da linha de soldagem. Além disto, também se diferencia dos processos de soldagem por fusão por não necessitar de deposição de um terceiro material (MISHRA e MA, 2005).

Por não gerar fusão localizada do material base, muitos dos problemas metalúrgicos associados à fase líquida causada por processos de soldagem por fusão, não são observados em soldas executadas pelos processos de soldagem no estado sólido (GIPIELA, 2007).

O presente estudo teve como objetivo executar variações dos parâmetros de soldagem como: rotação, velocidade de avanço, profundidade de penetração do ombro e ângulo de soldagem, com o intuito de obter uma combinação adequada a ser utilizada na soldagem de chapas da liga de alumínio AA 5083 com 6,4 mm de espessura, procurando aumentar a produtividade do processo.

Foram realizados quatro experimentos (JM1, JM2, JM3 e JM4), os quais resultaram em quatro juntas soldadas. Ensaios de tração foram realizados em corpos de prova usinados a partir das soldas e a ruptura ocorreu na solda. Apesar da não qualificação das soldas pela norma ISO 25239, os resultados de tensões dos ensaios de trações foram bons. O ângulo de inclinação de 2,9° garantiu uma soldagem sem rebarbas e com um acabamento bom. A penetração de 0,5 mm do ombro fez o centro de usinagem se desligar por excesso de carga no eixo Z. Observou-se também que, mesmo com a sobrecarga no eixo Z, a potência utilizada do eixo árvore se manteve estável na casa de 25 a 26%.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foi usada a liga AA 5083, presentes em chapas com 6,4 mm de espessura laminadas a frio.

O equipamento de usinagem utilizado é um Centro de Usinagem CNC de 3 eixos (X: Eixo Longitudinal; Y: Eixo Transversal; Z: Eixo Vertical.) da marca *Deb'Maq*, série *Diplomat*, modelo *Skybull 600*.

A ferramenta utilizada nos dois primeiros experimentos – denominados JM1 e JM2 – foi um pino de perfil cônico e rosca M6 com 3 faces com ombro espiral plano. Para os dois últimos experimentos – denominados JM3 e JM4 – foi usado um pino de perfil cônico com rosca M6 simples com ombro espiral plano.

A Fig. 1 (a) mostra o centro de usinagem (b) mostra a ferramenta dos dois primeiros experimentos (c) mostra a ferramenta dos dois últimos experimentos.



Figura 1 – (a) centro de usinagem (b) ferramenta dos dois primeiros experimentos (c) ferramenta dos dois últimos experimentos.

Os Experimentos JM1 e JM2 foram executados no mesmo par de chapas, sendo que o ensaio JM1 teve um comprimento de junta soldada de 150 mm enquanto JM2 teve 120 mm restantes da junta. O mesmo acontece para os experimentos JM3 e JM4 que foram executados no mesmo par de chapas, sendo que JM3 teve um comprimento de junta soldada de 145 mm enquanto JM4 teve 105 mm.

Após as soldagens, foram extraídos das chapas corpos de prova que foram levados ao ensaio de tração a fim de investigar as propriedades mecânicas ao longo de toda a junta soldada.

O ensaio de tração tem como objetivo fazer um comparativo da resistência mecânica do metal base com relação às amostras que foram submetidas a soldagem pelo processo FSW.

O ensaio de tração aconteceu sob a rigidez da norma ISO 25239:2011 que regulamenta esse ensaio para que qualquer processo FSW possa ser qualificado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Experimento JM1 e JM2

Foram produzidas duas soldas no mesmo par de chapas de alumínio da liga AA 5083 de 6,4 mm de espessura contendo os parâmetros de soldagem expostos na Tab.1. Na Fig. 2 está presente a chapa após as soldagens e posterior macrografias dos corpos de provas feitos da chapa.

Parâmetros	Unidade	Experimento JM1	Experimento JM2
Ângulo de inclinação	°	2,9	2,9
Velocidade de rotação	rpm	1550	1550
Velocidade de avanço	mm/min	70	80
Velocidade de penetração	mm/min	8	8
Penetração do ombro	mm	0,4	0,4
Tempo de aquecimento	s	60	60
Distância soldada	mm	150	120

Tabela 1 – Parâmetros de soldagem JM1 e JM2



Figura 2 – Chapas e macrografias dos experimentos JM1 e JM2

A soldagem foi realizada e as primeiras impressões foram boas: o equipamento se comportou de maneira estável, sendo que a porcentagem de potência utilizada pelo eixo árvore ficou em torno de 26% em ambos os experimentos; acabamento superficial ficou bom, não apresentando vazios e rebarbas.

Feitos os ensaios de tração os resultados foram obtidos. Em relação aos parâmetros do metal base, ambos os experimentos apresentaram tensão de escoamento, média e de ruptura menor, rompendo na zona da solda, como mostrado na Tab. 2.

	Metal Base	Experimento JM1	Experimento JM2
Tensão de escoamento média (N/mm²)	137,202	125,575	128,079
Tensão máxima média (N/mm²)	276,980	216,640	238,757
Tensão de ruptura média (N/mm²)	263,077	201,863	216,602

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de tração para JM1 e JM2

Pelos critérios de avaliação segundo a norma ISO 25239, os parâmetros de soldagem utilizados nos experimentos JM1 e JM2 estão reprovados pelo ensaio de tração, não seguindo para os demais testes.

Experimento JM3 e JM4

Foram produzidas duas soldas no mesmo par de chapas de alumínio da liga AA 5083 de 6,4 mm de espessura contendo os parâmetros de soldagem expostos na Tab.3. Na Fig. 3 está presente a chapa após as soldagens e posterior macrografias dos corpos de provas feitos da chapa.

Parâmetros	Unidade	Experimento JM3	Experimento JM4
Ângulo de inclinação	°	2,9	2,9
Velocidade de rotação	rpm	1450	1450
Velocidade de avanço	mm/min	70	70
Velocidade de penetração	mm/min	8	8
Penetração do ombro	mm	0,4	0,5
Tempo de aquecimento	s	60	60
Distância soldada	mm	145	105

Tabela 3 – Parâmetros de soldagem JM3 e JM4



Figura 3 – Chapas e macrografias dos experimentos JM3 e JM4

A soldagem JM3 foi realizada as impressões iniciais agradaram: o equipamento se comportou de maneira estável, sendo que a porcentagem de potência utilizada pelo eixo árvore ficou em torno de 25%; acabamento superficial ficou bom, não apresentando vazios e rebarbas. Características que se repetiram no experimento JM4, entretanto, quase ao final da do percurso de soldagem nas chapas o centro de usinagem se desligou devido à um excesso de carga no eixo Z. O fato pode ser explicado pelo aumento da penetração do ombro que passou de 0,4 mm para 0,5 mm, exigindo um esforço maior da máquina.

Feito o ensaio de tração os resultados foram obtidos. Em relação aos resultados do metal base, ambos os experimentos apresentaram tensão de escoamento, média e de ruptura como mostrado na Tab. 4.

	Metal Base	Experimento JM3	Experimento JM4
Tensão de escoamento média (N/mm²)	137,202	133,651	138,523
Tensão máxima média (N/mm²)	276,980	190,686	187,608
Tensão de ruptura média (N/mm²)	263,077	180,700	177,459

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de tração para JM3 e JM4

Mesmo o experimento JM4 apresentando em média uma tensão de escoamento ligeiramente superior ao do metal base, o corpo de prova rompeu na região da solda e pelos critérios de avaliação da norma ISO 25239, os parâmetros de soldagem utilizados estão reprovados ainda no primeiro ensaio realizado, não seguindo para os demais ensaios.

CONCLUSÕES

É comum na engenharia, no momento de projetar algum dispositivo, peça ou mecanismo, dimensionar a resistência do conjunto dos materiais utilizados com um fator de segurança. Logo, um material, em condições esperadas de atuação, jamais será solicitado à sua tensão máxima. Ao analisar os ensaios de tração feitos, nota-se que o valor de tensão de escoamento mais discrepante em relação ao metal base (137,202 N/mm²) foi o do experimento JM1 com 125,575 N/mm², o que representa uma resistência ao escoamento de 91% em comparação ao material das chapas. Um bom resultado, levando em consideração que em aplicações o material nunca será solicitado a tamanha resistência. Entretanto a norma exige que o corpo de prova rompa fora da região soldada.

Uma das hipóteses para o rompimento na região das soldas pode ter sido o uso de uma penetração do ombro insuficiente, a qual possivelmente acarretou em uma baixa força vertical de forjamento. A força não foi demasiadamente baixa a ponto de provocar falhas aparentes como os

vazios, entretanto, como descreve a bibliografia, as soldas com uma penetração de grau menor geram uma perda de qualidade drástica devido à instabilidade causada pela força insuficiente. Em contraponto, ao se tentar aumentar a penetração do ombro o centro de usinagem se desligou devido a uma sobrecarga no eixo Z, que trabalha continuamente em processos com inclinação. Desta maneira o processo ficou limitado no parâmetro escolhido para variações: Com 0,4 mm de penetração a força vertical se torna insuficiente; com 0,5 a força vertical ainda é insuficiente e ocorre sobrecarga sobre o dispositivo interrompendo o processo.

Apesar da não qualificação dos parâmetros pode-se destacar que:

- Se levado em conta que os materiais geralmente não são solicitados às suas tensões de escoamento em atuações normais, as soldagens obtiveram valores de resistência 91% para mais em relação ao material base. Isso comprova que mesmo com a não qualificação, os experimentos obtiveram valores pertinentes.
- A inclinação de 2,9° da ferramenta ocasionou melhor acabamento superficial da solda, eliminando rebarbas e vazios aparentes, além de maior estabilidade ao procedimento;
- O experimento JM4, único realizado com penetração do ombro de 0,5 mm mostrou uma tensão de escoamento média, considerando desvios e correções, praticamente igual à do metal base e maior que o experimento JM3. Como pode ser observado pela teoria uma penetração maior acaba por promover uma possível melhoria do processo e essa variação indica isso, mesmo com o rompimento do corpo de prova acontecendo na região da solda;
- A solda teve uma excelente penetração em relação a profundidade, preenchendo perfeitamente toda a raiz das chapas de todos os experimentos;
- O eixo árvore não sofreu sobrecarga, ficando sua potência utilizada na casa dos 25 para 26%.

