

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL Nesta edição

LOGÍSTICA REVERSA NO BRASIL: ANÁLISE DA RESPONSABILIDADE SOB A ÉGIDE DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – Priscila Elise Alves Vasconcelos; Alessandra Quintana Lopes; Paulo Sérgio Vasconcelos	08
ADMINISTRAÇÃO DE DESEMPENHO INSTITUCIONAL: RESULTADOS A PARTIR DAS PRÁTICAS DO CENTRO DE BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE – Rolf Hermann Erdmann; Beatriz Marcondes De Azevedo; Thiago Coelho Soares; Fred Leite Siqueira Campos	14
A TERCEIRIZAÇÃO NO BRASIL E SUAS REPERCUSSÕES SOBRE A PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO – Andreia Batista Peixoto	18
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO EM UM SETOR ADMINISTRATIVO DO INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS – CAMPUS SATUBA – Ribeiro, R.L.A.O.; Almeida, N. H. S.; Bandeira, Anselmo A.; Sartori, I.	24
O ESTÁGIO ATUAL DA REGULAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL – Gonçalves Pizaia; Marcia Regina Gabardo Da Camara; Irene Domenes Zapparoli	30
USO DA METODOLOGIA COMMONKADS E ONTOLOGIAS PARA MODELAGEM DO CONHECIMENTO LEGAL NECESSÁRIO PARA ELABORAÇÃO DE SENTENÇAS DE PROCESSOS DA ÁREA DA DEFESA DO CONSUMIDOR – Maurício José Ribeiro Rotta; Beatriz Marcondes De Azevedo; Fred Leite Siqueira Campos	36
PROCESSOS FORMATIVOS DE PROFESSORES ATRAVÉS DE AÇÕES INTERDISCIPLINARES E EXTRACURRICULARES: UM RELATO DO PET CIÊNCIAS NATURAIS – Wagner Dos Santos Mariano; Rodrigo Lustosa Da Cunha Rodrigues; Angla Alves Da Costa; Kamilla Pereira Da Silva; Amanda Lima Miranda; Júlia Santana Da Silva; Erik De Sousa Cruz; Raphael Mendes Rosa	42
USO DE FERRAMENTAS EDA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETRÔNICA DIGITAL – Leonardo Mesquita; José Marcelo De Assis Wendling Júnior	47
ESTUDO HEMATOLÓGICO DE TAMBAQUI (<i>Colossoma macropomum</i>) SUBMETIDO À CONCENTRAÇÃO SUBLETAL DE BIOPESTICIDA A BASE DE <i>Bacillus thuringiensis</i> – Wagner Dos Santos Mariano; Francisco Luís Gomes De Sousa; Marcos Tavares Dias; Rodrigo Lustosa Da Cunha Rodrigues; Saulo Borges De Azevedo; Jefferson De Oliveira Lima	54
RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE VEGETAÇÃO EM NASCENTES NO ASSESTAMENTO ITAÚNA, GOIÁS – Rodrigues, Adalberto Chaves; Solari, Raphael Alberto Fuhr; Roitman, Iris; Ribeiro, Rômulo José Da Costa; Jacobson, Tamiel Khan Baiocchi	59
EVALUATING THE USE OF TAVERNA TO IMPROVE REPRODUCIBILITY OF HTC IN SILICO EXPERIMENTS – Jonata Jeferson Andrade; Aldemon Lage Bonifacio; Igor De Oliveira Knop; Ciro De Barros Barbosa	72
COMPARAÇÃO DE RELATÓRIOS DE MERCADO ACERCA DE EMPRESAS LÍDERES NO FORNECIMENTO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE CONTEÚDO CORPORATIVO (ECM) – Ohashi, Fabio Kazuo; Mauro, Maria Helena; Gaspar, Marcos Antonio; Rodrigues, Huoston Batista; Magalhães, Fabio Falchi De; Cardoso, Marcos Vinicius	76

UMA ANÁLISE QUALITATIVA DOS MODELOS T-SHAPED E C.H.A. – Antonio Carlos Da Silva; Ivanir Costa; Ernani Marques Da Silva; Huoston Rodrigues Batista; Marcos Vinicius Cardoso; Fábio Luís Falchi De Magalhães	82
MODELING ELECTRICAL DISCHARGES IN DRY AIR – Lucas W S Crispim; Hallak, P. H.; Maikel Y Ballester	86
ANUÁRIO MATA ATLÂNTICA: SUBSIDIANDO POLÍTICAS E AÇÕES DE PROTEÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RECUPERAÇÃO DO BIOMA – Eliana C. Moraes-Santos; Clayton F. Lino	92
ANÁLISE DAS CHUVAS MÁXIMAS DIÁRIAS E DE 24 HORAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO – Fabíola De Souza Freitas; Mônica De Aquino Galeano Massera Da Hora; Bruno Pires Dumas	97
AVALIAÇÃO DO DANO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO A PARTIR DE UMA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL BASEADA NO MODELO DE MAZARS – Lahis Souza De Assis; Michèle Cristina Resende Farage; Flávia De Souza Bastos; Aldemon Lage Bonifacio	102
COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS SÍSMICOS – Sieira, A. C .C. F.; Kurz, T. P. G.; Santos Da Silva, J. G.	107
EFICIÊNCIA DA TÉCNICA DE CONSOLIDAÇÃO PROFUNDA RADIAL CPR GROUTING NO ENRIJECIMENTO DE SOLOS MOLES – Sieira, A. C .C. F.; Lima, A. P.; Chavão, A. O.; Gondariz, L. J. C.	112
LADEIRA DE SANTANA: DO DESLIZAMENTO EM 2013 À SITUAÇÃO ATUAL – Luciano Da Costa Castilhos; Mônica De Aquino Galeano Massera Da Hora	117
MAPEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÕES. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE LAJE DO MURIAÉ, ESTADO DO RIO DE JANEIRO – Pedro Retamal Weinem; Antonio Ferreira Da Hora	121
THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF LIGHTWEIGHT AGGREGATE COMPRESSIVE STRENGTH USING MANY-TASK COMPUTING – Aldemon Lage Bonifácio; Ciro De Barros Barbosa; Flávio De Souza Barbosa; Michèle Cristina Resende Farage	125
A INFLUÊNCIA DAS CARGAS DO CENTRO TECNOLÓGICO NA REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – Felipe Demuner Magalhães; Domingos Sávio Lyrio Simonetti	130
AVALIAÇÃO TÉCNICA DOS CENÁRIOS HARMÔNICOS EM CARGAS RESIDENCIAIS – Evanir O. De Souza; Anderson J.R. Oliveira; Luiz S. Moreira; Márcio Z. Fortes; Gilson B.A. Lima	135
HARMÔNICAS NA REDE RESIDENCIAL CAUSADAS POR SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO – Maria Fernanda Trujillo Leon; Oscar Armando Maldonado Astorga	141
IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLADOR MPPT NO LABVIEW UTILIZANDO O MÉTODO CONDUTÂNCIA INCREMENTAL – José Marcelo De Assis Wendling Júnior; Leonardo Mesquita	144
OTIMIZAÇÃO ROBUSTA APLICADA A PROGRAMAÇÃO DE GERADORES TERMELÉTRICOS INTEGRANDO ENERGIA EÓLICA COM INCERTEZA – Marcos Roberto Bombacini; Ademir Alves Ribeiro	150
A TERMOGRAFIA APLICADA À MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA A SECO – Tadeu Silva De Santana; Robson Da Silva Magalhães	155
VALIDAÇÃO DE MODELO DE CÉLULA A COMBUSTÍVEL DE MEMBRANA TROCADORA DE PRÓTONS EM AMBIENTE PSCAD/EMTDC – Amanda Loureiro Nascimento; Jussara Farias Fardin; Lucas Frizera Encarnação	161
ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG) DE FLUIDOS DE ARREFECIMENTO AUTOMOTIVO A BASE DE ETILENOGLICOL – Rony Oliveira De Sant'ana; Cleiton Rubens Formiga Barbosa Junior; Cleiton Rubens Formiga Barbosa; Osvaldo Chiavone-Filho; Fábio Augusto Da Silva Oliveira; Diego Araújo Lemos; Carla Naiana Pires Da Silva	167
BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO LEAN - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA – Christiane G. Lobato; Antonio Faria Neto; Caio Guazzelli	171

DOSAGEM DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO UTILIZANDO A FERRAMENTA COMPUTACIONAL DCAD – Ana Waldila De Queiroz Ramiro Reis; Margareth Da Silva Magalhães; Rodrigo Bird Burgos	176
INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE TANGENCIAL MÉDIA NA ESPECIFICAÇÃO DE BOMBAS DE CAVIDADE PROGRESSIVA PARA FLUIDOS ABRASIVOS – Carla Naiana Pires Da Silva; Cleiton Rubens Formiga Barbosa; Rony Oliveira De Sant'ana	182
O USO DE CAD 3D NO PLANEJAMENTO DA PROGRAMAÇÃO ON-LINE DE UMA OPERAÇÃO DE MONTAGEM USANDO ROBÔ PEGASUS – Rafael Rosenberg Santos; Felipe Alvares De Azevedo Macedo; Felyppe Laborde Marinho Santos; Luiz Paulo Gomes Ribeiro	185
OTIMIZAÇÃO DA POTÊNCIA CONSUMIDA EM UM IMPELIDOR DE PÁS INCLINADAS ATRAVÉS DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD) – Fernando Rodrigo Moro; Alexandre Marconi De Souza Da Costa	191
PONTES PÊNSEIS – BREVE HISTÓRICO E ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PRINCIPAIS – Guilherme De Mello Hernandez; Rodrigo Bird Burgos	196
POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DE MINERIAS E REJEITOS BRASILEIROS – Kely Regina Maximo Vieira; Gretta Larisa Aurora Arce Ferrufino; Ivonete Ávila; Vitor De Oliveira Fácio; João Andrade De Carvalho Jr.; Turibio Gomes Soares Neto	202
PRODUÇÃO DE BIOCHAR DE CASCA DE ARROZ POR PIRÓLISE LENTA – Vieira, F. R.; Luna, C. M. R.; Balestieri, F. M. P.; Barbosa, J. P. V.; Arce, G. L. A. F.; Ávila, I.	206
APLICAÇÃO DA ELETROFLOCULAÇÃO COMO MÉTODO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA FLEXOGRAFIA – José Carlos Drodowski; Itamar Gili; Atilano Antonio Vegini; Lorena Benathar Ballod Tavares	211
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO PARA DETERMINAÇÃO DE CLORANFENICOL EM ÁGUAS NATURAIS – Márcio Ricardo Rodrigues Gomes; Samuel De Jesus Lins Machado Filho; Anastácio Pinto Gonçalves Filho; Luciana Bitencourt Oliveira; Elaine Meneses Souza Lima	216
COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DE MUNICÍPIOS CONSORCIADOS DO AGRESTE E MATA SUL DE PERNAMBUCO – Fernando Henrique Ferreira De Alves Melo; Derovil Antônio Dos Santos Filho; Maria Odete Holanda Mariano; Samuel De Jesus Lins Machado Filho; Anastácio Pinto Gonçalves Filho	221
ESTIMATIVA DE DADOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO A PARTIR DA MODELAGEM MATEMÁTICA: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU – Danilo Duarte Costa E Silva; José Geraldo De Vasconcelos Baracuh; Wilson Fadlo Curi; Henrique Chaves	227
A EXPANSÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ÁREA DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS – Nayron Almeida; Ricardo Ribeiro; Isabel Sartori; Marcelo Embiruçu	230
ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO EM MANUTENÇÃO COM BASE EM PLATAFORMA BPMS – Guinther Kovalski Da Costa; Reginaldo Borges; Osiris Canciglieri Júnior; Eduardo Alves Portela Santos; Eduardo De Freitas Rocha Loures	235
APLICABILIDADE DA FERRAMENTA SOLVER PARA O AUMENTO DA MARGEM MARK-UP: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE VESTUÁRIO – David Barbosa Souza Junior; Sergio Luiz Braga Franca	241
ASSISTÊNCIA TÉCNICA NO VAREJO DE MÓVEIS: OTIMIZAÇÃO DO SERVIÇO POR MEIO DA GESTÃO DE PROJETOS – Vitor Nascimento De Meneses; Solana Carlos Frasão; Francisco Das Chagas Marques De Araujo Filho; Herik Geovanny De Azevedo Carvalho; Kasciano Pires De Sousa	247
CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP) PARA ANÁLISE DE ATRASOS DE ENTREGAS: UM ESTUDO EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ANÁPOLIS/GO – Paulo Henrique Dos Santos; Solange Da Silva; Nilson Carvalho Da Mata; Simone Maria Moura Mesquita	253
FATORES CRÍTICOS EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS: UMA ABORDAGEM NA GESTÃO PÚBLICA EDUCACIONAL TECNOLÓGICA – Nayron Henrique Santana Almeida; Isabel Sartori; Marcelo Embiruçu	259