REFERÊNCIAS

GIPIELA, M. L. **Influência dos parâmetros de processo na geração de defeitos na soldagem FSW da liga de alumínio 5052**. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, UTFPR, Curitiba, 2007.

ISO 25239-3:2011. **Friction stir welding – Aluminium – Part: 3 Qualification of welding operators**. International Standard. Suisse, Geneva, 2011.

MISHRA, R. S. e MA, Z. Y.: **Friction stir welding and processing**, Materials Science and Engineering 2005.

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITOS DE MANUTENÇÃO EM UMA FÁBRICA DE RAÇÕES

Aluno: Leoclécio Pelissaro Eredia

Orientador: MSc. Oséias Matias de Oliveira Esmelindro

INTRODUÇÃO

Este trabalho teve por objetivo a apresentação de uma proposta de gestão da manutenção para uma fábrica de rações, visando a aplicação de conceitos de manutenção para o aumento da disponibilidade e desempenho dos equipamentos, através de um estudo da situação atual da empresa e desenvolvimento de atividades de melhoria nos processos produtivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido através do estudo de conceitos de manutenção, com o objetivo de reduzir as intervenções pós quebra, que segundo Pinto e Xavier 2001 é um tipo de manutenção que acarreta maiores custos associados a perdas de produção. Para a realização deste estudo foram gerados relatórios de problemas ocorridos em um período pré-determinado nos sistemas de dosagem, mistura e transporte de rações de uma empresa do ramo. Com estes dados foram realizadas análises afim de identificar o emprego das atividades de manutenção na empresa. Inicialmente foram realizadas adequações nas programações de manutenção, para intensificar as manutenções programadas, reduzindo conseqüentemente as de emergência. Foram realizadas análises de conceitos da Manutenção Produtiva Total TPM, que segundo Nakajima 1993, tem como principal objetivo trabalhar a gestão do processo produtivo, com a finalidade de manter os equipamentos disponíveis por mais tempo e em condições de operação, tendo como conseqüência o aumento da produção. Estes conceitos podem ser trabalhados em conjunto com o programa de 5S, que segundo Falconi 1999 deve ser baseado na educação, treinamentos e prática em grupos, sendo possível padronizar e organizar ambientes de trabalho com a aplicação desta prática.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a visualização da real situação da empresa, foram desenvolvidos e aplicados treinamentos para as equipes envolvidas no processo produtivo. Ações voltadas a manutenção autônoma foram criadas, fazendo os operadores de máquinas entenderem suas responsabilidades para o bom desempenho dos equipamentos. Inicialmente as atividades de limpeza e eliminação das fontes de sujeira foram realizadas, seguindo com a padronização das atividades voltadas aos operadores. Após a qualificação dos mesmos, foi criado o check-list de verificação diária para melhor acompanhamento das condições das máquinas. Com os relatórios dos problemas, adequaram-se os planos de manutenções preventivas, preditivas e de lubrificação, o que resultou numa drástica redução nas manutenções corretivas, melhorando a qualidade dos trabalhos realizados e diminuindo as paradas de máquinas e os gastos com tempos perdidos e consertos emergenciais. Nas Fig. 1 e 2 pode-se observar a redução na

quantidade de ocorrências de manutenções não programadas, e dos tempos perdidos respectivamente, durante a avaliação de um período de oito meses antes e depois da intensificação das manutenções programadas.

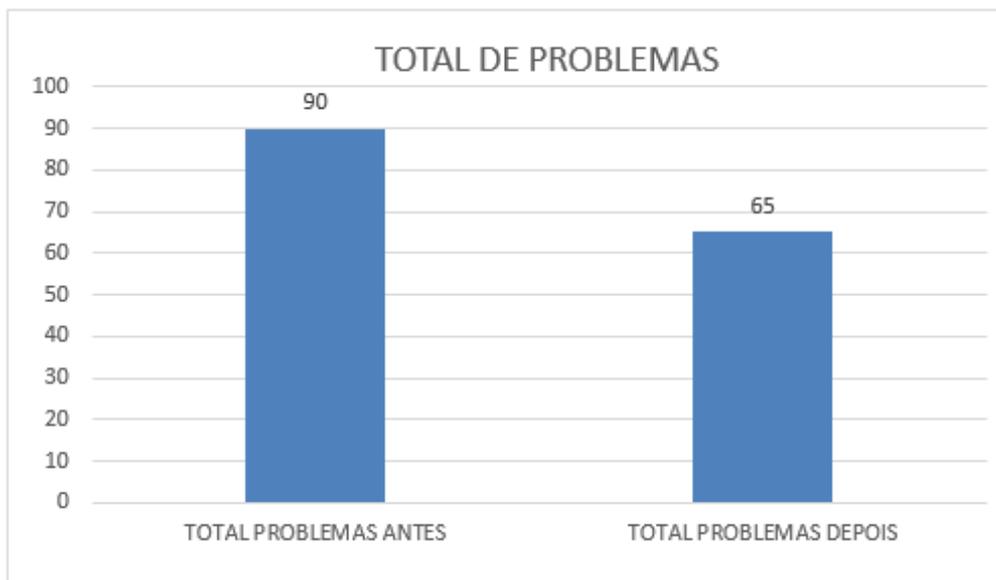


Figura 1 – Redução de problemas não programados



Figura 2 – Redução nos tempos perdidos

Com o acompanhamento constante dos equipamentos, foram alcançados ganhos de capacidade de produção e eliminação de pontos de gargalos. Foram identificadas possibilidades de alteração da quantidade de ração produzida por dose no sistema de dosagem e mistura de rações, sendo alterado a produção das rações tipo A e tipo B de 3000 kg por dose, para 3500 kg e 4000 kg respectivamente. Levando em consideração os tempos necessários para a produção de cada dose de rações, foram atingidos ganhos produtivos de aproximadamente 9% para as rações tipo A e aproximadamente 22% para as rações tipo B, o que permitiu elevar significativamente a capacidade de produção da planta. Na linha de transporte foram verificados pontos de deficiência nas descargas de um equipamento para o outro, que geravam um aumento de tempo na movimentação das rações, limitando a produção. Foram redimensionadas as bocas de descarga, dando maior vazão no momento das transições do

produto acabado entre as máquinas transportadoras, reduzindo o tempo médio de transporte de cada dose, de aproximadamente 170 segundos para 154 segundos, representando um ganho diário de 1 hora e 40 minutos. Também foi alcançada uma economia de 1000 folhas de papel por mês, com impressões de ordens de serviço do setor de manutenção, através do reaproveitamento de folhas do setor de faturamento, gerando além de economias com materiais administrativos, um visível benefício relacionado a sustentabilidade. Conceitos de 5s foram aplicados a ferramentaria do setor de manutenção, organizando, padronizando e controlando este departamento. Na Fig. 3 podemos ver o painel de ferramentas de uso comum instalado, facilitando a entrega e controle dos itens.

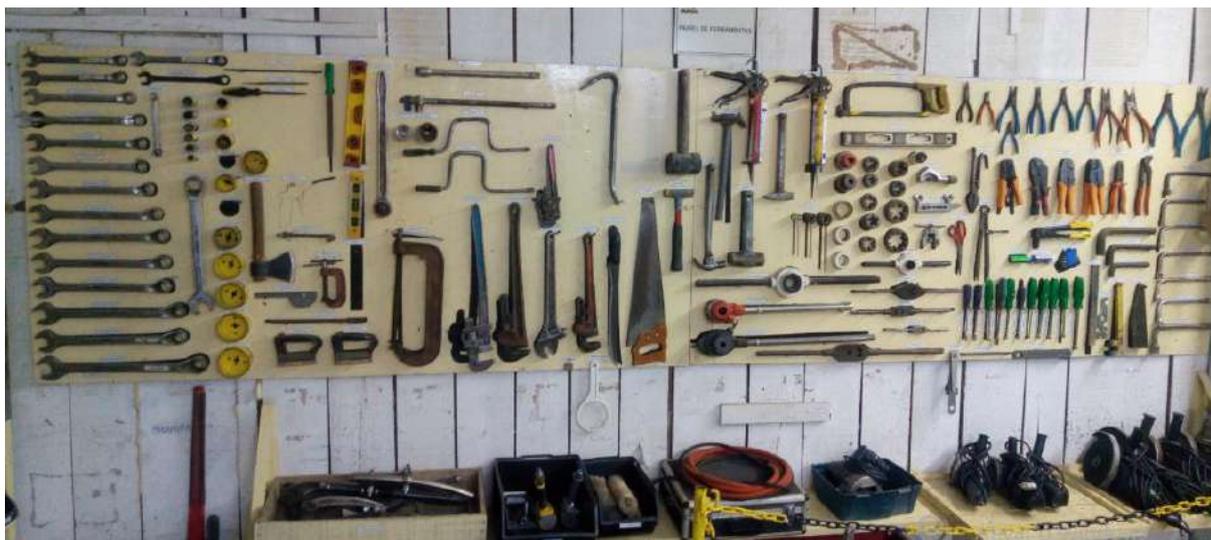


Figura 1 – Painel de ferramentas

Para facilitar o controle foi criada uma ficha de controle de entrega e devolução de ferramentas, criando uma maior responsabilidade a todos os usuários.

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que os conceitos de manutenção somados ao empenho e dedicação dos funcionários nos remetem à inúmeras possibilidades de melhorias, sendo possível o aumento da qualidade dos serviços prestados aos equipamentos, vinculados ao aumento da capacidade dos mesmos, gerando reduções nos custos das manutenções e agregando maior quantidade e qualidade na produção da empresa, tornando-a mais competitiva no mercado.