MODELO MATEMÁTICO PARA RESOLVER O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE TURNOS DE FUNCIONÁRIOS: UM CASO REAL – Mayara Alves Barrel; Rafael Correia Moreira; Alexandre Xavier Martins .	265
PRINCÍPIOS DA QUALIDADE NO SISTEMA DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO – SGSST – Linardy De M. Sousa; Pedro Luiz De O. Costa Neto; Thaís R. Ibiapino; Carla S. P. Portela; Nayguel Richel De Souza Lima	271
PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE COMAKERSHIP: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DO PERÍODO DE 1987 ATÉ 2016 – Paulo Henrique Dos Santos; Solange Da Silva; Nilson Carvalho Da Mata; Simone Maria Moura Mesquita	277
SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA: ANALISANDO OS MÉTODOS ADOTADOS EM UMA EMPRESA METAL MECÂNICA – Marcus Alexandre Buarque Da Silva; Manoel Messias Domingos Da Silva; Genivaldo Wanderlei Rocha; Roberto De Araujo Alécio	283
UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE VALOR PELO CLIENTE: UM ESTUDO DE CASO EM UM SERVIÇO SUBSCRIÇÃO – Ana Luisa Dias Ribeiro; Andrea Cristina Dos Santos	288
LIMITES DE DESEMPENHO DO CONTROLE LQG/LTR PARA UMA CLASSE DE SISTEMAS DE FASE NÃO MÍNIMA – Cleverson F. Oliveira; Fernando H. D. Guaracy; Luís H. C. Ferreira	294
APLICAÇÃO DO FILTRO DE DIFERENCIAÇÃO DE SAVITZKY-GOLAY NA DETECÇÃO DE COMPLEXOS QRS EM SINAIS DE ECG – Erica N. Nishida; Luis H. C. Ferreira; Odilon O. Dutra	298
ANÁLISE DE FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE UM POTENCIAL DE AÇÃO ESPONTÂNEO – Daniele Pires Magalhaes; Rodrigo Weber Dos Santos	304

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-1	<p>LOGÍSTICA REVERSA NO BRASIL: ANÁLISE DA RESPONSABILIDADE SOB A ÉGIDE DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS</p> <p>REVERSAL LOGISTICS IN BRAZIL: ANALYSIS OF RESPONSIBILITY UNDER THE NATIONAL SOLID WASTE POLICY</p> <p>Priscila Elise Alves Vasconcelos; Alessandra Quintana Lopes; Paulo Sérgio Vasconcelos</p>
6-2	<p>ADMINISTRAÇÃO DE DESEMPENHO INSTITUCIONAL: RESULTADOS A PARTIR DAS PRÁTICAS DO CENTRO DE BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE</p> <p>INSTITUTIONAL PERFORMANCE MANAGEMENT: RESULTS FROM THE PRACTICES OF UNIVERSITY OF BIOTECHNOLOGY CENTER EDUARDO MONDLANE</p> <p>Rolf Hermann Erdmann; Beatriz Marcondes De Azevedo; Thiago Coelho Soares; Fred Leite Siqueira Campos</p>
6-2	<p>A TERCEIRIZAÇÃO NO BRASIL E SUAS REPERCUSSÕES SOBRE A PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO</p> <p>OUTSOURCING IN BRAZIL AND ITS REPERCUSSIONS ON THE PRECARIOUSNESS OF WORK</p> <p>Andreia Batista Peixoto</p>
6-2	<p>APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO EM UM SETOR ADMINISTRATIVO DO INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS – CAMPUS SATUBA</p> <p>THE APPLICATION OF QUALITY TOOLS: A CASE STUDY IN AN ADMINISTRATIVE SECTOR OF THE FEDERAL INSTITUTE OF ALAGOAS - CAMPUS SATUBA</p> <p>Ribeiro, R.L.A.O.; Almeida, N. H. S.; Bandeira, Anselmo A.; Sartori, I.</p>
6-3	<p>O ESTÁGIO ATUAL DA REGULAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL</p> <p>STAGE CURRENT REGULATION OF WATER RESOURCES IN BRAZIL</p> <p>Marcia Gonçalves Pizaia; Marcia Regina Gabardo Da Camara; Irene Domenes Zapparoli</p>
6-7	<p>USO DA METODOLOGIA COMMONKADS E ONTOLOGIAS PARA MODELAGEM DO CONHECIMENTO LEGAL NECESSÁRIO PARA ELABORAÇÃO DE SENTENÇAS DE PROCESSOS DA ÁREA DA DEFESA DO CONSUMIDOR</p> <p>USING THE COMMONKADS METHODOLOGY AND ONTOLOGIES FOR MODELING THE LEGAL KNOWLEDGE NECESSARY FOR PREPARATION OF JUDGMENTS OF PROCESSES IN THE AREA OF CONSUMER PROTECTION</p> <p>Maurício José Ribeiro Rotta; Beatriz Marcondes De Azevedo; Fred Leite Siqueira Campos</p>

7-8	<p>PROCESSOS FORMATIVOS DE PROFESSORES ATRAVÉS DE AÇÕES INTERDISCIPLINARES E EXTRACURRICULARES: UM RELATO DO PET CIÊNCIAS NATURAIS</p> <p>TRAINING PROCESSES OF TEACHERS THROUGH INTERDISCIPLINARY AND EXTRACURRICULAR ACTIONS: A REPORT OF PET NATURAL SCIENCES</p> <p>Wagner Dos Santos Mariano; Rodrigo Lustosa Da Cunha Rodrigues; Angla Alves Da Costa; Kamilla Pereira Da Silva; Amanda Lima Miranda; Júlia Santana Da Silva; Erik De Sousa Cruz; Raphael Mendes Rosa</p>
7-8	<p>USO DE FERRAMENTAS EDA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETRÔNICA DIGITAL</p> <p>THE USE OF EDA TOOLS IN TEACHING AND LEARNING PROCESS OF DIGITAL ELECTRONICS</p> <p>Leonardo Mesquita; José Marcelo De Assis Wendling Júnior</p>

LOGÍSTICA REVERSA NO BRASIL: ANÁLISE DA RESPONSABILIDADE SOB A ÉGIDE DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

REVERSAL LOGISTICS IN BRAZIL: ANALYSIS OF RESPONSIBILITY UNDER THE NATIONAL SOLID WASTE POLICY

PRISCILA ELISE ALVES VASCONCELOS¹; ALESSANDRA QUINTANA LOPES¹; PAULO SÉRGIO VASCONCELOS¹

1 - UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - UFGD

prisvascon@gmail.com; le_s.lopes@hotmail.com; paulosvasconcelos@ufgd.edu.br

Resumo - Este artigo traz uma análise sobre alguns aspectos ambientais da realidade jurídico-industrial no Brasil, trazida ao ordenamento jurídico pátrio para uma aplicação e proteção mais eficiente do meio ambiente, sendo o objeto de análise a logística reversa. A análise das técnicas de logística reversa previstas na política nacional de resíduos sólidos, Lei nº 12.305/2010, deve ser apreciada como forma de tornar a indústria mais sustentável (pilares ambiental, econômico e social), além de abordar as políticas públicas inerentes. É imprescindível uma abordagem sobre a responsabilização ambiental das empresas durante todo o ciclo de vida do produto, no processo reverso, de forma a fomentar a melhor preservação do meio ambiente através das medidas legais cabíveis.

Palavras-chave: logística reversa, responsabilidade ambiental, legislação.

Abstract - This article presents an analysis of some environmental aspects of the legal-industrial reality in Brazil, brought to the national legal order for a more efficient application and protection of the environment, being the object of analysis the reverse logistics. The analysis of the reverse logistics techniques foreseen in the national solid waste policy, Law No. 12,305 / 2010, should be appreciated as a way to make the industry more sustainable (environmental, economic and social pillars), as well as addressing the inherent public policies. An approach to corporate environmental responsibility throughout the product life cycle in the reverse process is imperative in order to promote better environmental preservation through appropriate legal measures.

Keywords: reverse logistics, environmental liability, legislation.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre dois temas de grande relevância ao estudo do Direito Ambiental na área empresarial: a logística reversa e a responsabilidade.

O primeiro deles, a Logística Reversa, trazida ao nosso ordenamento jurídico pela lei federal sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº. 12.305/2010, é abordada de forma a correlacionar sua aplicabilidade no Brasil e no exterior, seus principais aspectos, além do estudo sobre a responsabilização empresarial, assunto de extrema relevância.

O segundo tema é a Responsabilidade Ambiental. Acerca da responsabilidade, é demonstrada sua evolução

histórica no Brasil e no mundo, as primeiras legislações que a previram, além de uma análise no seu tríplice aspecto, englobando as áreas cível, penal e administrativa. São demonstradas também a pertinência e importância do tema junto à doutrina brasileira, além do entendimento dos Tribunais Superiores, com um enfoque na jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça.

Por fim, uma correlação entre os temas é realizada, principalmente abordando a questão da responsabilidade compartilhada trazida ao ordenamento pátrio em 2010, com a apresentação de questões relevantes sobre os temas, problemas do cotidiano, além de uma discussão para a busca de soluções das questões pendentes.

Sendo uma temática de alta relevância, quando a preocupação com a preservação ambiental é crescente, será demonstrado o estágio atual da aplicação da técnica de reciclagem nos municípios brasileiros.

Dentre os objetivos deste trabalho, destaca-se que as técnicas de logística reversa aplicadas corretamente podem trazer ganhos às indústrias nacionais, ultrapassando a esfera ambiental. Além disso, a verificação de técnicas de reutilização e reaproveitamento, reciclagem, descarte correto, dentre outras, podem trazer benefícios econômicos significativos, o que resulta no impacto positivo não só ao meio ambiente como também a economia.

Importante destacar que a existência e efetividade de políticas públicas além da preocupação da sociedade com relação às questões ambientais vêm promovendo a adesão das organizações à implantação de sistemas de gestão de resíduos, com adequação aos mecanismos legais que consideram a necessidade de minimizar os problemas relativos à degradação ambiental (ALMEIDA, 2012). Por isso a relevância do presente estudo.

II. PROCEDIMENTOS

2.1. Logística Reversa

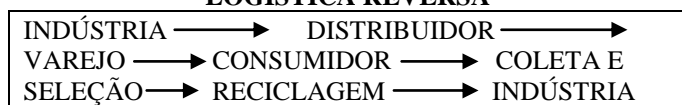
Logística reversa é uma temática cuja análise está em crescente ascensão, principalmente quando o assunto diz respeito à proteção ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Todavia, é preciso constatar que esse tema já vem sendo aplicado por muitas empresas, antes mesmo do seu surgimento no ordenamento jurídico brasileiro, ocorrido em 2010 através da Lei no. 12.305/2010.

Para Fiorillo (2015), a logística reversa é trazida como uma forma de gerenciamento dos resíduos sólidos, tendo como base os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações da Política Nacional do Meio Ambiente (1981).

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), logística reversa foi trazida dentro de um contexto político para desenvolvimento urbano dos municípios brasileiros, utilizando-se como premissa o dever constitucional (1988). Fiorillo (2015) complementa no sentido que a Constituição da República além de ordenar o desenvolvimento das funções sociais, vincula à ordem econômica do capitalismo trazidos no texto maior (1988).

O processo de logística reversa tem a sua operação baseada em três pilares: consumidor, operador logístico e o comerciante ou fabricante. Demonstra-se a operação do processo na Figura 01:

LOGÍSTICA REVERSA



Fonte: Canal (2015)

No ordenamento jurídico estrangeiro, países como a Alemanha e Japão, possuem legislação específica sobre o tema desde o início da década de 90, com previsão para reciclagem, reutilização de embalagens, proibição de uso de sacolas plásticas, como pode ser visto na Tabela 01:

Tabela 01: - Legislação em outros países.

ALEMANHA	
Legislação	Objeto
Legislação sobre reciclagem – 1991	Reciclagem de embalagens e produtos duráveis
Lei sobre reciclagem – 1992	Obrigatoriedade de reciclagem de embalagens secundárias
New approach standard – 1992	Reutilização e Reciclagem para embalagens (60% reciclagem e 90% para captura de resíduos sólidos), etiquetas ecológicas, regras de incineração, etc.
Reciclagem de automóveis – 1996 – juntamente com Holanda e França	Definição de sistemas de reciclagem, passando a responsabilidade de governos para as companhias automobilísticas.
JAPÃO	
Legislação	Objeto
Lei da Reciclagem de Automóveis – 1991 e 1997	Transferência da responsabilidade de reciclagem de automóveis.

Fonte: Pereira (2012)

No Brasil, no tocante à preocupação social acerca da proteção ambiental, houve um crescimento considerável a partir da década de 80, diante do crescimento dos resíduos

sólidos (lixos) nos grandes centros urbanos, além de ser uma época onde se iniciava o incentivo ao uso de embalagens e produtos descartáveis. Iniciou-se, assim, uma fase de conscientização da sociedade com relação à preservação ambiental. Nessa mesma época, já existia a prática de logística reversa com as embalagens retornáveis, como as garrafas de vidro de refrigerante, cerveja e leite, porém ainda não com essa nomenclatura.

A partir de 1998, com o advento do Programa Brasileiro de Reciclagem pelo Ministério da Indústria e Comércio, iniciou-se o incentivo a coleta seletiva domiciliar, a obrigatoriedade dos fabricantes e distribuidores de produtos agroveterinários e pneumáticos pela coleta de embalagens e produtos pós-consumo, além do incentivo com uma tributação diferenciada às atividades de reciclagem de materiais.

Ainda era muito pouco se comparado ao cenário mundial, onde a preocupação com o meio ambiente atinge um patamar considerável a partir da década de 70. Conforme Felizardo e Hatakeyama (2005), a conceituação mais antiga sobre logística reversa data do início dos anos 70, com enfoque no processo inverso, sendo o objetivo maior atender as necessidades de recolhimento de materiais advindos do pós-consumo e pós-venda.

Felizardo e Hatakeyama (2005) destacaram a logística reversa enfatizando aspectos de técnicas de reciclagem e suas vantagens para o meio ambiente, já existentes ao final dos anos 70, além dos aspectos econômicos e da importância dos canais reversos para retorno e tratamento de efluentes.

Com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010, Lei n. 12.305/2010, houve a regulamentação e regularização das práticas envolvendo logística reversa, como forma de reduzir a produção de resíduos a serem descartados, transformando-os em novos insumos a serem utilizados no mercado, influenciando diretamente nas esferas econômica, ambiental e social.

Acerca da responsabilização ambiental, a demonstração de sua evolução histórica no Brasil e no mundo, as primeiras legislações que a previram, além de uma análise no seu triplice aspecto, englobando as áreas cível, penal e administrativa têm grande relevância nesta temática. A responsabilidade compartilhada não pode deixar de ser analisada, sendo um instituto trazido ao nosso ordenamento jurídico em 2010, por expressa previsão legal (Lei no. 12.305/2010).

Grande relevância há na análise envolvendo as políticas públicas existentes hoje no Brasil. A legislação ambiental vem apresentando papel de destaque no ordenamento brasileiro, principalmente no tocante à responsabilização das empresas sobre todo o ciclo de vida do produto. Não é mais satisfatório apenas a entrega do produto final ao consumidor. A atual preocupação se encontra também na forma de realização do descarte, nos resíduos produzidos, que exercem grande influência na geração de impactos ambientais. Com o advento de políticas públicas de incentivo, seja no aspecto tributário, social e outros, haverá uma maior adesão formal por parte das indústrias que visualizarão oportunidades significativas para desenvolverem atividades de forma regular.

Percebe-se, portanto, que se trata de assuntos altamente interligados e que precisam ser analisados para gerar não só informações pertinentes como necessárias a contribuir positivamente no desenvolvimento do setor industrial.

Apesar da lacuna de aproximadamente 20 anos, o tema logística reversa, trazida ao nosso ordenamento jurídico pela lei federal sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), é abordada de forma a correlacionar sua aplicabilidade no Brasil em comparação com outros países, bem como seus principais aspectos (VASCONCELOS, 2014).

Segundo o MMA (2016), através do Levantamento do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2014, apenas 23,7% dos municípios brasileiros possuem sistema de coleta seletiva, sendo o percentual irrisório de 2% o que efetivamente é destinado à reciclagem. Consta ainda que 32,4% dos municípios não declararam informações acerca do procedimento.

A doutrina jurídico-ambiental costumava conceituar logística reversa com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado, como um processo de planejamento, implementação e controle de fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem (LACERDA, 2000).

Quando da análise de aplicação da logística reversa em países como Alemanha e Japão, perfaz-se demonstrados através de estudos científicos realizados e publicados, o quanto a técnica é benéfica para o balanço contábil e econômico das indústrias envolvidas (VASCONCELOS, 2014; PEREIRA, 2012).

Conforme Leite (2003), nos Estados Unidos, o fluxo de produtos que retornam por meio do canal reverso é crescente. Acerca dos valores, aproximadamente 35 bilhões de dólares/ano, que perfaz um percentual de 0,5% da produção bruta americana, são provenientes do retorno ao ciclo produtivo de produtos pós-consumo. Destaca, ainda, o índice percentual de retorno desses produtos por ramo de atividade (Tabela 02):

Tabela 02 - Ramos de atividade.

• Empresas que editam revistas	- 50%
• Empresas que editam livros -	20-30%
• Empresas que fazem distribuição de livros -	10-20%
• Empresas que fazem distribuição de eletrônicos -	10-12%
• Empresas que fabricam computadores -	10-20%
• Empresas que fabricam CD-Rooms -	18-25%
• Impressoras para computador	- 4-8%
• Produtos para a indústria de autopeças -	4-6%

Fonte: Leite (2003)

Imprescindível destacar que no processo inverso da logística se inicia dos produtos pós-venda ou do próprio consumidor daquele produto. Para aqueles produtos que possuem condições de reaproveitamento e serem transformados em novas matérias primas para consumo, é necessário passarem por um processo de reforma ou inserção em mercados secundários, além de poderem retornar direto para o processo de produção, como ocorre, por exemplo, com a reciclagem das matérias que os compõem (LEITE, 2003).

Recentemente, em maio de 2016, no município de São Paulo, começou a ser implementado um projeto de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos (MAXPRESS, 2016). Denominado de *descarte ON*, é resultado de uma parceria entre Brasil e Japão, sendo um programa piloto dentro do Projeto para Melhoria da Logística Reversa de REEE (Resíduos Eletroeletrônicos) no Brasil.

2.2. Responsabilidade Ambiental

Acerca da responsabilidade ambiental, o seu estudo é feito comparando a evolução histórica no Brasil e no mundo, além de uma análise de seu tríplice aspecto, envolvendo as áreas cível, penal e administrativa. O foco principal está na jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça (VASCONCELOS, 2014).

No Brasil, desde a década 1980, houve o início de uma fase de conscientização da sociedade com relação à preservação ambiental, muito influenciado pela regulamentação da Política Nacional de Meio Ambiente, através da Lei 6.938/81.

Em 1998, com o início do Programa Brasileiro de Reciclagem pelo Ministério da Indústria e Comércio, um novo marco histórico na legislação ambiental brasileira surge através de uma política sobre resíduos sólidos, iniciando-se o incentivo a coleta seletiva domiciliar, a obrigatoriedade dos fabricantes e distribuidores de produtos agroveterinários e pneumáticos pela coleta de embalagens e produtos pós-consumo, além do incentivo com uma tributação diferenciada às atividades de reciclagem de materiais (Vasconcelos, 2014).

Destaca-se que, atualmente, em grande parte das empresas de médio e grande porte, apenas são realizados as técnicas de logística reversa para os produtos elencados na lei, como, por exemplo, embalagens de agrotóxicos, lâmpadas fluorescentes, pneus, pilhas e baterias (artigo 33 da lei 12.305/2010).

Apesar de existirem técnicas diversas de uso sustentável, o número de empresas que a desenvolveram, no Brasil, ainda é pequeno quando comparado com outros países. Em muitos casos, trata-se de empresas cujas matrizes se encontram no exterior e trazem tais políticas para o âmbito interno, influenciadas pela própria cultura interna da empresa.

Dentre as empresas de alto renome no Brasil, que utiliza técnicas de logística reversa buscando o *status* de empresa sustentável, está a AMBEV - Companhia de Bebidas das Américas. Localizada no Estado do Rio de Janeiro, a empresa utiliza o reuso de água como forma de resfriamento dos tanques, possui estações de tratamento de efluentes (ETE's), utiliza a biomassa e biogás como forma de reduzir a emissão de CO₂, dentre outras técnicas (AMBEV, 2012).

No que tange à responsabilização das empresas, será demonstrado através de julgados oriundos dos Tribunais Superiores, o quanto relevante é a matéria para o Direito e como é imprescindível o respeito à legislação.

III. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Numa visão universal, Razzolini Filho e Berté (2009) e Campos (2007) trazem os conceitos mais recorrentes de logística reversa do *Reverse Logistics Executive Council* (RLEC) e *Council of Logistic Management* (CLM), que assim o definem:

“A atividade de planejamento, execução e controle do fluxo de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados (bem como os fluxos de informações relacionados), do ponto de consumo ao ponto de origem, de forma eficiente e eficaz, visando recapturar o valor ou destinar à eliminação adequada, cuidando do impacto dos custos

relacionados a esse processo”. (REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL – RLEC, 2007)

“Logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens”. (COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT – CLM, 1993)

A logística reversa tem por preocupação o manuseio e gerenciamento de equipamentos, produtos, componentes e materiais a serem recuperados. Para sua efetivação, há, por exemplo, o processo de reciclagem para a recuperação de determinados produtos. Grande relevância foi recebida no mundo empresarial a partir do momento que se constatou o quanto rentável poderia ser tal procedimento, agregando valores ambientais, melhor competição no mercado e uma imagem corporativa positiva.

A logística reversa funciona na parte final da cadeia, quando os produtos já se encontram no usuário final e há um novo consumo ou reaproveitamento. Há assim um fluxo reverso de materiais.

Apesar da nomenclatura logística reversa ser recente, o seu real objetivo vem sendo buscado tanto no Brasil como no mundo há muitos anos. A doutrina costumava conceituá-la como um “processo de planejamento, implementação e controle de fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado” (LACERDA, 2000).

Destaca-se que a importância da logística reversa não se limita ao aspecto econômico. Pelo contrário, trata-se de questão envolvendo a saúde pública, meio ambiente, economia entre outros, sendo um verdadeiro ciclo produtivo ao avesso.

A grande vantagem da logística reversa está relacionada à própria sociedade, além, claro, do meio ambiente. Dentre suas vantagens, pode-se citar a possibilidade de retorno de resíduos sólidos para as empresas de origem (o que evita a contaminação do solo, mares e rios), permitindo a economia nos processos produtivos das empresas (há uma redução no consumo de matérias-primas), criando uma responsabilidade compartilhada para o destino dos resíduos sólidos (incluindo aqui o Poder Público), além das indústrias passarem a usar tecnologia mais limpas, e, por conseguinte, visando a reutilização, criando embalagens que sejam mais facilmente recicláveis.

Dentre os fatores preponderantes para a aplicação da logística reversa, há os fatores econômicos (custo de produção), governamentais (legislação e política do meio ambiente), responsabilidade corporativa (comprometimento das empresas fabricantes com a coleta de seus produtos ao final da vida útil), tecnológicos (avanços tecnológicos de reciclagem e projetos de produtos com finalidade de reaproveitamento após descarte), logísticos (aspectos logísticos da cadeia reversa), e, por fim, os sociais (governo, empresas, intermediários e sociedade).

A Lei 12.305/2010 trouxe algumas inovações ao nosso ordenamento jurídico. Dentre elas, podemos destacar a proibição de lixões (o que resultou inclusive no fim do lixão

de Jardim Gramacho, em Duque de Caxias/RJ), a atribuição da responsabilidade às indústrias pela destinação dos resíduos sólidos por elas produzidos, a inclusão social das organizações de catadores, a logística reversa, a responsabilidade compartilhada, previsão de planos de resíduos sólidos, e, a responsabilidade quanto ao condicionamento correto do lixo nos casos de coleta seletiva.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trouxe, ainda, alguns princípios gerais do Direito Ambiental. Podemos destacar os princípios da prevenção, precaução, do poluidor-pagador, do protetor-pagador, do desenvolvimento sustentável, da razoabilidade e proporcionalidade, todos esses muito discutidos quando da realização da Agenda 21 - conjunto de resoluções tomadas na Conferência Internacional Eco-92 -, realizada no ano de 1992 pela ONU (Organização das Nações Unidas), no Rio de Janeiro, com a participação de aproximadamente 180 países.

Dentre os seus objetivos, a PNRS aborda além da questão da logística reversa a **responsabilidade compartilhada** do ciclo de vida dos produtos e o acordo setorial (artigo 33 da lei 12.305/2010).

Na responsabilidade compartilhada há a imputação aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes da obrigação de estruturar e implementar sistemas de retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

O legislador, através do instituto da responsabilidade compartilhada, buscou a efetividade no processo de reversão envolvendo materiais como pilhas, baterias, pneus, lâmpadas, eletroeletrônicos, além de outros.

Para se tornar efetiva, é necessário a existência de termos de regulamento, acordos setoriais e termos de compromisso a serem firmados pelas empresas junto ao Poder Público, podendo estendê-las a outras empresas que fabriquem produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro além de outros produtos e embalagens, conforme o seu impacto à saúde e ao meio ambiente, sendo valorados pelos órgãos ambientais e relacionados à saúde pública (artigo 33, parágrafo 1º da lei 12.305/2010).

Com relação à jurisprudência do Egrégio Superior Tribunal de Justiça, pode-se destacar julgamentos acerca da responsabilidade ambiental, onde admite a aplicação da inversão o ônus da prova (prática comum no direito consumeirista envolvendo questões probatórias, artigo 6º. do Código de Proteção e Defesa do Consumidor, Lei 8.078/90) nas ações de reparação de danos ambientais.

O fundamento desta permissão está no interesse público da reparação e no princípio da precaução, sendo uma técnica de julgamento quando existir dúvida probatória, pois poderá ser imputado ao suposto poluidor o ônus de comprovar que inexistente dano ambiental a ser reparado, ou, se existente, que este não foi de sua autoria. Neste sentido: Recursos Especiais 972.902 e 1.060.753-SP, ambos julgados em 2009.

Destaca-se ainda julgado do Superior Tribunal de Justiça que dispensou a existência de nexo de causalidade quando da apuração da responsabilidade ambiental. Isso ocorreu no Recurso Especial 650.728, de 2007, onde a Corte Superior alegou que para o fim de apuração o nexo de causalidade no dano ambiental, equipara-se quem faz, quem não faz quando deveria fazer, quem não se importa que

façam, quem financia para que façam, e quem se beneficia quando outros fazem.

Ainda é possível encontrar julgados do Superior Tribunal de Justiça, onde há a aplicação clara da Teoria do Risco Integral, sendo a responsabilidade civil objetiva na sua modalidade mais forte, onde não se quebra o vínculo causado pelo fato de terceiro, caso fortuito ou força maior. No Recurso Especial 442.586, julgado em 2002, o STJ é claro ao dispor que a responsabilidade é pela adoção da teoria do risco integral e que as discussões *inter partes* é que deveriam discutir culpa e o direito de regresso.