REFERÊNCIAS

FALCONI, Vicente. **TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 8.ed. Nova Lima: INDG TecS, 1999.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**. Cambridge: MA Productivity, 1993.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais****Área/Linha de Pesquisa: Engenharia Térmica e de Escoamentos****Área do Conhecimento ou Área Temática: Fenômenos de transporte****ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM CONCENTRADOR SOLAR****CILÍNDRICO PARABÓLICO DE FOCO LINEAR****Aluno: Lucas Bertuol****Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza****INTRODUÇÃO**

O século XX foi marcado pela dependência de combustíveis fósseis para gerar energia, porém utilizar tais combustíveis na atualidade tornou-se um problema para continuar a satisfazer a necessidade energética. Carvão, petróleo e seus derivados são alguns dos principais meios para produzir energia, entretanto os mesmos levam a altas concentrações de poluentes no ar e na água.

A energia renovável é gerada por fontes naturais de energia e diferente dos combustíveis fósseis seus recursos energéticos nunca cessam. Pela utilização de fontes renováveis é possível reduzir a dependência de combustíveis fósseis, assim como as emissões de poluentes que são emitidos.

A energia solar é a fonte alternativa de energia que mais cresce atualmente por ser limpa, renovável e abundante. Além disso, seu custo vem diminuindo a cada ano e a tendência é de redução contínua tanto em investimento quanto em manutenção dos equipamentos que compõem esse sistema. Os sistemas de concentração solar estão cada vez mais chamando a atenção principalmente por possibilitar a instalação de sistemas descentralizados e em regiões remotas que não estão ligadas as sedes de distribuição de energia. Além disso, sua utilização contribui na redução de emissões de poluentes na atmosfera.

Este trabalho apresenta a análise de um concentrador solar cilíndrico parabólico que utiliza radiação solar para aquecimento de água, o projeto do equipamento através de valores dimensionados, levantamento de desempenho, testes de temperatura na entrada e saída do tubo absorvedor.

MATERIAL E MÉTODOS

O aparato experimental foi construído a partir dos parâmetros obtidos nos estudos de Preczewski (2016). O concentrador fica exposto ao ar livre em um dia ensolarado com poucas nuvens, mostrado pela Figura 1. A caixa da água e a bomba são conectadas por mangueiras ao tubo absorvedor mantendo uma vazão contínua de água no sistema durante o período de exposição ao sol. Os termopares são colocados na entrada e saída do tubo absorvedor para a obtenção da diferença de temperatura causada pela radiação refletida no concentrador, os termopares ficam ligados ao *datalogger* para indicar as temperaturas operantes no sistema ao longo do tempo.



Figura 1 – Concentrador solar em experimento.

A figura 2 apresenta o concentrador solar cilíndrico parabólico representado pelo *software solid edge st7* e apresentando suas partes. A tabela 1 apresenta as partes que constituem o concentrador solar.

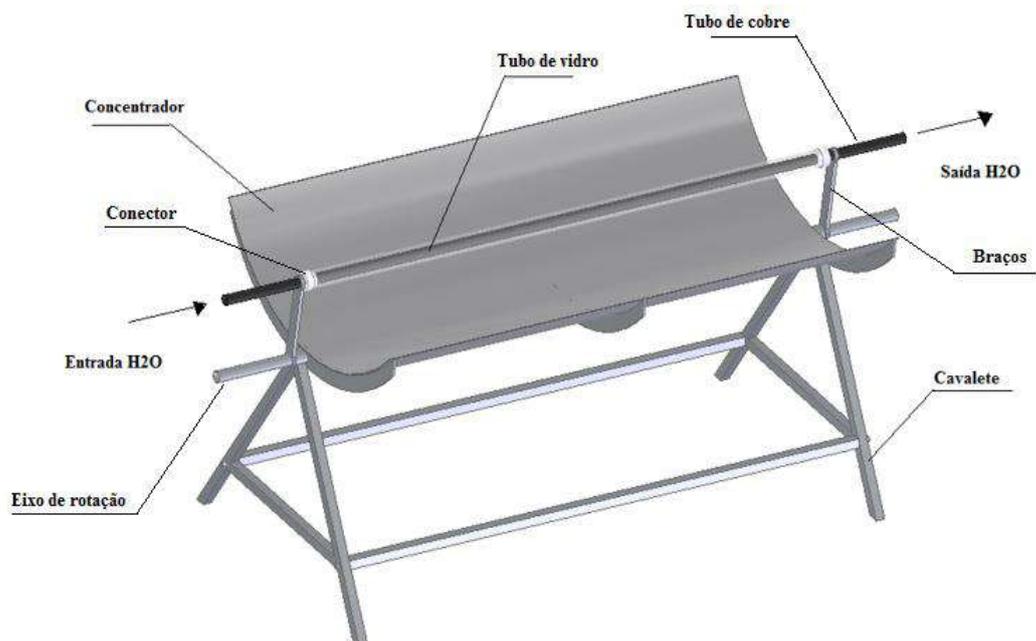
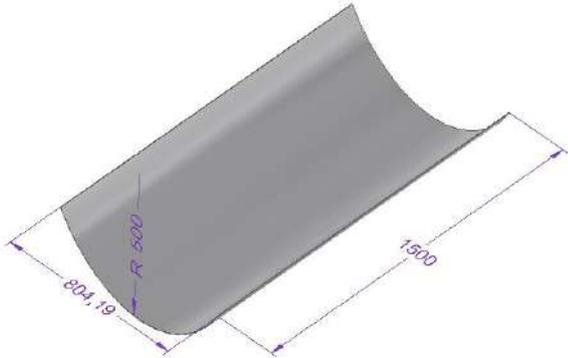
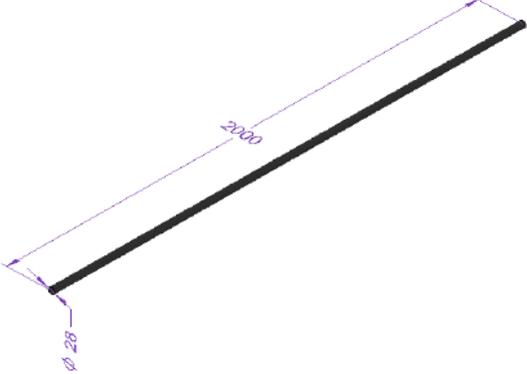
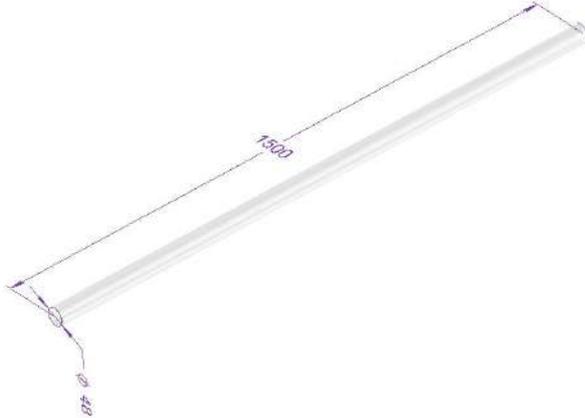
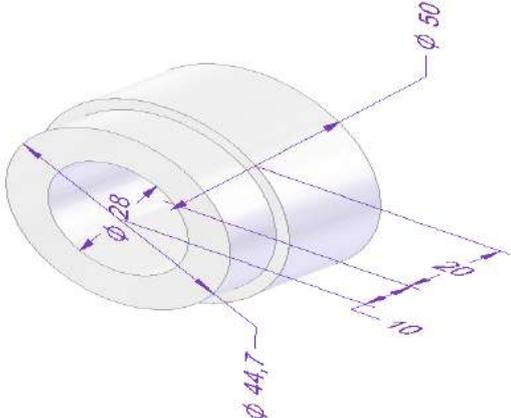
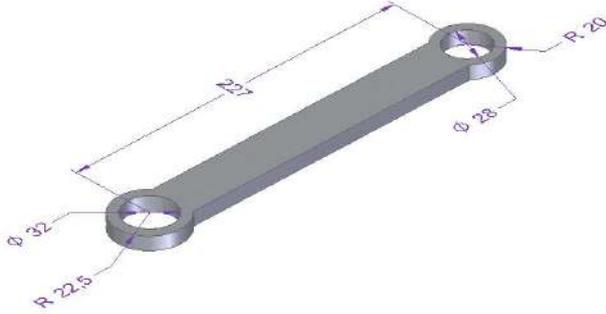
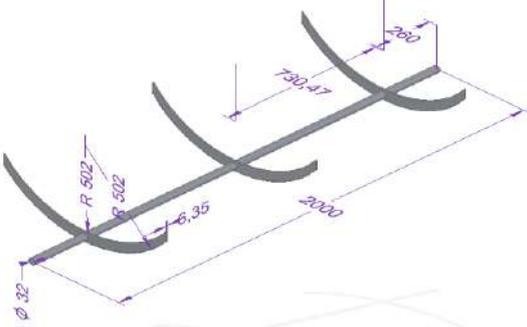
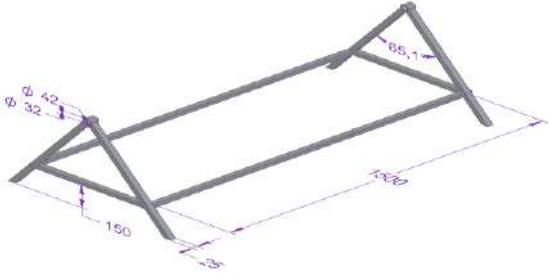


Figura 2 – Concentrador solar.

Tabela 1 – Partes que constituem o concentrador solar

Concentrador	Tubo de cobre
	
Tubo de vidro	Conectores
	
Braços	Eixo de rotação
	
Cavalete	
	

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o concentrador decidiu-se usar alumínio polido, porém o polimento final não ficou de forma desejável apesar de ter uma refletividade aceitável, mas distante da melhor opção que seriam retalhos de espelho. A bomba em sua vazão mínima disponível ainda era muito alta para a vazão proposta por Preczewski (2016) de 100 (kg/dia) ou 0,00116 (l/s), optou-se por usar um restritor para reduzir a vazão na mangueira. Após a restrição conseguiu-se uma vazão de aproximadamente 0,24 (l/s), um valor ainda muito elevado perto do proposto.