IV. CONCLUSÃO

Sabemos que a logística reversa está relacionada com a destinação de produtos e materiais já descartados pelo consumidor final, evitando assim a criação de novos resíduos e incentivando uma maior preocupação com o meio ambiente. Há aqui o retorno de bens de pós-consumo ao ciclo produtivo, diminuindo o acúmulo de lixo industrial a ser descartado. Pode-se, portanto, relacionar a logística reversa como uma importante ferramenta para a preservação ambiental (CHAVES E MARTINS, 2005). Por conseguinte, houve assim um aumento considerável de consciência ecológica do consumidor, que passa a valorizar produtos advindos de empresas com maior preocupação ambiental.

Pela análise da Lei 12.305/2010, o objetivo é contribuir para a redução dos resíduos sólidos por meio de estratégia de retorno dos produtos à indústria após o consumo, sendo a logística reversa um dos meios mais eficientes, práticos e economicamente viáveis para o alcance deste objetivo. O modelo em questão tem suporte na coleta seletiva, onde os resíduos são previamente segregados, conforme a constituição ou composição, sendo posteriormente encaminhado à reciclagem, o destino-fim.

A contribuição para a redução de resíduos é o maior objetivo, sendo uma gestão positiva economicamente e ambientalmente sustentável, além de estimular as boas iniciativas de empresas e da população por meio de medidas preventivas e educativas.

A atual legislação ambiental vem apresentando papel de destaque no ordenamento jurídico pátrio, principalmente no tocante à responsabilização das empresas sobre todo o ciclo de vida do produto. Não é mais satisfatória apenas a entrega do produto final ao consumidor. A preocupação hoje se encontra também no descarte, nos resíduos produzidos, que exercem grande influência na geração de impactos ambientais. Com o advento de políticas públicas de incentivo, seja no aspecto tributário, social ou em outros, haverá uma maior adesão formal por parte das indústrias que visualizarão uma oportunidade significativa para desenvolver tal atividade de forma regular.

A responsabilidade compartilhada é uma efetiva participação conjunta para o cumprimento das obrigações inerentes à gestão dos resíduos sólidos. Essa participação efetiva nada mais é que o conjunto de ações por parte de agentes responsáveis, objetivando atingir um nível ótimo para a gestão compartilhada de resíduos sólidos.

Outrossim, apesar de expressamente previsto na lei federal, para que se torne efetivo o instituto da responsabilidade compartilhada é necessário um eficaz sistema de fiscalização por parte do Poder Público junto às indústrias e comércio, além da viabilidade estrutural para a

realização do procedimento, estando devidamente incorporados ao processo produtivo.

Apesar de inovadora, percebe-se que a lei 12.305/2011 apresenta inúmeras lacunas.

Há uma indefinição acerca da limitação da responsabilidade de cada agente envolvido na cadeia produtiva e isso muito preocupa o setor empresarial e varejista. Aguarda-se uma forma eficaz de determinar a dosagem de responsabilidade no decorrer da cadeia a fim de delimitar quais os principais responsáveis.

Com relação à obrigação de alguns setores em realizar sistemas de logística reversa de seus produtos, como embalagens e resíduos de agrotóxicos, pilhas e baterias e pneus, é imprescindível informar uma das maiores problemáticas encontradas: a dispersão dos resíduos nos centros urbanos no pós-consumo (a questão da coleta); a distância geográfica das indústrias em relação aos centros de distribuição de seus produtos; além da quantidade de resíduo sólido necessário para gerar volume na coleta e processamento a fim de otimizar os custos.

A ausência de regulamentação sobre a responsabilidade na coleta faz com que muito se perca de eficiência da aplicação da logística reversa.

Em grandes centros urbanos como as cidades de Rio de Janeiro e São Paulo, onde existem empresas terceirizadas para coleta de lixo, há uma discussão interminável: as empresas de coleta de lixo comum se recusam a realizar a coleta seletiva e as indústrias produtoras de bens de consumo não possuem estrutura para a realização desta coleta.

O que se encontra nos grandes centros urbanos são catadores informais, muitos em estado de vulnerabilidade, como aqueles que moram em ruas ou até mesmo próximo a lixões. Programas de coleta seletiva formais são raridades e a participação dos resíduos recuperados e levados à reciclagem ainda é pouco considerável.

Percebe-se, portanto, que o Brasil ainda tem por base uma reciclagem pós-consumo e a coleta pós-consumo informal.

Destaca-se, ainda, que poucas técnicas descritas na legislação são utilizadas, sendo a reciclagem o maior destaque, mesmo em pequena escala se comparado a outros países.

Caso fossem formalmente organizados, até mesmo por cooperativas que inclusive já existem, embora em número ainda insignificante, a participação dos resíduos recuperados nestes programas seria bem mais considerável, tornando assim a reciclagem uma forma eficaz da Política Nacional.

Programas como o implantado em São Paulo, com o objetivo de implantar um processo de logística reversa eficiente, durante todo o processo de coleta, transporte até a reciclagem e a destinação correta do resíduo, precisam ser valorizadas e ampliadas no Brasil.

É no momento da efetivação das Políticas Públicas que se devem já estabelecer normas de responsabilização, seja das empresas fabricantes, seja dos comerciantes, do Poder Público ou do próprio consumidor. A partir de uma implementação efetiva é que teremos um resultado positivo significativo, de forma a realmente refletir nos aspectos econômicos e sociais.

Enquanto não existirem políticas de responsabilização pré-definidas muito faltará para se tornar eficaz a implantação da logística reversa.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, K. M. V. **Logística reversa para gestão de resíduos e coprodutos da cadeia de biodiesel estudo de caso em usinas do nordeste brasileiro**. 2012. 197p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco - UFP, Recife, 2012.

AMBEV. Disponível em <http://www.ambev.com.br/relatorio-anual-2012/valores-ambientais>. Acesso em 02/03/2016.

CAMPOS, Luiz Fernando Rodrigues; BRASIL, Caroline V. de Macedo. **Logística: teia de relações**. Curitiba: Ibpex, 2007

CANAL, EDUARDO. **Logística Reversa: desafios e oportunidades para os operadores logísticos**. 2015. Disponível em <http://www.administradores.com.br/noticias/negocios/logistica-reversa-desafios-e-oportunidades-para-os-operadores-logisticos/98733/>> Acesso em 10/11/2016.

CHAVES, Gisele; MARTINS, Ricardo Silveira. **Diagnóstico da logística reversa na cadeia de suprimentos de alimentos processados no oeste paranaense**. In: VIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI), ago. 2005, São Paulo. Anais. São Paulo: FGV, 2005.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. 1988. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao/compilado.htm>. Acesso em 10/11/2016.

FELIZARDO, Jean Mari; HATAKEYAMA, Kazuo. **A logística reversa nas operações industriais no setor de material plástico: um estudo de caso na cidade de Curitiba**. In: XXIX Encontro da ANPAD (ENANPAD), set. 2005, Brasília. Anais... Brasília, 2005, p. 1-17.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. Ed. Saraiva. 16 ed. São Paulo. 2015.

LACERDA, Leonardo. **Logística Reversa – Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. 2000. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/biblioteca/artigos/logistica-reversa-uma-visao-sobre-os-conceitos>. Acesso em 14/12/2015.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MAXPRESS. **Projeto inédito de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos, "descarte ON" começa a funcionar em São Paulo**. Disponível em http://www.maxpressnet.com.br/Conteudo/1,833640,Projeto_inedito_de_logistica_reversa_de_residuos_eletroeletronico_s_descarte_ON_comeca_a_funcionar_em_Sao_Paulo,833640,8.htm> Acesso em 10/11/2016.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE (MMA). **Resíduos Sólidos**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/residuos-solidos>>. Acesso em 10/11/2016.

NUNES, Paulo Bessa. **Dano Ambiental: uma abordagem conceitual**. Ed. Lumen Iuris. Rio de Janeiro. 2012.

PEREIRA, André Luiz. **Logística Reversa e Sustentabilidade**. Ed. Cengage Learning. 2012.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Lei 12.305/2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em 10/11/2016.

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Lei 6.938/81. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm> Acesso em 10/11/2016.

RAZZOLINI FILHO, Edelvino; BERTÉ, Rodrigo. **O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil**. Curitiba: Ibpex, 2009.

VASCONCELOS, Priscila E. A. **Logística reversa e responsabilidade ambiental: aspectos gerais**. Trabalho de conclusão de Curso. MBE – Pós Graduação Executiva em Meio Ambiente. COPPE-UFRJ. 2014.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ADMINISTRAÇÃO DE DESEMPENHO INSTITUCIONAL: RESULTADOS A PARTIR DAS PRÁTICAS DO CENTRO DE BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

INSTITUTIONAL PERFORMANCE MANAGEMENT: RESULTS FROM THE PRACTICES OF UNIVERSITY OF BIOTECHNOLOGY CENTER EDUARDO MONDLANE

ROLF HERMANN ERDMANN¹; BEATRIZ MARCONDES DE AZEVEDO¹; THIAGO COELHO SOARES¹; FRED LEITE SIQUEIRA CAMPOS²

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA; DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO; E-MAIL: 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA; DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

rolf.erdmann@ufsc.br; biabizzy@gmail.com; tcoelhos@hotmail.com; fred.campos@ufsc.br.

Resumo - A economia do conhecimento elevou o padrão de competitividade organizacional. Portanto, ajudar a melhorar o processo de gestão de universidades é um desafio complexo. Assim, este trabalho tem objetivo como propor uma tecnologia de gestão da produção com fins de realizar um diagnóstico organizacional voltado à competitividade e ao desempenho, com indicação de projetos de melhoria. Trata-se de um estudo teórico-empírico realizado em forma de estudo de caso. Para a coleta de dados, contou-se com a participação de um grupo de profissionais com sólidos conhecimentos acerca da dinâmica organizacional. Os resultados indicaram os subsistemas de produção como, por exemplo, 'Desempenho Operacional e Planejamento da Produção' que necessitavam de ações urgentes, uma vez que chegou-se a conclusão de que os mesmos não estavam contribuindo eficazmente para o alcance dos objetivos.

Palavras-chave: Tecnologia de gestão. Desempenho organizacional. Produção universitária³.

Abstract - The knowledge economy has raised the standard of organizational competitiveness. Therefore, helping to improve the university management process is a complex challenge. Thus, this work has as objective to propose a technology of production management in order to carry out an organizational diagnosis focused on competitiveness and performance, indicating improvement projects. It is a theoretical-empirical study carried out in the form of a case study. For the collection of data, we counted on the participation of a group of professionals with solid knowledge about the organizational dynamics. The results indicated production subsystems such as 'Operational Performance and Production Planning' which required urgent action, as it was concluded that they were not contributing effectively to the achievement of the objectives.

Keywords: management technology. Operational performance. University production.

I. INTRODUÇÃO

A avaliação institucional “tem como objeto instituições, sistemas e projetos ou políticas públicas” (BELLONI, 2000, p.40). Seu papel social é de significativa

relevância e deve considerar o desempenho global da instituição, respeitando a sua inserção social.

Além disso, a complexidade da economia do conhecimento e as possibilidades da tecnologia da informação, dentre outras ferramentas, elevaram o padrão de competitividade organizacional.

Fazer mais com menos, fazer cada vez melhor, envolver a equipe de trabalho na busca de soluções e produzir inovações para assegurar a competitividade são variáveis que fazem a diferença entre a relevância e a irrelevância das organizações (FIESC, 2012).

As melhorias na execução das práticas e processos relacionados com os serviços de ensino e pesquisa estão diretamente relacionadas com a inserção de novas tecnologias e o alinhamento de suas estratégias com as demandas da população (BECKER, 2001). Entretanto, pressupõe-se que ajudar a melhorar o processo de gestão de instituições de ensino, pesquisa e extensão é um desafio complexo.

Diante do exposto, este trabalho tem como propor uma tecnologia de gestão da produção com fins de realizar um diagnóstico organizacional voltado à competitividade e ao desempenho, com indicação de projetos de melhoria. Tenciona-se assessorar o Centro de Biotecnologia da Universidade Eduardo Mondlane (CB-UEM) quanto ao processo de avaliação do seu sistema de produção e implementação de projetos de melhorias.

II. O SISTEMA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO E SUAS RELAÇÕES COMPLEXAS

As instituições de ensino, pesquisa e extensão são organizações com grande impacto social, tanto no sentido de lidar com a formação acadêmica e profissional de pessoas, quanto na possibilidade de geração de conhecimento. Tipicamente geram empregos e oportunidades, pois são fortemente dependentes de mão de obra de conhecimento intensivo.

Para Pinochet (2011), novos modelos de gestão vêm sendo desenvolvidos buscando soluções que focam a eficiência e a eficácia em relação ao desempenho no mercado. Portanto, gerir uma organização de ensino, pesquisa e extensão qualquer que seja o seu porte, em um mundo complexo requer capacitação máxima, desenvolvimento de competências, inovação constante e postura empreendedora. Na luta pela competitividade, urge a necessidade de agregar valor à produção por meio da criação de diferenciais, obtidos à custa de inovação de produtos e processos. Esse novo estilo de produzir, além de exigir profissionalização da gestão, requer dos colaboradores flexibilidade e iniciativa para a realização de várias tarefas simultâneas e complexas, além da resolução de problemas inesperados (ROMAN et al, 2012).