O teste foi feito de acordo como descrito e foi realizado em um dia no período das 14h às 17h. O gráfico 1 apresenta os resultados de temperatura obtidos no teste pelo meio do sistema *datalogger* de temperatura (°C) X tempo (s), o gráfico apresenta as temperaturas de entrada, de saída e a ambiente.

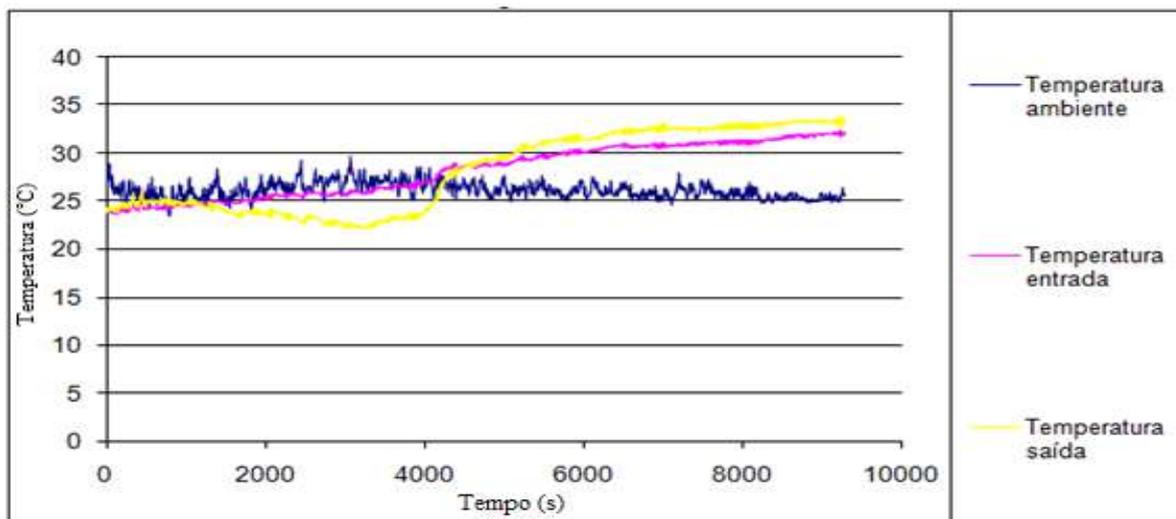


Gráfico1 – Resultado do teste do concentrador.

Observa-se no período de tempo de 2000 a 4000 (s) a queda da temperatura de saída, cerca de 3°C em relação a entrada, ocorrido devido ao desvio do ponto focal por causa do movimento do sol, mostrando que o concentrador deve ter seu eixo ajeitado regularmente para que toda a refletividade se concentre no tubo absorvedor. Ao ajeitar novamente o ponto a temperatura voltou a subir, mostrando uma diferença de temperatura de 2°C a mais na saída.

CONCLUSÕES

O concentrador apresentou uma refletividade aceitável porém não boa o suficiente, assim fazendo com que a diferença de temperatura apresentasse valor baixo, resultando em uma eficiência baixa. O sistema de circulação da água por apresentar uma vazão muito elevada, de 0,24 (l/s), não consegue absorver apropriadamente o calor vindo da refletividade do concentrador. Caso fosse utilizada a vazão estipulada de 100 (kg/dia), a circulação iria ocorrer de forma quase induzida do que de forma forçada, demorando mais para percorrer o comprimento do tubo assim aproveitando melhor o calor no absorvedor. Preczewski (2016) em seus estudos apresentou uma diferença de temperatura cerca de 25°C a mais na saída no tubo absorvedor.

REFERÊNCIAS

CUNHA, P. C. R.; SANTOS, K. G.; URIAS, P. M.; ARAÚJO, K. S. **Projeto e construção de um concentrador solar cilíndrico parabólico para aquecimento de fluidos**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte, MG, 2014.

GOMES, M. A.; GUEDES, G. P. **Desenvolvimento de um concentrador solar cilíndrico parabólico para aquecimento de fluidos.** 2010. *III Congresso Brasileiro de Energia Solar*, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Física. 2010.

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.

ROMERO, J. F. M. E.; MONTIEL, S. V.; AGUSTÍN, F. G.; MARTÍNEZ, V. M. C.; RIVERA, E. R.; YÁÑEZ, L. M. **Building a parabolic solar concentrator prototype.** 2011. *Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de Leon, México.* 2011.

SOUZA FILHO, J. R. **Projeto, construção e levantamento de desempenho de um concentrador solar cilíndrico parabólico com mecanismo automático de rastreamento solar.** 2008. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, 2008.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO EM TORNO DE BOLAS DE GOLFE

Aluno: Maiara Teodoro

Orientador: Prof. MSc. Roberta Fatima Neumeister

INTRODUÇÃO

O estudo da aerodinâmica dos objetos, é fundamental para dar mais velocidade e estabilidade aos mesmos, logo, o estudo de características que melhorem o desempenho é de extrema importância para diversos segmentos da indústria de velocidade e precisão, com aplicações desde a área esportiva até a bélica.

Segundo Alam et al. (2011), a trajetória de voo de uma bola, é significativamente influenciada por suas características aerodinâmicas. Com base no comportamento aerodinâmico, a bola pode se desviar da trajetória de voo antecipada. A deflexão desse caminho de voo é chamada de desvio e é bem observada em jogos de bola esférica incluindo futebol, críquete, beisebol, golfe, tênis e voleibol. Portanto, as propriedades aerodinâmicas da bola são consideradas fundamentais para a compreensão da trajetória do voo.

Para Chowdhury et al. (2016) a aerodinâmica das bolas de golfe é consideravelmente mais complexa que a de muitas outras formas esféricas. A rugosidade da superfície na forma de cavidades intensifica o nível de complexidade e a tridimensionalidade do fluxo de ar ao redor da bola de golfe. Estudos anteriores revelaram que a aerodinâmica da bola de golfe ainda não é totalmente compreendida devido ao variado tamanho, forma, profundidade e padrão das cavidades.

O trabalho apresenta o estudo do escoamento através de bolas de golfe. Através de um ponto de pressão foi possível determinar a pressão atuante ao redor da bola e determinar os parâmetros associados.

MATERIAL E MÉTODOS

A fim de analisar o escoamento de ar através sobre a esfera com cavidades e avaliar os parâmetros pertinentes ao estudo, utilizou-se o canal aerodinâmico presente no Laboratório de Fenômenos de Transporte da URI, Campus de Erechim (Figura 1), seu ventilador centrífugo possui uma potência de 3,7 kW. Este pode trabalhar com variação de frequência de 0 a 60 Hz. O equipamento conta com um inversor de frequências que permite a variação de velocidades.

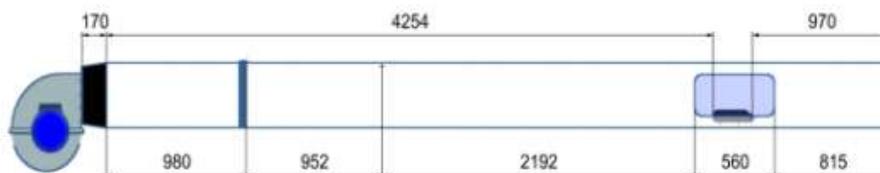


Figura 1 – Canal aerodinâmico. (VARELA,2013)

Os modelos físicos adotados foram bolas de golfe ilustradas na Figura 2 de diâmetro aproximado de 0,0424m, com 402 cavidades e massa de 0,045 kg, tem um núcleo de composto titânico e uma camada exterior de composto de uretano.



Figura 2 – Modelos adotados.

O suporte para medição de pressão, exemplificado na Figura 3 possui 370 mm, fabricado em alumínio. A haste foi montada em uma escala com os ângulos de 0° a 330°. A bola foi rosqueada no seu centro para fixação e realizou-se um furo de 1.5mm na superfície da bola e o mesmo ligado com uma furação de 3mm para fixação da mangueira, sendo as leituras de pressão transmitidas a um manômetro digital.



Figura 3 – Suporte para medição de pressão fixado na bola.

Para as medidas de pressão, a tomada de pressão foi feita por um tubo de plástico de um milímetro de diâmetro interno, conectado a um manômetro digital. O modelo era rotacionado de 30 em 30 graus para medição da pressão no orifício, em cinco velocidades, variando de 20 Hz a 60 Hz. Os testes foram realizados em um canal aerodinâmico de seção aberta, instalado no Laboratório de Fenômenos de Transportes da URI de Erechim. Para medição da pressão dinâmica utilizou-se um manômetro digital. A mangueira de tomada de pressão foi conectada na entrada positiva do manômetro digital para medição naquela região da superfície do modelo. Para a realização da leitura da pressão é

necessário coletar as condições do ambiente no dia das medições. As medições seguem a seguinte ordem de execução:

- Posicionar o modelo no centro do canal aerodinâmico.
- Com base na escala de graus, posicionar o modelo na posição zero.
- Conectar a mangueira de tomada de pressão na entrada positiva do manômetro.
- Executar as medições para, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz e 60 Hz.
- Rotacionar o suporte de 30 em 30 graus, para essas mesmas frequências citadas.
- Utilizando a Equação de Bernoulli, determina-se as velocidades a qual o modelo foi submetido.
- Determina-se o Re.
- Tendo como pressão de referência, a pressão atmosférica, a partir das medições realizadas pelo manômetro, é possível chegar ao valor para o coeficiente de pressão para tais valores de Reynolds.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios de pressão nas superfícies do modelo são importantes para a análise do escoamento de ar. Conforme mencionado, o modelo foi girado de 30 em 30 graus, variando o número de Reynolds de 16528 a 49768, obtendo os resultados exibidos na Figura 4.

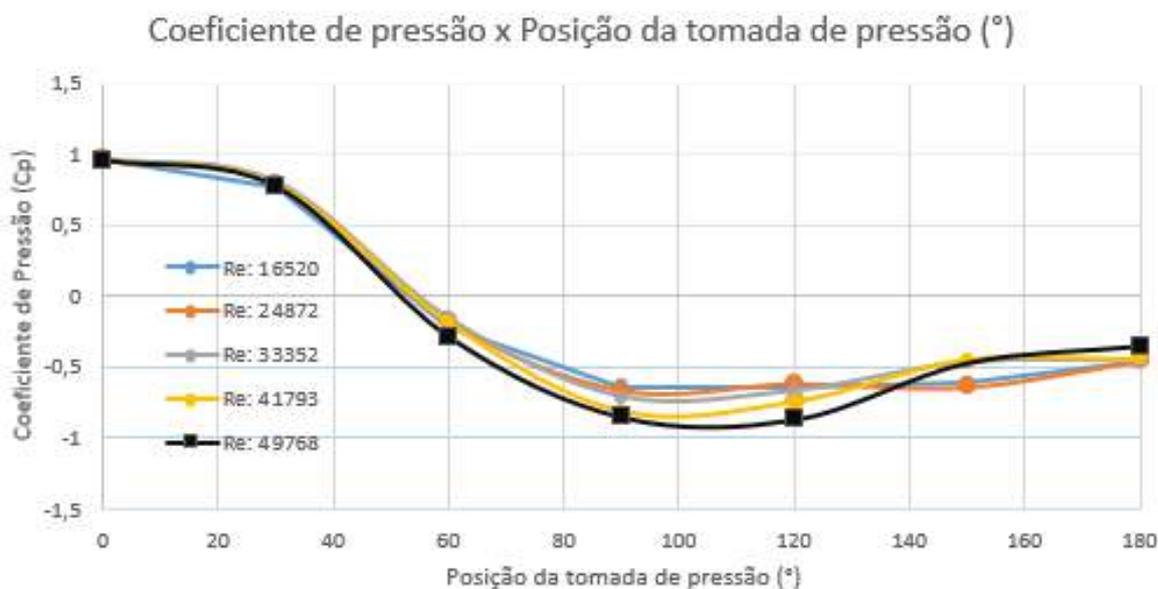


Figura 4 - Coeficiente de pressão x Graus submetidos.

Com base nos resultados obtidos, observa-se o desempenho do escoamento, conforme o número de Reynolds vai aumentando, menor será o coeficiente de pressão, esse comportamento é visto pois proporcionalmente ao número de Reynolds aumentando, mais tardio será o ponto de separação e a geração da esteira do escoamento. Logo, Reynolds equivalente a 16520 terá a formação de esteira acontecendo antes que Reynolds equivalente a 49768, e assim correspondentemente a Reynolds maiores que aos encontrados.

Vale ressaltar que, apesar da turbulência gerada pelas cavidades da bola, o escoamento é considerado laminar, visto que para escoamentos externos (coordenadas fixas ao corpo), o mesmo é considerado turbulento para números de Reynolds maiores que 10^5 . Caso o limite turbulento seja alcançado pelo escoamento, a formação da esteira será tardia e a aderência da camada limite aumentará, reduzindo

os vórtices (o que significa uma redução significativa da resistência). As cavidades de uma bola de golfe são uma maneira formal e simétrica de criar turbulência.

CONCLUSÕES

Este trabalho proporcionou um estudo das características do escoamento de corpos rombudos para a bola de golfe. Foi possível verificar as limitações das técnicas experimentais empregadas, que podem ser devido a configuração dos ensaios, tipos de suporte, entre outros.

Através de um ponto de tomada de pressão, foi possível definir a pressão atuante ao redor da bola e o comportamento do escoamento, relacionando o número de Reynolds com a formação da esteira do escoamento.

REFERÊNCIAS

ALAM, F. A study of baseball and softball aerodynamics. **Procedia Engineering**, Atlanta, GA, v. 34, p. 86-91. 2012.

ALAM, F. A study of golf ball aerodynamic drag. **Procedia Engineering**, Atlanta, GA, v. 13, p. 226-231. 2011.

VARELA. D. J.C. **Análise Experimental do escoamento ao redor do corpo de Ahmed**. 2013.75f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Regional Integrada, Erechim, 2013.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÕES SOBRE
PERFIS AERODINÂMICOS

Aluno: Pedro Augusto Rosset

Orientador: Prof. MSc. Roberta F. Neumeister

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos perfis aerodinâmicos envolve muitos nomes que utilizaram os métodos clássicos de hidrodinâmica no para desenvolver os modelos matemáticos. A primeira configuração concebida e construída foi em 1804, por George Cayley e tratava-se de um planador de lançamento a mão, com as seções das asas extremamente finas e com a espessura apenas para obter rigidez estrutural. Os perfis sendo finos tinham comportamento como placas planas, resultando em problemas de separação de escoamento mesmo com ângulos de ataque pequenos e consequentemente redução de sustentação (ABBOTT e DOENHOFF, 1959).

No decorrer dos anos, os princípios da aerodinâmica ficaram mais claros para os projetistas, nas quais, as asas são tipicamente projetadas para um desempenho aerodinâmico ótimo em uma condição de voo médio. Para levar a aeronave ao ar, as asas devem produzir uma força de sustentação maior que o peso total da aeronave. No entanto, o perfil aerodinâmico também gera força de arrasto que atua como uma resistência, reduzindo a velocidade da aeronave e gerando gasto de combustível.

A força de arrasto está ligada diretamente a performance das aeronaves. Segundo Lozano (2017), cada parte de peso da aeronave aumenta o consumo de combustível, as emissões e o dinheiro necessário para colocá-lo no ar. Sendo assim, os projetos dos perfis aerodinâmicos necessitam possuir um baixo consumo e alto desempenho. Para isso, os projetos dos perfis aerodinâmicos têm a importância de obterem valores elevados de coeficiente de sustentação e baixos valores de coeficiente de arrasto, gerando um perfil de alta eficiência. O trabalho apresenta uma análise comparativa do perfil aerodinâmico NACA 6409 do estudo com um perfil aerodinâmico NACA 6409 da literatura de Ribeiro (2011), utilizando um canal aerodinâmico para a obtenção das pressões na linha central do perfil aerodinâmico, nos ângulos de ataque 0° e 12° . A Figura 1 apresenta a configuração geométrica de um perfil aerodinâmico.

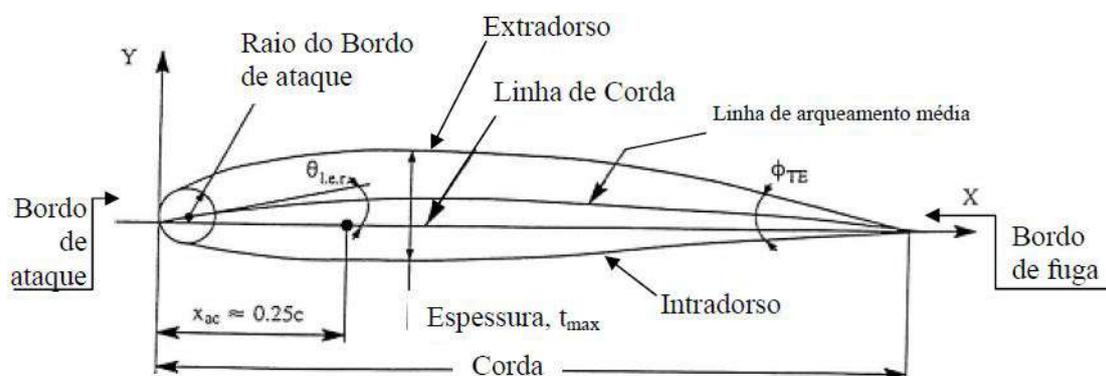


Figura 1 – Características geométricas de um perfil aerodinâmico.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, utilizou-se um canal aerodinâmico que contém um ventilador centrífugo movido por um motor elétrico *WEG W22 Plus* 3,7 kW, 3475 rpm – 60 Hz. Por meio de um inversor de frequência com um potenciômetro fez-se a regulação da frequência, onde pode-se chegar até velocidades de 18 m/s. Tem suas dimensões internas de 282 x 352 x 7000 mm. O canal aerodinâmico e a seção de experimento são indicadas na Figura 2.



Figura 2 – Canal aerodinâmico.

A Figura 3 apresenta as referências das tomadas de pressões do modelo projetado do perfil aerodinâmico NACA 6409, sendo: O ponto 1 no bordo de ataque, de 2 a 11 os pontos do extradorso (incluindo a última furação) e de 12 a 20 os pontos do intradorso.

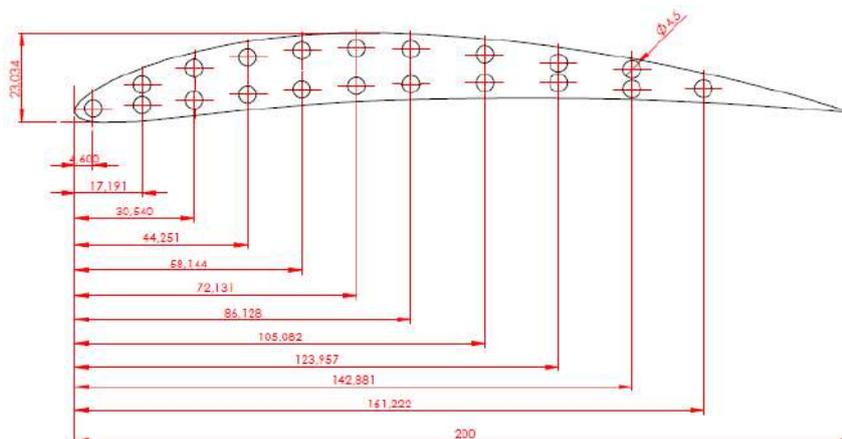


Figura 3 – Referências das tomadas de pressões.