A gestão profissional necessária requer a implementação de ferramentas próprias da área administrativa, que possuam eficácia comprovada. Guptill (2005) acrescenta que, dentre as diversas ferramentas existentes, merecem destaque aquelas relacionadas ao controle da gestão e à avaliação de desempenho, que demandam o desenvolvimento de uma gestão eficiente e o monitoramento de indicadores de desempenho.

III. MÉTODO

O presente estudo, quanto aos objetivos, é caracterizado como exploratório-descritivo, por buscar investigar um fenômeno pouco conhecido (MARCONI e LAKATOS, 2007). Já quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, baseada em um estudo de caso (MARTINS e THEÓPHILO, 2009; TRIVIÑOS, 1992).

Em termos de coleta de dados, foram utilizados dados primários e secundários. Os dados primários foram obtidos a partir de observação durante a visita ao CB-UEM e realização de reunião para a aplicação da tecnologia proposta. Os dados secundários, por sua vez, foram provenientes de pesquisa documental, tendo como parâmetro de busca as treze categorias de análise que representam o sistema de produção e os fatores de competitividade (Modelo do NIEPC).

A coleta de dados aconteceu, nos dias 26 e 27 de maio de 2015, nos quais o grupo de pesquisa realizou um encontro com seis profissionais do CB e dois profissionais do Gabinete da Qualidade, da Universidade Eduardo Mondlane, na cidade de Maputo, em Moçambique com o objetivo de diagnosticar o nível de desempenho do sistema de produção de ensino, pesquisa e extensão do CB, por meio da avaliação das treze categorias do sistema de produção a partir do cruzamento dos fatores de resultado: custo, flexibilidade e qualidade (incorporando características de confiabilidade, rapidez). Ao término da aplicação, as discussões convergiram em ideias de melhorias e estas foram convertidas em proposta de projetos, com gerenciamento e delegação assumidos pelos profissionais envolvidos nas discussões.

Cabe ressaltar que durante a aplicação da tecnologia de gestão proposta os participantes foram instigados pelos pesquisadores a pensarem a organização e discutirem a respeito da mesma, procedendo à análise organizacional. Mas, muito mais do que apenas chegar a um consenso sobre a situação atual de cada hospital, o instrumento teve como objetivo principal conscientizar os atores da influência de sua participação no processo de melhoria. Esta

conscientização surge a partir da reflexão crítica e do diálogo obtendo, assim, a participação na construção e o comprometimento na execução de todos os envolvidos nos projetos que contemplem os principais aspectos que influenciam na qualidade e a produtividade na organização.

Por fomentar a participação e a comunicação dos elementos constituintes da organização, esta ferramenta tem como consequência o surgimento de questionamentos a respeito dos processos produtivos realizados. Tem-se então que um dos princípios norteadores deste instrumento é a problematização, capaz de gerar (a) um diagnóstico mais próximo da realidade e (b) ideias de melhoria advindas de pessoas que estão inseridas no contexto da organização.

Em relação à organização, tratamento e análise dos dados, depois de coletados, os dados foram alocados nas treze categorias propostas pelo modelo e analisados quanti e qualitativamente. Portanto, quantitativamente, os dados foram analisados a partir de sua inserção no software excel e no SPSS (Statistical Package for Social Sciences), ambos foram utilizados para realização da análise estatística descritiva. No que diz respeito à análise qualitativa, em cada categoria, propôs-se uma reflexão crítica acerca das ações adotadas por cada um dos subsistemas produtivos de ensino, pesquisa e extensão do CB-UEM, investigando de que maneira elas contribuam para cada um dos fatores de resultado: custo, qualidade e flexibilidade.

IV RESULTADOS

4.1 Caracterização do Centro de Biotecnologia da Universidade Eduardo Mondlane (CB-UEM) e descrição de suas práticas

O CB-UEM é uma instituição com gestão e infraestruturas laboratoriais autônomas, que tem como função social a formação, a investigação e a prestação de serviços laboratoriais na área da biotecnologia. Estabelecido em maio de 2005, atualmente é composto pelas faculdades de Agronomia e Engenharia Florestal, Ciências, Medicina e Veterinária. Conta como linhas principais de pesquisa e formação o “controle e diagnóstico de doenças humanas e vegetais, o estudo da biodiversidade e conservação das espécies vegetais e animais, bravias e domésticas, bem como proteção ambiental” (CB-UEM, 2015).

4.2 Relações entre os subsistemas de produção (categorias de análise) e indicadores de competitividade (fatores de resultados)

As relações entre as categorias de análise e os fatores de resultado no CB-UEM foram mensuradas conforme a ilustração da Tabela 1. Cabe lembrar que as notas atribuídas nesta relação indicam cenários que podem ser interpretados da seguinte forma: cenários desfavoráveis foram classificados com a nota 1 e 2, que correspondem, respectivamente, à cor vermelha e rosa, porém não se obteve nenhuma avaliação na gradação 1; os cenários favoráveis foram classificados com a nota 4 e 5 que correspondem, respectivamente, às cores verde e azul. A cor amarela corresponde ao cenário intermediário, classificado como 3.

Tabela 1 – Relação categorias e fatores de resultado

	Custo	Flexib.	Qualid.
Controle da Produção	3	4	5
Desenvolvimento de Novos Produtos	4	4	3
Desempenho Operacional (DO)	1	1	2
Equipamentos e Tecnologia	4	4	3
Fábrica (instalações)	2	5	4
Gestão Ambiental	3	4	3
Investimento	3	4	4
Organização e Cultura	3	5	4
Planejamento da Produção	4	2	4
Programação da Produção	3	3	3
Saúde e Segurança	3	4	4
Tempo de Ciclo	4	5	4
Qualidade	3	4	3

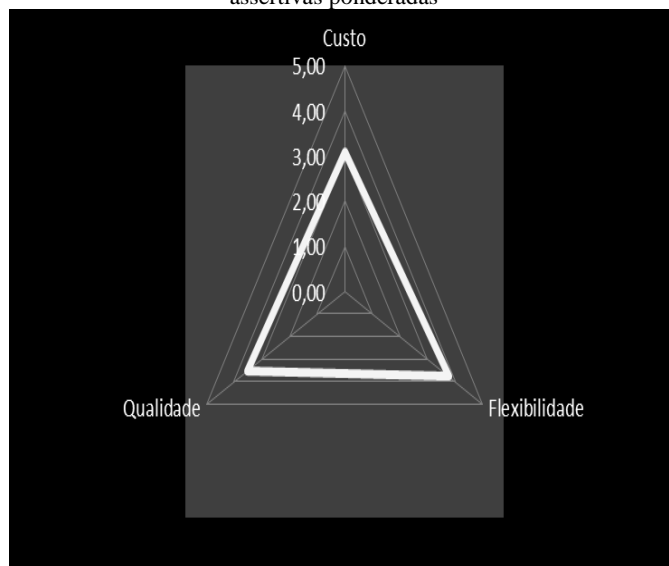
Fonte: os autores (2015)

Com base na tabela 1, pode-se perceber pela análise organizacional do Centro de Biotecnologia da Universidade Eduardo Mondlane é que existe uma predominância no cenário intermediário à favorável, uma vez que apenas 5 das assertivas foram classificadas como vermelho e rosa, ou seja, como relações que possuem cenários considerados desfavoráveis; e apenas 3 das assertivas foram classificadas como azul, ou seja, como relações que possuem cenários considerados ideais. A categoria Tempo de Ciclo obteve somente notas altas, expressando assim a pouca necessidade de melhoria em curto prazo. As categorias Instalações e Organização e Cultura, apesar de obterem uma das notas entre baixo e intermediário, também foram avaliadas como tendo um desempenho bastante positivo. Em contrapartida, a categoria de Desempenho Operacional obteve apenas notas baixas, indicando uma necessidade significativa de melhorias urgentes. Assim como, a categoria Planejamento da Produção também apresentou, na média, uma avaliação ruim em seu desempenho.

Infere-se aqui que o desempenho favorável na predominância das categorias analisadas pode ser justificado pelo fato de se tratar de um centro de pesquisa que tem envidado esforços constantes para ser reconhecido como um centro de excelência.

O gráfico 1 contém uma outra maneira de representar a relação entre as categorias e fatores de resultado de todas as assertivas ponderadas pelos participantes.

Gráfico 1 – Relações entre fatores de resultado do conjunto de assertivas ponderadas



Fonte: os autores (2015)

Com base no gráfico 1, é possível observar que, numa visão integrada de todas as categorias, o fator de resultado flexibilidade foi o que apresentou melhor avaliação, na média, por parte dos respondentes e, o fator custo foi o pior avaliado. Entretanto, é importante esclarecer que os três fatores de resultado avaliados obtiveram nota média acima de 3.

4.3 Projetos de melhoria no CB-UEM

Dentre as ideias apresentadas, selecionaram-se algumas com maior potencial de resultado. Observaram-se os critérios de exequibilidade, impacto, não dependência de pessoas inaccessíveis e que não apresentem grandes resistências.

- 1) (Controle): incluir a prática de pré-definição de suas atividades (tipos e quantidades de materiais a serem utilizados – para programação e controle);
- 2) (DNP): passar da pesquisa teórica para a aplicada; buscar mais projetos e financiamento; envolver-se nos vários estágios de aplicação da pesquisa;
- 3) (Desempenho operacional): instituir indicadores de produtividade/desempenho nos moldes “gestão à vista”; tornar itens de avaliação subjetiva em objetiva;
- 4) (Equipamentos e tecnologia): controle dos reagentes; ênfase na manutenção preventiva;
- 5) (Gestão Ambiental): treinamento com simulação de risco;
- 6) (Organização e Cultura): adoção de valores coerentes com o pensamento enxuto (lean);
- 7) (Planejamento): planejamento para o longo prazo (alinhar as ideias surgidas com a visão, missão e valores);
- 8) (Programação): ao estabelecer as atividades, identificar as diversas necessidades e etapas;
- 9) (Saúde e segurança): regras e ações para minimização dos riscos (cabines, vacinas e exames de rotina);
- 10) (Tempo de ciclo): mapear os fluxos e compartilhar as informações com todos os setores;

- 11) (Qualidade): fazer reuniões periódicas, nos moldes de um programa de CCQ, onde as pessoas possam alimentar as funções planejamento controle.

V. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos ao longo deste estudo, é possível afirmar que a tecnologia de gestão da produção para sistemas de produção de ensino, pesquisa e extensão proposta se estrutura numa relação dinâmica entre treze subsistemas de um sistema de produção (definidos aqui como categorias de análise) e três fatores de resultado. Em outras palavras, para que o desempenho organizacional de um centro de biotecnologia de uma instituição de ensino superior assuma características de competitividade e sustentabilidade, é preciso que o Controle da Produção, o Desenvolvimento de Novos Produtos, o Desempenho Operacional, os Equipamentos e Tecnologias, a Instalação, os Investimentos, a Gestão Ambiental, a Organização e Cultura, a Saúde e Segurança, o Planejamento da Produção, Programação da Produção, o Tempo de Ciclo e a Qualidade estejam funcionando de maneira harmônica e integrada e, desse modo, contribuindo para que os custos ali envolvidos sejam os menores possíveis e a flexibilidade e a qualidade dos produtos e processos sejam sempre maximizadas.

Portanto, para que a tecnologia de gestão possa ser útil à administração institucional, é necessário que um grupo de pessoas, que esteja alocado em diferentes níveis da estrutura organizacional e que conheça os processos envolvidos na produção de bens e prestação de serviços voltados à pesquisa, ensino e extensão se reúna para refletir criticamente acerca de 39 assertivas.

A avaliação das assertivas acontece de maneira quanti e qualitativa o que leva a um diagnóstico organizacional. Com a identificação de pontos fortes e fracos do desempenho da organizacional e a partir do registro da fala dos participantes, elencam-se uma série de ideias de melhoria. Num segundo momento, o grupo se reúne novamente e, em subgrupos, escolhem dentre as várias ideias, aquelas que consideram críticas e/ou com maior potencial de exequibilidade e impacto. Na sequência, elaboram-se projetos de melhoria, utilizando um formulário A3, descrevendo-se da forma mais detalhada possível, a situação atual, a situação desejada, as ações necessárias, os responsáveis e prazos para cada ação e, também, as possíveis dificuldades enfrentadas ao longo da execução de tais projetos.

Para a monitoração constante do desempenho, sugerem-se um conjunto de indicadores que deverão ser gerados com base em cada um dos projetos desenhados pelo grupo de participantes. Entretanto, é preciso destacar que a geração de tais indicadores não aconteceu nesta pesquisa, sendo assim entendida como uma limitação deste estudo.

Os conhecimentos gerados com a realização desta pesquisa permitem afirmar que a adoção de ferramentas de gestão e avaliação de desempenho podem representar, para os centros de investigação científica uma significativa racionalização nos processos de prestação de serviços, com economia de recursos, geralmente escassos.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, M. C. Managing dispersed knowledge: organizational problems, managerial strategies, and their

effectiveness. *Journal of Management Studies*, v. 38, n. 7, p. 1037-1051, 2001.

BELLONI, I. Universidade e o compromisso da avaliação institucional na reconstrução do espaço social. *Avaliação*, Campinas, SP, v.1, nº 2, p. 6-14, dez, 2000.