Após o modelo projetado, iniciou-se a fabricação do modelo físico do perfil aerodinâmico NACA 6409. O modelo físico necessitou ser dividido em quatro partes, devido ao limite do processo de furação dos canais internos. O material utilizado para fabricação foi o Polioximetileno (POM) e utilizou-se o processo de usinagem por comando numérico computadorizado para gerar a forma geométrica do perfil aerodinâmico do estudo. Após, as quatro partes foram coladas com cola Cianoacrilato e as uniões reparadas com massa de poliéster. Finalizado os processos anteriores, revestiu-se com laminado PVC autoadesivo.

O perfil foi fixado no fechamento inferior do canal aerodinâmico, ficando com uma extremidade fixa e outra livre. Via mangueiras pela extremidade superior (extremidade livre), interligou-se o modelo

físico a um manômetro de coluna inclinada, conforme apresentado na Figura 4. Como comparação, utilizou-se a literatura de Ribeiro (2011) que utilizou o Número de Reynolds de 120113. Tendo conhecimento do Número de Reynolds de comparação, utilizou-se um termômetro tradicional de Mercúrio para coletar o valor da temperatura ambiente e, por conseguinte utilizando a tabela das propriedades termofísicas de gases a pressão atmosférica obteve-se os dados da massa específica e viscosidade dinâmica do ar. Desta maneira, obteve-se o valor da velocidade necessária para coletar as pressões ($V = 9,09$ m/s).

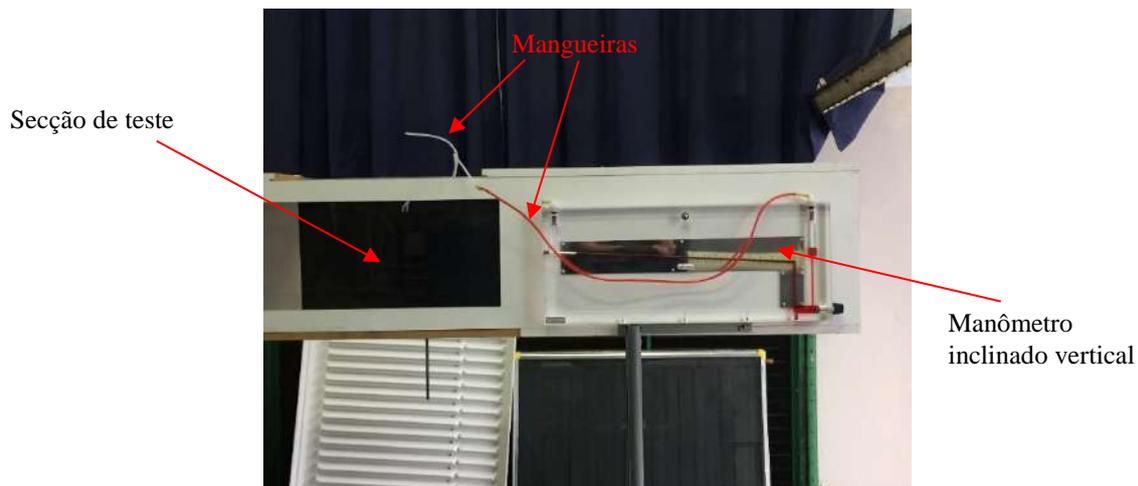


Figura 4 – Referências das tomadas de pressões.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As furações do perfil aerodinâmico do estudo de número 1 (furação do bordo de ataque) e de número 12 (primeira furação do intradorso) não puderam ser utilizadas, devido a problemas no processo de furação. Após realizada as aquisições das pressões, fez-se o procedimento de adimensionalização, onde realizou-se a divisão da posição de coleta horizontal (x/c) pela corda dos perfis aerodinâmicos. Desta maneira, gerou-se os gráficos comparativos nos ângulos de ataque 0° e 12° .

A primeira análise apresenta as comparações das pressões no extradorso da linha central do perfil aerodinâmico da literatura de Ribeiro (2011) e do perfil aerodinâmico do estudo, no ângulo 0° . Conforme a Figura 5, visualiza-se que na posição $x/c = 0,0$ (bordo de ataque) apenas o perfil aerodinâmico da literatura de Ribeiro (2011) obtém pressão, tendo conhecimento que o perfil aerodinâmico NACA 6409 do estudo encontra-se com uma diferença na posição inicial, não se tratando da posição no bordo de ataque. O perfil aerodinâmico do estudo obtém as menores pressões entre as posições $0,2 < x/c < 0,3$. Após a posição $x/c = 0,3$ os perfis apresentaram-se com tendências semelhantes, obtendo maiores pressões.

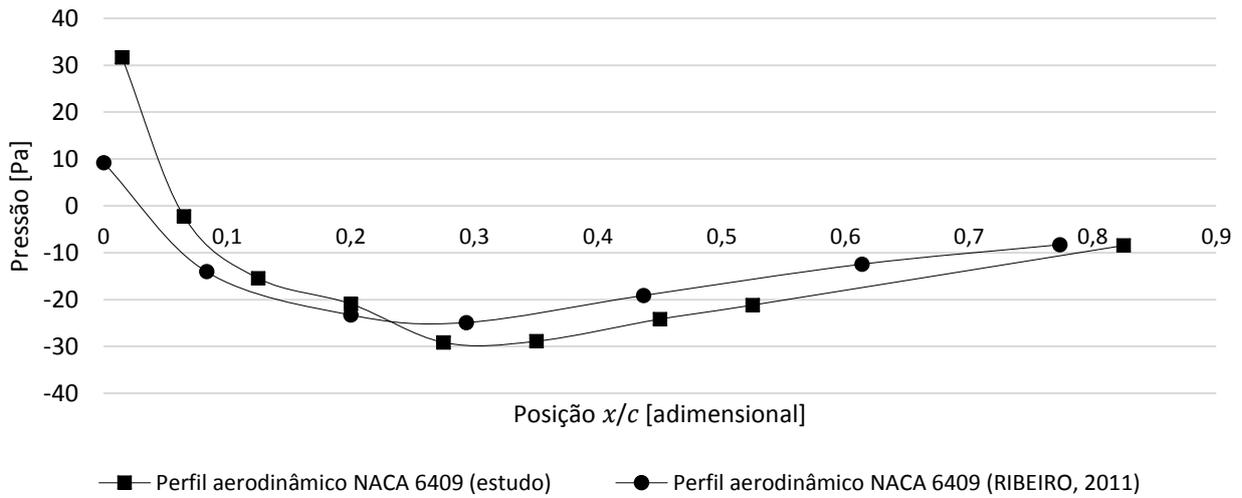


Figura 5 - Distribuição das pressões no extradorso ($\alpha = 0^\circ$).

Da mesma maneira, analisou-se as distribuições das pressões para o intradorso, no ângulo de ataque 0° , conforme Figura 6. As pressões obtidas mostram-se com diferenças expressivas ao longo de todas as posições (x/c). Além disso, o perfil aerodinâmico do estudo, a partir da posição $x/c = 0,2$ obteve um breve crescimento de pressão atingindo valores positivos de pressão e após a posição $x/c = 0,5$ uma brusca redução da pressão obtendo valores negativos.

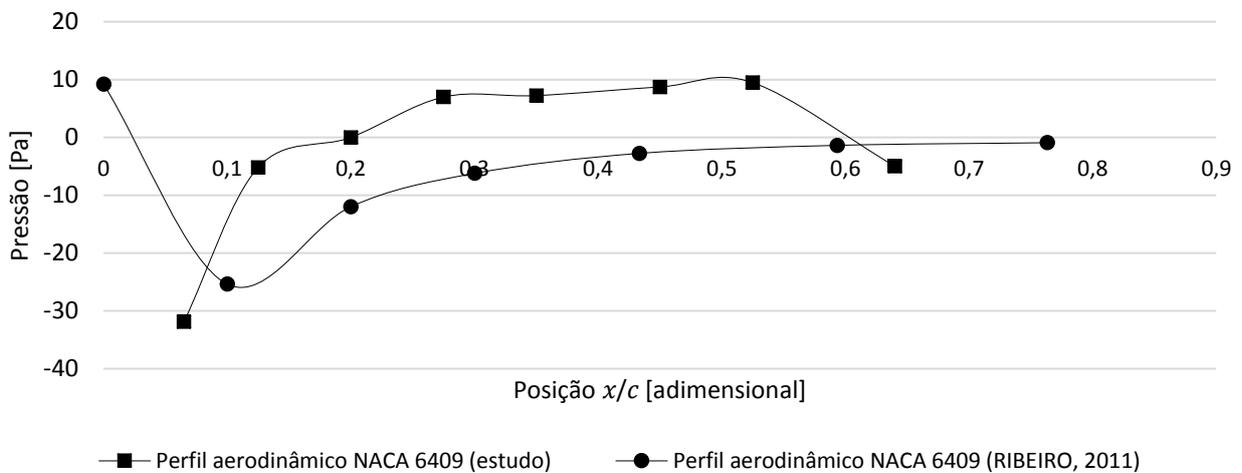


Figura 6 - Distribuição das pressões no intradorso ($\alpha = 0^\circ$).

Prosseguindo, mudou-se o ângulo de ataque para 12° e realizou-se novas análises das distribuições das pressões. A Figura 7 apresenta a comparação das pressões no extradorso da linha central do perfil aerodinâmico da literatura de Ribeiro (2011) e do perfil aerodinâmico do estudo, no ângulo 12° . Na posição $x/c = 0,0$ (bordo de ataque) o perfil da literatura de Ribeiro (2011) obtém pressão positiva, enquanto o perfil aerodinâmico do estudo o bordo de ataque não é representado, contudo o primeiro ponto ($0,0 < x/c < 0,1$) segue a tendência da literatura. Entre as posições $0,2 < x/c < 0,8$, existe um crescimento das pressões, seguindo uma tendência semelhante entre os perfis aerodinâmicos. Observando os valores, nota-se que o perfil aerodinâmico do estudo na maioria das coletas manteve-se com menores pressões.

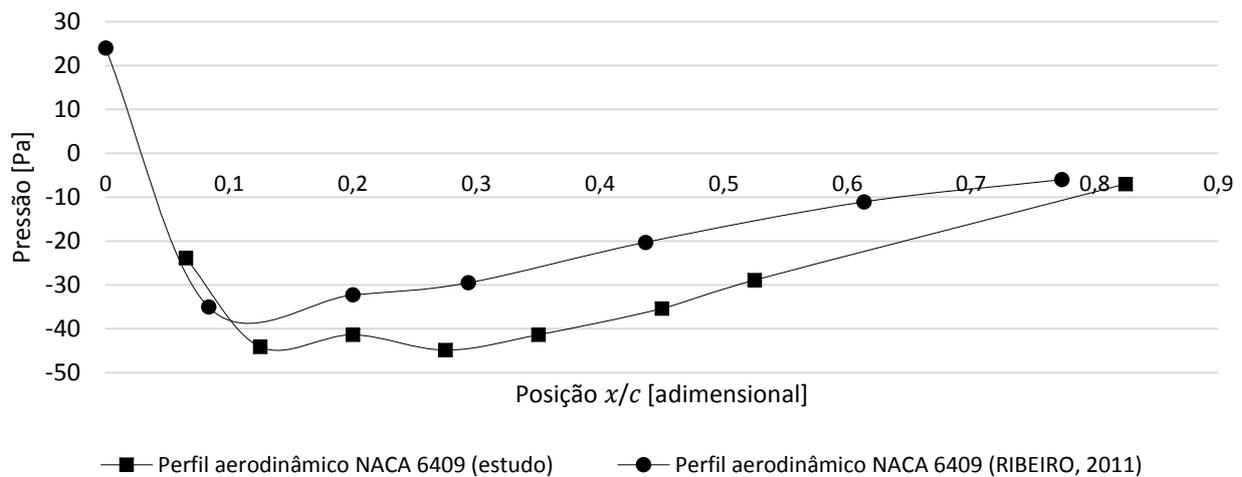


Figura 7 - Distribuição das pressões no extradorso ($\alpha = 12^\circ$).

Da mesma maneira, analisou-se as distribuições das pressões do intradorso, no ângulo de ataque 12° , apresentadas na Figura 8. O perfil aerodinâmico do estudo, na maioria das posições manteve pressões positivas e após a posição $x/c = 0,5$ uma brusca redução da pressão obtendo valores negativos. O comportamento do perfil aerodinâmico da literatura de Ribeiro (2011) apresentou-se com valores positivos (próximos a zero) na posição $x/c = 0,3$ e após a posição $x/c = 0,5$ tendência a pressões negativas.

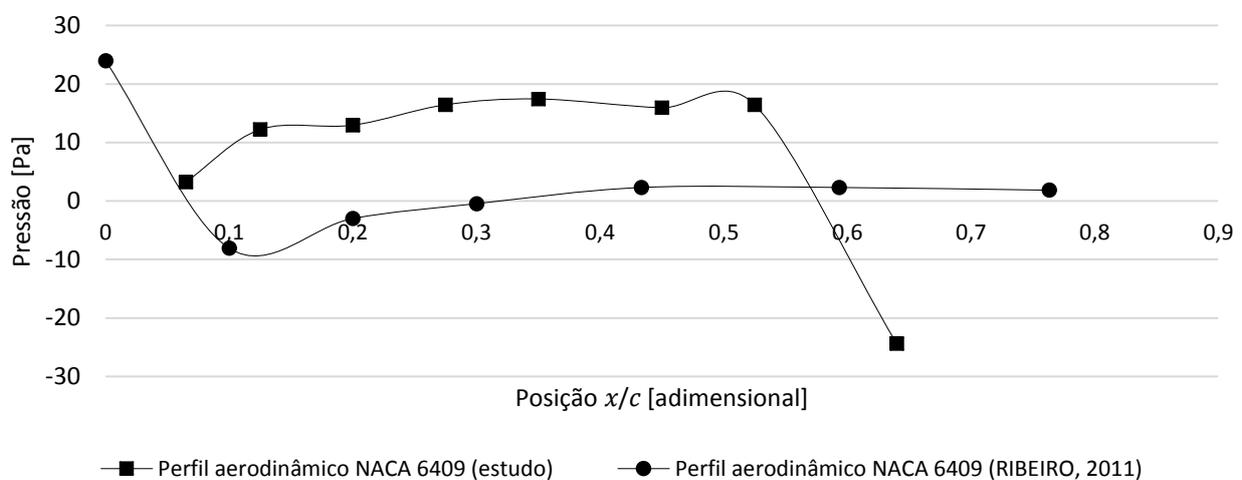


Figura 8 - Distribuição das pressões no intradorso ($\alpha = 12^\circ$).

Analisando o comportamento das pressões no intradorso, visualiza-se que no ângulo de ataque 0° as pressões do perfil aerodinâmico do estudo apresentaram-se na maioria dos pontos com valores maiores do que o perfil aerodinâmico da literatura de Ribeiro (2011), sendo que, para o ângulo de ataque de 12° as diferenças das pressões entre os perfis aerodinâmicos mostraram-se ainda mais expressiva ao longo de todas as posições (x/c). Também se percebe que o perfil aerodinâmico do estudo, apresenta um comportamento semelhante independente o ângulo de ataque, no qual, no final das posições a pressão obtém um crescimento e logo após tem uma brusca queda atingindo pressões negativas. Uma hipótese desde comportamento seria que a as posições a partir de $x/c = 0,5$ encontram-se na região de separação da camada limite, contudo seria mais provável acontecer no extradorso, onde o escoamento encontra uma maior dificuldade de escoamento (devido o ângulo de ataque) e a velocidade comparada com o intradorso é maior, sendo que o extradorso não apresenta este comportamento. Assim a hipótese é descartada, acreditando-se que as divergências das pressões

do intradorso podem ter sido influências por pequenas alterações no ângulo de ataque e nas distâncias entre os pontos de tomadas de pressões

Por fim, realizou-se a análise dos erros e incertezas, que obteve uma média de 6%. Contudo, destacou-se no ponto de número 2 (primeiro ponto do extradorso) obteve o erro de 25%, acreditando-se em um possível descuido no momento da coleta. A literatura de Ribeiro (2011) apresenta uma média de erros de 7,5%.

CONCLUSÕES

A análise possibilitou desenvolver uma seção de teste, aonde analisou-se experimentalmente a distribuição de pressão no perfil aerodinâmico NACA 6409, nos ângulos de ataque 0° e 12°, e por fim uma análise comparativa com o perfil aerodinâmico NACA 6409 da literatura de Ribeiro (2011).

Avaliando os resultados de um modo geral, notou-se que o perfil aerodinâmico do estudo e da literatura apresentaram divergências dos valores de pressões, destacando que a literatura apresenta um erro médio de leitura maior que o do estudo, podendo ser também uma das hipóteses das diferenças entre as pressões dos perfis aerodinâmicos. Contudo, constatou-se que os resultados das distribuições foram válidos, mesmo contendo algumas divergências, seguiram tendências semelhantes.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, I. H.; DOENHOFF, A. E. **Theory of wing sections**. 6. Nova Iorque: *Dover publications*, 1959.

LOZANO. *Slimmed down aircraft wing expected to reduce fuel and emissions by 50%*. 2017. *Ames Research Center*. Nova Iorque, 2017. <<https://www.nasa.gov/image-feature/ames/slimmed-down-aircraft-wing-expected-to-reduce-fuel-and-emissions-by-50>> . Acesso em 03 nov. 2017.

RIBEIRO, F. A. **Análise aerodinâmica de perfis de asa para aeronaves experimentais tipo JN-1**. 2011, 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

ANÁLISE DAS EMISSÕES DOS GASES EM UM MOTOR VW A AR CARBURADO CICLO OTTO EM RELAÇÃO ÀS PORCENTAGENS DE ETANOL NA GASOLINA

Aluno: Ronald Felipe Rodrigues

Orientador: Juliano Hawryluk

INTRODUÇÃO

O constante aumento nos níveis de poluição gerados por veículos automotores no Brasil fez com que programas como o PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores), coordenado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) de acordo com a Resolução nº 418/2009 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabeleça definições dos níveis de poluição destes veículos. Pesquisas e trabalhos realizados com motores ciclo Otto são conduzidos com o objetivo de analisar as emissões dos gases veiculares variando a porcentagem de etanol na gasolina. No entanto estes trabalhos foram executados em veículos com injeção eletrônica e de tecnologia mais avançada. Diante disso pretende-se desenvolver um embasamento teórico e prático referente à emissão de poluentes devido à alteração da mistura de etanol de 10%, 20%, 27% e 30% em um motor com alimentação por carburador e sem catalisador. Estes motores ainda perfazem uma grande fatia da porcentagem total de veículos no Brasil. As pesquisas buscam determinar se os níveis de emissão condizem com os limites aceitos pelas legislações atuais.

MATERIAL E MÉTODOS

Com objetivo de analisar a emissão dos gases poluentes em um motor Volkswagen a ar com alimentação por carburador, buscou-se utilizar equipamentos e software destinados a leitura dos valores de lambda e de parâmetros do motor para extração dos resultados baseados na Resolução do CONAMA nº 418, de 25 de Novembro de 2009. Os resultados extraídos passaram por análises gráficas e tratamentos estatísticos.

O motor utilizado para a pesquisa se encontrava totalmente desmontado no laboratório da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (Uri - Campus II). Antes de iniciar o procedimento de montagem do motor foram retificadas peças essenciais para o bom funcionamento do mesmo, logo após o motor foi montado seguindo os padrões de fábrica.