FIESC. Desempenho e perspectivas da indústria catarinense. Disponível em: www.fiescnet.org.br. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

GUPTILL, J. Knowledge management in health care. *Journal Health Care Finance*, v. 31, n. 3, p. 10-14, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo: Atlas, 2009.

PINOCHET, L. H. C.; Tendências de tecnologia de informação na gestão da saúde. *O mundo da Saúde*, SP, v. 35, n. 4, p. 382-394, 2011.

ROMAN, D. J.; PIANA, J.; LOZANO, M. A. S. P. e Leal.; MELLO, N. R., ERDMANN, R. H. Fatores de competitividade organizacional. *Brazilian Business Review*, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 27-46, 2012. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123023626002>>. Acesso em 12 de agosto de 2015.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1992.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

A TERCEIRIZAÇÃO NO BRASIL E SUAS REPERCUSSÕES SOBRE A PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO

OUTSOURCING IN BRAZIL AND ITS REPERCUSSIONS ON THE PRECARIOUSNESS OF WORK

ANDREIA BATISTA PEIXOTO
UNIGRANRIO (UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO)

andreiabatistapeixoto@gmail.com

Resumo – O presente artigo propõe uma breve reflexão sobre a precarização existente nas atuais relações de trabalho no Brasil, no pós-terceirização. Atualmente a terceirização volta a ser discutida com grande intensidade, com o intuito de regulamentação. Esse assunto dividiu muitas opiniões entre estudiosos do assunto, políticos, empresários, sindicatos e população. O que observamos, no entanto é que essa, não tão nova, forma de contratação, se faz necessária em muitos segmentos do mercado, porém a mesma não pode ter como único objetivo, a diminuição dos custos da empresa em detrimento das leis e conquistas dos trabalhadores ao longo de anos. É importante não deixar de atentar para o desgaste que esse formato pode trazer sobre a classe trabalhadora em suas redes de relacionamento na empresa, esta, possível formadora dos vínculos afetivos organizacionais.

Palavras chave: Precarização. Terceirização. Vínculo afetivo.

Abstract - The present article proposes a brief reflection on the precarization existing in the current labor relations in Brazil, in post-outsourcing. Currently outsourcing back being discussed with great intensity, with the regulatory order. This issue has divided many opinions among the scholars issue, politicians, businessmen, trade unions and population. What we see, however, it is that, not so new, form of contract, is required in many market segments, but it can not have the sole purpose of the decrease of the company's costs to the detriment of laws and achievements of workers over the years. It is important not to pay attention to the wear that this format can bring on the working class in their networks in the company, this, possible forming of organizational affective bonds.

Keywords: Precariousness. Outsourcing. Affective bond

I. INTRODUÇÃO

Em decorrência a precarização que vem ocorrendo no mundo do trabalho, percebida inclusive por diversos autores da área de gestão empresarial, torna salutar na academia prover mais estudos sobre o tema. A terceirização, iniciada na década de 80, no Brasil, e suas repercussões sobre a precarização do trabalho neste mesmo país é o principal objeto de análise do presente estudo.

Pretende-se discorrer e debater considerações feitas por importantes autores que versam sobre o tema da terceirização e a precarização do trabalho, representando o embasamento teórico do presente contexto do cenário

produtivo brasileiro sendo também objeto de discussões na câmara dos deputados, senado e presidência da república, o que torna este artigo atual.

Tem-se por objetivo geral deste descrever os aspectos inerentes a terceirização resultando na precarização do trabalho, entender a evolução das relações de trabalho até o modelo presente de precariado, afetando por conseguinte as organizações do Estado. A metodologia adotada neste trabalho foi a revisão bibliográfica narrativa tendo como fonte de consulta livros, artigos e sites.

II. EVOLUÇÃO DO TRABALHO

Durante muitos séculos o trabalho vem ganhando novos valores e conotações. É perceptível a relação entre a evolução dos direitos trabalhistas e as diferentes fases do capitalismo, assim como a organização do mercado de trabalho. Nos utilizaremos de alguns autores (PINTO, 2009; SALVINO E FERREIRA, 2009; PINTO, 2010) para elucidar o significado imposto ao trabalho assim como suas implicações para os trabalhadores. É preciso destacar, entretanto que, o mesmo tema, ou seja, o trabalho possui implicações diferenciadas para os diversos especialistas que o abordam, assim como é de interesse a uma grande parcela de disciplinas: administração, direito, economia, filosofia, sociologia, psicologia, etc. cada uma com seu viés. Seus significados estão listados no quadro, abaixo:

Quadro 01 – Significado do trabalho nas diferentes épocas.

ÉPOCA	SIGNIFICADOS
Em sua origem	Do Latim da palavra <i>tripalium</i> : instrumento que era usado para debulhar milho ou rasgar e desfiar o linho; também era uma canga usada sobre o lombo dos animais; um instrumento de tortura, usado para sujeitar cavalos quando lhes aplicavam as ferraduras.
No Jardim do Éden	Foi considerado castigo bíblico, quando Adão come do fruto proibido e necessita trabalhar para conseguir sua sobrevivência

Quadro 01 (cont.) – Significado do trabalho nas diferentes épocas.

ÉPOCA	SIGNIFICADOS
Na escravatura	conotação de servidão, era tido como algo pertencente apenas aos escravos, ou seja, as classes baixas da sociedade.
Na Guerra	Representava punição e era exercido pelos vencidos de guerra, uma atividade considerada desonrosa.

Fonte: (MARTINS, 2008) Elaborado Pelo Autor, 2015.

Com o fim da escravidão e libertação dessas “classes”, o trabalho passa a ser valorizado e o ócio criticado.

Dessa época até os dias atuais muitos foram os modelos de trabalho utilizados:

✓ O “Taylorismo” e “Fordismo”, que preconizam o trabalho de forma mecanizada, verticalizada, homogeneizada, fragmentada e repetitiva causando a alienação no trabalho, pois quem o executa não tem domínio sobre o que executa, faz apenas parte de uma “engrenagem”. Nesse momento há total controle sobre o fazer do profissional, não se considerando fatores psicológicos e emocionais. Porém essa forma massacrante de serviço faz com que os trabalhadores unidos, se voltem contra o sistema, surgindo então absenteísmos e greves parciais. Aqui surge o *capitalismo*, que firma o trabalho como algo necessário,

✓ O “Toyotismo”, que pensa no trabalho em equipe, deixando de ter um caráter vertical para um horizontal e a produção maior em menor tempo, com menor custo (a menor quantidade de trabalhadores faz parte desse processo) e apenas para suprir o consumido, surge então a chamada produção *Just in time*. (PINTO, 2009)

A Terceirização surge desse modelo (Toyotismo), e possui como objetivo principal a “economia” de energia da empresa dando um foco maior em sua atividade principal, também dita, atividade-fim. A ideia era dedicar-se ao máximo àquilo que melhor sabiam fazer, delegando as demais atividades a outras empresas, as terceiras ou contratadas. Assim pensavam no alcance da excelência e da economia e se mantinham competitivos no mercado.

O avanço tecnológico ocorrido com o *Toyotismo*, associado à abertura de mercados “produz” trabalhadores cada vez menos especializados, porém pró-ativos, fazendo surgir termos como confiança, fidelização, compromisso, etc.

A competitividade cada vez mais presente em um mundo Global propicia uma “corrida” por lucros maiores, em uma tentativa de se manter “vivo” no mercado. A repercussão se fará sentir em diminuição de salários e exigência no aumento da produção. Surgem cortes salariais e de pessoal com consequentes estímulos a disputas por maiores produtividades.

Assim a Terceirização tem sua aplicação e seu avanço “autorizados” nas áreas públicas através do conhecido Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado (PDRAE), sobre o qual discorreremos mais tarde.

2.1 - O Processo de Terceirização

A terceirização como formato de gestão é bastante pertinente ao se analisar toda uma estrutura empresarial/industrial para o alcance do produto final. Estamos abordando aí atividades como: manutenção de equipamentos, limpeza, contabilidade, vigilância, entre

outros. Para manutenção dessas atividades que não possuem uma relação direta com a atividade principal da empresa, o custo é enorme.

Logo, pode-se perceber que a terceirização é um formato de gestão não só aceitável, mas necessário. Porém, em alguns contextos, não em todos:

“as empresas devem analisar onde, por que e quando terceirizar, pois aquelas que optam pela terceirização são efetivamente as que precisam responder às necessidades do ambiente quanto à agilidade, flexibilidade, competitividade, etc. No entanto, o que se aplica a uma empresa pode ser inviável para outra. Isto mostra que não há uma regra única para implantação de terceirização. A única regra fundamental é que a terceirização seja uma ação tática inserida num processo de planejamento estratégico” (TEIXEIRA et al. 2009, p.2).

O fenômeno da terceirização não é algo novo. Observa-se sua presença desde o século XVIII no mundo e XIX no Brasil, porém esta vem assumindo uma nova “roupagem” nas duas últimas décadas do século XX: “A história mostra que alguns fenômenos, considerados novos, reproduzem velhas práticas, sob um novo invólucro... a depender do estágio do desenvolvimento econômico que determina se aquela forma lhe é ou não oportuna.” (BATISTA, 2010, p. 64).

Associado a este fenômeno (terceirização), no entanto, termos como flexibilização, precarização das leis trabalhistas e das relações de trabalho, subcontratação estão sempre presentes. Vários autores definiram a terceirização e muitos tantos outros citam vantagens e desvantagens da mesma.

Em busca do melhor conceito de terceirização, encontramos vários, porém nos utilizaremos de um apenas para fins de nortear o leitor:

“o processo pelo qual uma empresa deixa de executar uma ou mais atividades realizadas por trabalhadores diretamente contratados e as transfere para que outra empresa possa executar tal função”. (DIEESE-Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, 2003).

Assim uma empresa X contrata uma empresa Y para realizar suas atividades-meio, com recurso humano e material próprio, para que a empresa X alcance seu objetivo (ou atividade-fim). Esses profissionais são designados terceirizados pois não mantém nenhum tipo de vínculo com a empresa X.

Para Marcelino (2007), no entanto, toda essa terminologia é “fluida: a definição de atividade-fim e atividade-meio, a real capacidade técnica das empresas subcontratadas, a noção de parceria, a ideia de que a terceirização garante qualidade.” Para esta autora, a definição de atividade-fim e atividade-meio está muito relacionada com o interesse de quem as define. Isso se torna importante a partir do momento em que alguns autores classificam as atividades meio e fim, como lícita e ilícita, respectivamente.

Salvino & Ferreira (2009, p.129) entendem que “Na terceirização lícita, propriamente dita, a atividade-meio da empresa tomadora de serviços constitui o seu objeto.” E continuam explicando que, esta forma de gestão está

“...ligada à contratação de outrem para a realização de tarefas não-ligadas ao núcleo do empreendimento econômico da tomadora de serviços. São terceirizadas atividades periféricas em relação ao objeto social da empresa contratante.”

Ainda discorrendo sobre o assunto, Silva (2008, p. 25) refere que “é lícita a terceirização para execução de atividades ligadas a área-meio do órgão ou entidade da Administração Pública, observados os requisitos da não-pessoalidade e não-subordinação.” E completa relatando que

“a contratação de empresa para alocação de pessoal com vistas ao desenvolvimento de atividades-fim, caracterizadas como aquelas inerentes às categorias funcionais integrantes do plano de carreira dos órgãos ou entidades públicos, constitui-se terceirização ilícita”(SILVA, 2008).

Nesse momento cabe ressaltar o que é entendido então como vantagens e desvantagens desse modelo de gestão:

Quadro 02 - Aspectos inerentes a terceirização.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Focalização dos negócios da empresas na sua área de atuação.	Risco de desemprego e não absorção da mão-de-obra na mesma proporção.
Maior poder de negociação.	Resistências e conservadorismo.
Redução das atividades-meio.	Risco de coordenação dos contratos.
Aumento da qualidade.	Falta de parâmetros de custos internos.
Ganhos de flexibilidade.	Demissões na fase inicial.
Redução do quadro direto de empregados.	Custo de demissões.
Aprimoramento do sistema de custeio.	Dificuldade de encontrar a parceria ideal.
Ampliação do mercado para as pequenas e médias empresas.	Falta de cuidado na escolha dos fornecedores.
Maior agilidade nas decisões.	Aumento do risco de ser administrado.
Menor custo.	Conflito com os Sindicatos.
Maior lucratividade e crescimento.	Mudanças na estrutura do poder.
Favorecimento da economia de mercado.	Aumento da dependência de terceiros.
Otimização dos serviços.	Perda do vínculo com o empregado.
Redução dos níveis hierárquicos.	Desconhecimento da legislação trabalhista.
Aumento da produtividade e competitividade.	Dificuldade de aproveitamento dos empregados já treinados.
Possibilidade de crescimento sem grandes investimentos.	Perda de identidade cultural da empresa, em longo prazo, por parte dos funcionários.

Fonte: Moreto (2000, *apud* Oliveira 2009, p. 13)

Complementando, Giosa (1997, *apud* Silva 2003, p. 31) ainda cita como vantagens:

“aumento da especialização; redução de estoques, quando se contrata com fornecimento de material; flexibilidade organizacional; melhoria na administração do tempo para gestão do negócio; diminuição do desperdício; redução de áreas ocupadas;... e melhoria no atendimento.”