A gasolina e o etanol utilizados para confecção das amostras a serem utilizadas nos testes, foram adquiridas do mesmo fornecedor. Sendo elaboradas quatro diferentes amostras de combustíveis, cada uma com quantidades específicas de etanol misturado na gasolina:

- Amostra 01: Composição com 10% de etanol no combustível;
- Amostra 02: Composição com 20% de etanol no combustível;
- Amostra 03: Composição atualmente comercializada no país sendo 27% de etanol no combustível;
- Amostra 04: Composição com 30% de etanol no combustível

As medições foram realizadas seguindo os parâmetros estabelecidos pela instrução normativa do IBAMA nº 6, de 8 de junho de 2010, sendo esta a mais atualizada até o ano de 2017. Buscou-se manter os parâmetros do motor conforme estabelecido pelo manual e referente ao ano de sua fabricação. Os gases analisados foram monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (HC) e óxido de nitrogênio (NO_x).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios foram realizados no laboratório de motores (URI - Campus II), em duas etapas devido a refrigeração do motor não permitir a continuidade dos testes por mais de 2 horas quando montado em bancada. Os testes foram realizados nos dias 07 e 08 de junho de 2017, desta maneira as temperaturas nos dois dias variaram entre 12°C a 15°C.

As amostras testadas passaram por procedimentos de tratamento estatístico, para maior precisão dos resultados, os resultados das amostras estão abaixo:

- Amostra com 10% de etanol na gasolina obteve um valor lambda médio final de $0,829 \pm 0,01$.
- Amostra com 20% de etanol na gasolina obteve um valor lambda médio final de $0,831 \pm 0,02$.
- Amostra com 27% de etanol na gasolina obteve um valor lambda médio final de $0,834 \pm 0,01$.
- Amostra com 30% de etanol na gasolina obteve um valor lambda médio final de $0,838 \pm 0,01$.

Através dos dados apresentados anteriormente, foi possível determinar a interferência do aumento do etanol no combustível em relação ao valor de lambda e conseqüentemente nos níveis de emissão de gases poluentes. Com intuito de comparar as emissões referente a cada amostra estudada, foram elaborados gráficos relacionando os valores médios de lambda de cada amostra com os níveis de emissão específico em cada gás analisado.

A análise dos níveis de emissão para o monóxido de carbono (CO) apresentados em cada amostra de combustível, podem ser vistos na Fig. 1.

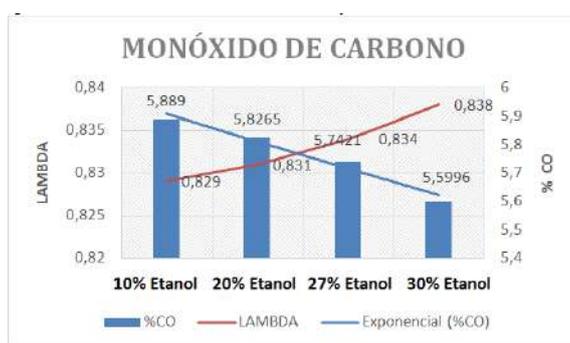


Figura 1 – Comparativo das emissões de CO em relação as amostras de combustível.

Pode-se observar no gráfico um decréscimo da emissão do monóxido de carbono (CO), conforme o valor de lambda aumenta em cada uma das amostras de combustível. Isto ocorre pelo fato de que a produção de monóxido de carbono está relacionada a riqueza da mistura ar/combustível, desta forma quanto mais rica a mistura haverá menos oxigênio para oxidar todos os átomos de carbono, formando o (CO).

Os níveis de dióxido de carbono emitidos em cada uma das amostras de combustível, estão apresentados em porcentagem na Fig. 2.

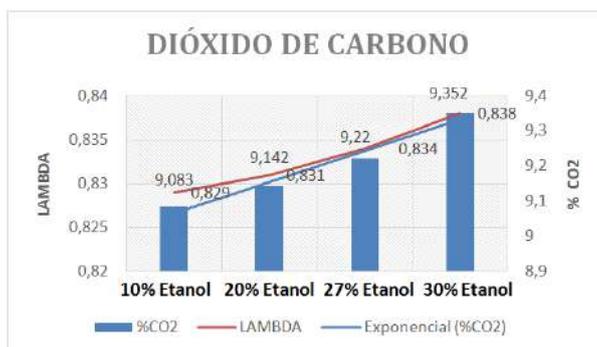


Figura 2 – Comparativos das emissões de CO₂ em relação as amostras de combustível.

Conforme demonstrado na Fig. 2 os níveis de emissão do dióxido de carbono CO₂ são máximos em misturas que se aproximam de $\lambda=1$ e tem seus níveis reduzidos em misturas mais ricas $\lambda>1$ e em misturas mais pobres $\lambda<1$, porém para misturas mais pobre a tendência é ser menor. Desta forma, analisando o gráfico da Fig. 2 pode ser identificado um aumento da emissão de CO₂ conforme o valor de lambda se aproxima $\lambda=1$, isto ocorre devido ao aumento da porcentagem de etanol no combustível.

A análise dos níveis de emissão de Hidrocarbonetos (HC) apresentados em cada amostra de combustível, podem ser vistos na Fig. 3.

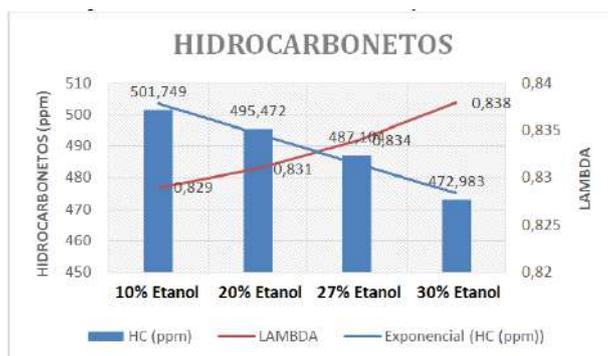


Figura 3 – Comparativos das emissões de HC em relação as amostras de combustível.

Os níveis de emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x) emitidos em cada uma das amostras de combustíveis estão apresentados na Fig. 4.



Figura 4 – Comparativos das emissões de NO_x em relação as amostras de combustível.

Segundo Manavella (2005), os níveis de NO_x se elevam na medida em que se aproxima de $\lambda = 1$. Sendo assim, em uma mistura muito rica ou muito pobre as emissões de NO_x tendem a diminuir. Na fig. 4 pode ser visto que ocorre um aumento nos níveis de NO_x conforme se adiciona etanol nas misturas de combustível.

Tendo como base os resultados das emissões dos gases mensuradas nos ensaios das amostras, foi elaborada uma tabela comparando as emissões obtidas de acordo com o estabelecido pela resolução 418/2009 do CONAMA, de 25 de novembro de 2009. Desta forma a análise comparativa apresentada nas Tabs. 1 e 2 onde são nomeados como aprovados os valores inferiores aos limites e reprovados se os valores foram superiores aos limites. A resolução relata somente os limites das emissões de CO e HC.

Tabela 1 - Análise comparativa das emissões de CO com a legislação.

	Amostra com 30% de etanol	Amostra com 27% de etanol	Amostra com 20% de etanol	Amostra com 10% de etanol	Limite de CO (%) em veículos até ano 1979
CO	5,6177	5,7565	5,8387	5,9002	6
Situação	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	

Tabela 2 - Análise comparativa das emissões de HC com a legislação.

	Amostra com 30% de etanol	Amostra com 27% de etanol	Amostra com 20% de etanol	Amostra com 10% de etanol	Limite de HC (ppm) em veículos até ano 1979
HC	474,5116	488,3235	496,4988	502,6257	700
Situação	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	

Apesar dos valores analisados serem aprovados de acordo com a resolução 418/2009 do CONAMA, de 25 de novembro de 2009 para veículos fabricados até 1979, em comparação com os valores da atualidade ainda são muito altos. Valores como o de CO corrigido dos testes com 30% de etanol, onde obtiveram os menores níveis com 5,6177%, nos dias atuais estariam reprovados em comparação com os veículos de fabricação de 2006 em diante onde os limites de CO corrigido são de 0,3%. O mesmo ocorre com os níveis de HC corrigido onde os níveis com 30% de etanol possuem 474,5116 ppm e para veículos com fabricação de 2006 em diante os limites de HC são de 100 ppm.

CONCLUSÕES

Com a comparação das amostras, pode-se concluir que para motor com alimentação por carburador, a adição do etanol no combustível traz vantagens referentes às emissões dos gases principalmente na amostra com 30% de etanol na gasolina, onde os níveis de emissões foram menores. Porém para este tipo de veículo com alimentação por carburador a utilização de porcentagens maiores de etanol traz inconvenientes, como a corrosão de borrachas e carburadores. Desgastes prematuros em componentes dos motores que estão em contato com etanol, também podem ocorrer.

Embora o motor analisado tenha passado nos testes referente às emissões de gases poluentes em comparação com os limites estipulados pela Resolução 418/2009 do CONAMA de novembro de 2009, fica evidente que motores com 20 anos ou mais e com tecnologias ultrapassadas ainda possuem emissões elevadas em comparação com veículos atuais. Estas emissões causam aquecimento global e fica evidente a necessidade de implantação de tecnologias que possam diminuir os níveis de emissões para este tipo de motores e desta forma podendo reduzir ainda mais os impactos ao meio

ambiente. Os resultados obtidos com a amostra de 30% de etanol, trouxeram resultados em que os níveis de emissões foram inferiores, além de manter o motor equilibrado e sem falhas a 2500 rpm, desta forma podendo ser uma opção para redução das emissões a longo prazo.

REFERÊNCIAS

BOSCH, R. Manual de Tecnologia Automotiva. 25. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

MANAVELLA, J.H. Análise de Emissão no Escape, 2015. Disponível em: <<http://hmutottron.eng.br/artigos/Gases&EmissoesPM.pdf>>. Acessado em: 05 nov. 2017.

MENDES, F.E. Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves no Brasil. 2004. 179f. Tese (Doutorado em Ciências de Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BRITO, H.P. Análise de Emissões Atmosféricas Geradas por Veículos Automotores em Natal - RN. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2005.