E ainda:

“as principais desvantagens que podem ocorrer, quando se terceiriza sem a visão estratégica, são as seguintes: aumento de custos, quando, simplesmente se empreiteiriza; aumento do risco empresarial, pela possibilidade de queda da qualidade; redução da especialização própria; aumento dos riscos de acidentes pessoais; aumento do risco de passivo trabalhista, dependendo da qualidade da contratação; falta de parâmetros de preços nas contratações iniciais.” (PINTO & XAVIER, 1999 *apud* SILVA 2003, p.31).

É importante notar que essas formas de “classificação” tornaram-se necessárias a partir do momento em que a terceirização se amplia ganhando campo inclusive na área da Administração Pública. O que inicialmente possuía uma direção voltada para serviços com ênfase na produção começa então a se confundir com a aquisição da mão-de-obra. Prática essa proibida e repudiada inclusive pela Organização Internacional do Trabalho (OIT).

Com o intuito de alertar para possíveis fraudes, torna-se necessária a diferenciação da terceirização da subcontratação da mão-de-obra.

A intermediação, subcontratação, locação da mão-de-obra ocorre através de pessoa interposta que contrata a mão-de-obra e a mantém subordinada ao tomador de serviço. Este “usa” seu trabalho, inclusive na atividade-fim. A pessoa interposta funciona como um fornecedor de seres humanos, como se os mesmos fossem mercadorias.

É interessante um breve retorno ao “Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado – (PDRAE)”, visto recair sobre este, o que podemos entender como o início da abertura para essa “nova” modalidade de gestão e conseqüente retirada do Estado.

2.2 - Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado (PDRAE)

Como não é objetivo deste estudo discutir o PDRAE, apenas exporemos pequenos trechos para contextualização.

O PDRAE foi “criado” em 1995, pelo ex-ministro Luiz Carlos Bresser Pereira (na época Ministro da Administração Federal e Reforma do Estado - MARE). Muitos foram os motivos atribuídos à criação do referido Plano.

A intervenção do estado no pós-guerra, o chamado *welfare state*, obteve relativo sucesso durante algum tempo, principalmente em alguns países. Porém, após a década de 70 é possível perceber que esse modelo adotado já havia sido superado em decorrência ao desenvolvimento tecnológico e a globalização da economia que gerou uma competitividade maior entre as nações. Não é pertinente deixar de relatar o uso do Estado de forma indevida por grupos empresariais e funcionários, em benefício próprio, o que também contribuiu bastante para a falência desse sistema. Pode-se observar então um Estado em crise, manifestado pela “própria crise fiscal e o esgotamento da estratégia de substituição de importações, que se inserem num contexto mais amplo de superação das formas de

intervenção econômica e social do Estado.” (BRASIL, 1995 p.11).

O PDRAE ainda relata duas respostas à crise do Estado: “ignorá-la” e um sistema “neoliberal”. Classifica ambas como irrealistas. Aponta uma solução “consistente: a ideia da reforma ou reconstrução do Estado, de forma a resgatar sua autonomia financeira e sua capacidade de implementar políticas públicas.” (BRASIL, 1995 p.11)

Aponta a reforma do Estado como uma “redefinição do papel do Estado”, onde o mesmo não mais atuaria como “responsável direto”, ou seja, de executor no desenvolvimento social e econômico e passa a ser apenas o promotor e regulador na produção de bens e serviços.

“A reforma do Estado é um projeto amplo que diz respeito às várias áreas do governo e, ainda, ao conjunto da sociedade brasileira, enquanto que a reforma do aparelho do Estado tem um escopo mais restrito: está orientada para tornar a administração pública mais eficiente e mais voltada para a cidadania.” (BRASIL, 1995 p.12)

No entanto, para reformar o Aparelho do Estado, o próprio Estado há de ser “redefinido”. Para isso são selecionados órgãos da administração pública que tem suas atividades separadas em quatro setores distintos: o núcleo estratégico, atividades exclusivas de Estado, atividades não-exclusivas e o setor de produção de bens e serviços para o mercado. Esse princípio foi norteado por uma administração gerencial em substituição a administração burocrática, sem, contudo “extingui-la” totalmente.

A base da Reforma do Estado, foi então delimitar as funções de cada setor, impondo novas regras e determinando quem é custeado diretamente pelo Estado e quem deve ser subsidiado pelo mesmo, baseado, principalmente, na administração privada, dita eficiente e então digna de ser copiada. “reformular o Estado significa transferir para o setor privado as atividades que podem ser controladas pelo mercado.” (BRASIL, 1995 p.12). Neste contexto surgem as privatizações de empresas estatais (como o caso de telefonia, água e luz) e outro processo até então pouco esclarecido, a publicização que compreende

“a descentralização para o setor público não-estatal da execução de serviços que não envolvem o exercício do poder de Estado, mas devem ser subsidiados pelo Estado, como é o caso dos serviços de educação, saúde, cultura e pesquisa científica.” (BRASIL, 1995 p. 12-13)

A tarefa de produção foi transferida para o setor privado (privatizadas), pois este o “realiza de forma mais eficiente” e as atividades não-exclusivas do Estado transferidas à Organizações Sociais (publicizadas).

“Uma característica essencial da reforma do Estado brasileira, prevista no Plano Diretor..... foi a decisão de privatizar as empresas estatais que produzem bens e serviços para o mercado. O Plano Diretor previa ainda uma mudança que estava apenas começando no setor público: a terceirização das atividades de apoio para o setor privado, desde serviços simples.... até complexos Enquanto se terceirizavam para o setor privado essas atividades, a proposta talvez mais inovadora do Plano Diretor era transferir as atividades sociais e científicas, que a sociedade acredita devam ser total ou

parcialmente financiadas pelo Tesouro, para o setor público não-estatal, transformando-as em organizações sociais. Por outro lado, *grande ênfase* era dada no Plano Diretor *ao fortalecimento do núcleo estratégico do Estado, onde as decisões de políticas são tomadas por políticos e altos funcionários.*” (BRESSER-PEREIRA, 1999 p.7). (grifo nosso)

É elaborado então um documento (em 1997) Caderno MARE (Caderno do Ministério de Administração Federal e Reforma do Estado), que especifica as novas políticas de recursos humanos no Brasil. Os altos funcionários compõem o Núcleo Estratégico e os Serviços ditos exclusivos do Estado e, como tal serão os únicos denominados “servidores públicos... representarão o Estado enquanto pessoal”.

No tocante as diretrizes (no Estado) estão o reposicionamento remuneratório com base no serviço privado ou a “parâmetros internacionais” estimulando a competitividade e “garantir a unidade que caracteriza uma carreira e ao mesmo tempo assegurar a vinculação e o compromisso dos seus integrantes com a organização na qual atuam” (grifo nosso); ainda prevê a manutenção dos bons profissionais valorizando sua ascensão “estimulando a retenção desses servidores no serviço público”, aperfeiçoamento do sistema de avaliação “associados a incentivos monetários ou de ascensão nas carreiras”. E ainda afirma: “No núcleo estratégico, o fundamental é que as decisões sejam as melhores, e, em seguida, que sejam efetivamente cumpridas. A efetividade é mais importante que a eficiência.” (BRASIL, 1997 p. 42)

Os demais profissionais deverão ser contratados via uma empresa terceira.

III. O PRECARIADO RESULTANTE

Na década de 80, o mundo dá início a uma forte desregulamentação das leis trabalhistas como reivindicação dos ditos “neoliberalistas” e entendida por alguns influentes (Margaret Thatcher e Ronald Reagan) como decisória no processo de crescimento do mercado. Para alguns pensadores “A menos que os mercados de trabalho se flexibilizassem, os custos trabalhistas aumentariam e as corporações transfeririam a produção e o investimento para locais onde os custos fossem mais baixos; o capital financeiro seria investido nesses países, em vez de ser investido “em casa”. (STANDYNG, 2013).

A reboque, cresce o número de adeptos da flexibilização dos direitos trabalhistas argumentando aumento na competitividade internacional e o incentivo ao emprego. Para Moraes (2008), argumento este extremamente “falacioso porque o capital não emprega nem mesmo um só trabalhador se não for de sua extrema necessidade e imprescindibilidade.” E ainda acrescenta que não será a redução de salário e dos direitos trabalhistas que “impulsionará a contratação de mais pessoas além daquele ponto estritamente necessário à produção.”

A cada fracasso surgido na economia a falta de flexibilidade e conseqüente falta de reforma estrutural, são culpabilizados.

“A flexibilidade tinha muitas dimensões: flexibilidade salarial significava acelerar ajustes a mudanças na demanda, especialmente para baixo; flexibilidade de vínculo empregatício significava

habilidade fácil e sem custos das empresas para alterarem os níveis de emprego, especialmente para baixo, implicando uma redução na segurança e na proteção do emprego; flexibilidade do emprego significava ser capaz de mover continuamente funcionários dentro da empresa e modificar as estruturas de trabalho com oposição ou custo mínimo; flexibilidade de habilidade significava ser capaz de ajustar facilmente as competências dos trabalhadores.” (STANDYNG, 2013)

Há um aumento enorme nos empregos “inseguros” devido às desregulamentações das leis de trabalho. Muitas empresas se fragmentaram, demitiram seus funcionários efetivos e contrataram empresas prestadoras de serviços para realizar essas funções. Alguns desses funcionários demitidos e que tinham condições financeiras melhores (possuíam cargos hierarquicamente superiores), foram estimulados por esses próprios empresários que os demitiram a fundar novas microempresas e contratar seus próprios subordinados. Assim, alguns conseguiam salários até maiores, porém à custa de uma carga horária exaustiva. Outros, porém, precisaram decidir entre o desemprego ou o subemprego.

Também aumentou o número de empresas que migraram para outros países onde a mão-de-obra era mais barata, em condições subumanas, bem próximas a escravidão. Assim como, trouxeram a mão-de-obra barata de outros países e os escravizaram em terras longínquas.

A rebote nasce uma “nova” classe de trabalhadores participantes de um “novo” processo: o precariado. Nova, entre aspas, pois esse formato já foi visto muito antes, quando ainda não existia a regulamentação dessas leis. Quando a mão-de-obra é trazida de um outro país em condições exploratórias, são inclusas em um tipo de contrato onde estadia e alimentação correm por conta dos contratantes já descontado em folha de pagamento, este que por si só já é miserável.

A remuneração obtida resultante do trabalho precariado que se percebe é praticamente nulo ou ainda se deve ao empregador, gerando uma dependência deste (escravizando-os). Era o que ocorria, a exemplo, quando houve o fim da escravidão: os ex-escravos eram contratados por seus senhores, por salários miseráveis e devolviam tudo aos mesmos em troca de moradia e alimento.

“Antes da introdução da regulação do trabalho no campo, as grandes propriedades rurais guardavam relações sociais que se constituíram a partir do fim da escravidão...Aqueles que produziam as riquezas geradas nessas propriedades estavam sob a dependência pessoal do patrão. A própria maneira socialmente aceita de recrutamento para as plantations, através do pedido de morada, ressaltava esse aspecto da dívida prévia e da dependência personalizada. O seu trabalho era, por exemplo, sistematicamente pago a um valor inferior ao que era feito por trabalhadores não residentes pelas mesmas tarefas; ele devia trabalhar para o patrão um determinado número de dias por semana; e ficava à disposição, a qualquer hora do dia ou da noite, para prestar serviço. Essa relação implicava numa dívida material e simbólica do trabalhador (morador, colono, agregado), em relação ao patrão, indeterminada e impossível de ser restituída.” (LOPES, 2011 p.2)

Essa classe emergente e em formação, assim chamada decorrente de um neologismo: precário associado a proletariado (precariado), “flanqueado por um exército de desempregados e um grupo separado de pessoas hostis socialmente desajustadas, vivendo à custa da escória da sociedade.” (STANDYNG, 2013). Formada principalmente pela “classe trabalhadora” e do “proletariado”, e não prevista pelos neoliberalistas e líderes políticos. Os primeiros representam a antítese do precariado, “cidadãos com trabalhos de longo prazo, em empregos de horas fixas, com rotas de promoção estabelecidas, sujeito a acordos de sindicalização e coletivos...”, ou seja, o precariado é pertencente a uma classe ainda abaixo destes.

Cerutti et all (2003, p.8), relatam os impactos causados pela Terceirização, entre elas daremos destaque aos que são causados sobre Recursos Humanos no quadro a seguir:

Quadro 03 - Impactos da terceirização.

Desmotivação e resistência do pessoal interno, gerada pelas instabilidades associadas ao processo;
Degradação do moral, sentimento de menosprezo, queda de produtividade, ansiedade gerada pelos rumores de demissões, ameaça de demissão, agravados pela demora ou falta de informações;
Os funcionários que permanecem na empresa, após um período de reestruturação com enxugamento dos quadros, sentem que foram poupados naquele momento, mas simultaneamente, sentem-se inseguros em razão da incerteza quanto à sua permanência futura;
Menor dedicação e envolvimento por parte do subcontratado, provocada pela alta rotatividade do pessoal. Funcionários muito qualificados e requisitados no mercado podem escolher onde trabalhar e geralmente preferem prestar consultoria (administradores de bancos de dados, por exemplo);
Ressentimentos relativos ao antigo empregador, no caso de transferência de pessoal;
Ocorrência de disputas entre o pessoal interno e terceirizado;
Perdas dos direitos do trabalhador. O profissional terceirizado tem todos os direitos previstos na CLT, como férias, 13º salário, aviso prévio, fundo de garantia e seguro desemprego, mas nem sempre as prestadoras de serviços respeitam esses direitos. É comum que as consultorias deixem de lado os direitos trabalhistas dos prestadores de serviço, propondo salários mais altos aos profissionais.

Fonte: adaptado de Cerutti et all, 2003

IV. CONCLUSÃO

A noção de precarização do trabalho humano parece surgir no momento em que as mudanças organizacionais, ou seja flexibilização e desregulamentação do trabalho são iniciadas na década de 80 em diante. Essas ideias, advindas dos ditos neoliberalistas e apoiada por líderes políticos surgem com a intenção de diminuir custos e subtrair direitos da classe trabalhadora.

A precarização a rebote de suas práticas traz como *modus operandi* a adoção da terceirização de atividades não essenciais às atividades da empresa e repassadas a uma terceira, diminuindo assim o contato do trabalhador com a empresa contratante, com frequente diminuição de direitos e contratos temporários.

É perceptível que nesse contexto há um ataque também direcionado ao Estado Social com o constante crescimento do chamado Estado mínimo.

Existem formas diferentes de se visualizar a terceirização, esta que não surge como uma moda passageira porém como algo que veio para ficar. De um lado a terceirização é vista como algo estratégico, como algo que aumenta a competitividade da empresa. Por outro, o lado dos recursos humanos, como algo que destrói todas as conquistas trabalhistas, capaz de retirar do ser humano sua dignidade, sua honra, e quiçá sua honestidade. Como salienta Moraes, (2008:156) “precarização do trabalho humano gera somente precarização da vida humana... a desvalorização da força de trabalho sempre foi a resposta instintiva dos capitalistas à queda de lucros.”

É possível compreender a importância de a empresa terceirizar alguns serviços ditos não essenciais. Em um mundo globalizado, esse processo de gestão é capaz de tornar a empresa mais competitiva e concorrente com o mercado externo.

No entanto há de se atentar para que o único objetivo da terceirização não seja a redução de custos por si só. A otimização da qualidade, a busca pela especialização e as parcerias, também contribuem para a competição da empresa e devem estar bem alinhados. A valorização do profissional e suas condições trabalhistas, também precisam ser mais bem direcionadas, uma vez que a rotatividade imposta por esse modelo de gestão pode interferir nos vínculos afetivos e consequentemente no comprometimento existente com a empresa.

Como sugestões de trabalhos futuros, propomos o estudo da PL 4330 que trata da regulamentação da terceirização do trabalho no Brasil e também nova vertente explicada por alguns especialistas em direito do trabalho que é a Pejotização das relações de trabalho onde propõe que as empresas venham trabalhar com Pessoas Jurídicas e não Pessoas Físicas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, Eraldo Leme. **Terceirização no Brasil e Suas Implicações para os Trabalhadores**. Campinas, SP: Pontes Editores, 2010.

BRASIL. Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado. **Plano diretor da reforma do aparelho do Estado**. Brasília, Imprensa Nacional, 1995.

BRASIL. Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado. **A Reforma do aparelho do estado e as mudanças constitucionais: síntese & respostas a dúvidas mais comuns / Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado**. Brasília: MARE, 1997. 23p. (Cadernos MARE da reforma do estado; c.6)

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **Reflexões sobre a reforma gerencial brasileira de 1995**. RSP Revista do Serviço Público, Ano 50, Número 4, Out-Dez 1999.

CERUTTI, Aldo; MARINO, Amauri; NONATO, Carlos Bento; RIBEIRO, Juliana. **Terceirização de Mão de Obra**, MBA – Gestão de Sistemas de Informação, Universidade Católica de Brasília. DF- Junho de 2003.

DIEESE- Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Relatório Técnico – O Processo de Terceirização e seus efeitos sobre os**

trabalhadores no Brasil. Sistema de Acompanhamento de Contratações Coletivas – SACC-DIEESE, Convênio SE/TEM, n. 04, 2003.

LOPES, José Sergio Leite. **Notas sobre a Precarização do Trabalho no Brasil**. Revista da Rede de Estudos do Trabalho. Ano V, numero 8 – 2011.

MARCELINO, Paula. **Afinal, o Que é Terceirização? Em Busca de Ferramentas de Análise e de Ação Política**. Pegada vol. 8 n. 2: 55-71, dezembro, 2007.

MARTINS, Sérgio Pinto. **Direito do Trabalho**. 24. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MORAES, Paulo Ricardo Silva de. **Terceirização e Precarização do Trabalho Humano**. Rev. TST, vol. 74, nº4. Brasília, out/dez 2008.

OLIVEIRA, Ana Lúcia Amaral de. **Terceirização e Satisfação com o Trabalho**. Dissertação apresentada à Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) da Fundação Getúlio Vargas – FGV. Rio de Janeiro, 2009.

PINTO, Lisane Carvalho de Melo Costa. **A terceirização no mundo do trabalho**. Salvador: L.C.M.C.P., 2009. 139 f.: il. Color.

PINTO, Geraldo Augusto. **A Organização do Trabalho no Século 20: Taylorismo, Fordismo e Toyotismo**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2010.

SALVINO, M.R. e FERREIRA, S.R. **Terceirização de Serviços na Administração Pública e Responsabilidade Trabalhista**. Revista Navatio Iuris – ano II- n.3, julho/2009.

SILVA, Eduardo Gonçalves Thaumaturgo da. **Análise do Processo de Contratação de Terceiros, Visando a melhoria Contínua: um estudo de caso**. [Dissertação] Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão. Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói-RJ, 2003.

SILVA, Edna Aparecida da. **Terceirização na Administração Pública: Conflitos na Legislação, Orçamentação e Escrituração da Despesa**. Monografia (especialização) – Instituto Serzedello Corrêa, do Tribunal de Contas da União, Centro de Formação, Treinamento e Aperfeiçoamento (Cefor), da Câmara dos Deputados e Universidade do Legislativo Brasileiro (Unilegis), do Senado Federal, Curso de Especialização em Orçamento Público. Brasília, 2008.

STANDING, Guy. **O Precariado. A Nova Classe Perigosa**. São Paulo: Autentica/USP, 2013.

TEIXEIRA, Hélio Janny; MARTELANC, Roy & FILHO, Luiz Patricio Cintra do Prado. **Dilemas e Perspectivas da Terceirização no Setor Público**. II Congresso Consad de Gestão Pública – Painel 17: Terceirização: solução ou problema? São Paulo, 2009.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE CASO EM UM SETOR ADMINISTRATIVO DO INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS – CAMPUS SATUBA

THE APPLICATION OF QUALITY TOOLS: A CASE STUDY IN AN ADMINISTRATIVE SECTOR OF THE FEDERAL INSTITUTE OF ALAGOAS - CAMPUS SATUBA

RIBEIRO, R.L.A.O.¹; ALMEIDA, N. H. S.¹; BANDEIRA, ANSELMO A. ¹; SARTORI, I. ¹
1– ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL;

rickufal@gmail.com; nayronhsa@hotmail.com; anselmo@ufba.br; issartori@gmail.com

Resumo – As organizações (públicas e privadas) – independentemente do período considerado, buscam modelos de gestão que resultem no aumento da eficiência e da eficácia. Elas buscam aperfeiçoar suas operações para adotar a visão do trabalho em forma de processos baseados na Gestão da Qualidade e em suas ferramentas como meio de melhorar a produção de bens e serviços e conseqüentemente os resultados. Este trabalho tem o objetivo de exemplificar a aplicação das ferramentas e dos conceitos de gestão da qualidade na Coordenação de Manutenção e Conservação do Instituto Federal de Alagoas – Campus Satuba, visando à melhoria na execução dos serviços de manutenção e o aumento da produtividade. A pesquisa foi realizada *in-loco*, baseando-se em um estudo de caso. As técnicas de coletas de dados escolhidas foram: entrevista semiestruturada, a observação direta e a análise documental. As ferramentas da qualidade utilizadas foram: pesquisa documental, mapeamento de processos (fluxograma), Brainstorming, Lista de Verificação, Diagrama de Causa e Efeito e planilha 5W1H. Como resultado, conclui-se que as ferramentas utilizadas auxiliaram na estruturação das ações de controle e de resolução das solicitações de serviços, alcançando-se uma média de 98,2% de resolução das demandas solicitadas, melhorando assim a produtividade da equipe e gerando significativas mudanças, desde um melhor controle até uma visão expandida dos principais pontos.

Palavras-chave: Ferramentas da Qualidade, Gestão da Qualidade, Produtividade, Eficiência, Serviço Público

Abstract - Organizations (public and private) - regardless of the period considered, seek management models that result in increased efficiency and effectiveness. They are seeking to perfect their operations to adopt the vision of work in the form of processes based on Quality Management and its tools as a means to improve the production of goods and services and consequently the results. This work aims to exemplify the application of the tools and concepts of quality management in the Maintenance and Conservation Coordination of the Federal Institute of Alagoas - Campus Satuba, aiming at improving the execution of maintenance services and increasing productivity. The survey was conducted on-site, based on a case study. The techniques of data collection chosen were: semi-structured interview, direct observation and documentary analysis. The quality tools used were: document research, process mapping (flowchart), Brainstorming, Checklist, Cause and Effect Diagram

and 5W1H spreadsheet. As a result, it can be concluded that the tools used helped structure the actions to control and resolve service requests, achieving an average of 98.2% of the requested demands, thus improving staff productivity and generating significant Changes, from better control to an expanded view of key points.

Keywords: Quality Tools, Quality Management, Productivity, Efficiency, Public Service.

I. INTRODUÇÃO

A Qualidade passa a ser visto como fundamental na gestão do crescimento das organizações (seja ela privada ou pública), melhorando os seus produtos e serviços e revelando-se como um dos principais diferenciais estratégicos das empresas da atualidade (MAINARDES; LOURENÇO; TONTINI, 2010). Com o ambiente cada vez mais competitivo e uma clientela (interna e externa) mais informada tem-se a necessidade de uma melhor administração das ferramentas que possam atender não apenas os desejos e satisfazer as expectativas do cidadão-cliente como também melhorar continuamente os seus processos, tornando assim a organização mais humana e mais eficiente.

No que se refere às organizações do setor público, Garcia (2001) nos informa que estas são vistas pelo seu público alvo como pouco eficientes e desmotivadoras na execução dos serviços. Essas apresentam uma cultura forte o que dificulta a aplicação de conceitos da administração geral utilizadas nas empresas privadas. Suas atividades acabam ficando engessadas justamente pela falta de utilização de ferramentas de gestão que possam melhorar o desempenho final.

Analisando essa ineficiência e as causas desse mau funcionamento de ordem gerencial, percebe-se que existem poucos casos de visualização aplicada de conceitos de qualidade e de suas ferramentas no serviço público.

Nesse cenário a gestão da qualidade apresenta-se como uma interessante alternativa para dotar essas organizações de mecanismos para melhorar continuamente

os seus processos no alcance dos objetivos, promovendo, dessa forma, a melhoria organizacional.

Dito isto, pretende-se com esse trabalho expor um estudo de caso real onde será apresentado conceitualmente o tema da gestão da qualidade e das ferramentas escolhidas, e em seguida serão analisados e discutidos os resultados da aplicação dessas na execução das atividades administrativas da Coordenação de Manutenção e Conservação do Instituto Federal de Alagoas – Campus Satuba.

Para tanto leva-se em consideração que a mesma não utiliza a metodologia que foi estudada, mostrando assim que é possível trazer melhorias no controle e na execução das solicitações de serviços de manutenção com a criação de uma estruturação nos processos, elaboração de indicador que apresenta a relação entre serviços solicitados e serviços realizados e planilhas de controle e acompanhamento.

As ferramentas utilizadas são: brainstorming, folha de verificação, mapeamento (fluxograma), Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito), Plano de Ação (5W1H).

Para melhor compreender o modo que a pesquisa foi efetuada o tópico a seguir apresenta o referencial teórico ao qual mostrará os principais conceitos utilizados e em seguida é exposto a metodologia empregada. Posteriormente inicia-se a apresentação do estudo de caso expondo os aspectos levantados e análises dos mesmos, bem como sugestões de melhorias e métodos de controle dos processos. Por fim, as considerações finais, acompanhada do referencial bibliográfico utilizado para o embasamento teórico necessário para o trabalho.

II. GESTÃO DA QUALIDADE E SUAS FERRAMENTAS

Para Lucinda (2010), ao longo da história da qualidade surgiram algumas definições que se tornaram clássicas. Essas definições demonstram a opinião conceitual de grandes autores da qualidade (Quadro 01)

Quadro 01 - Definições clássicas sobre Qualidade.

AUTOR	DEFINIÇÃO
W.Eduards Deming (1950)	Qualidade é a melhoria contínua.
Joseph M. Duran (1954)	Qualidade é adequação ao uso.
Philip Crosby (1979)	Qualidade é a conformidade com os requisitos.
Kauro Ishikawa (1949)	Qualidade é, em termos de produto, o mais econômico, o mais útil e que sempre satisfaça o consumidor.

Fonte: Adaptado de Lucinda (2010)

O conceito da qualidade varia bastante ao longo da literatura. Queiros (1995) informa que são vários os conceitos apresentados e que não englobam todas as características possíveis para ser analisadas, mas que ela pode ser definida como sendo uma poderosa ferramenta estratégica de gestão.

Tais conceitos de qualidade fizeram mudanças significativas nos sistemas das organizações de hoje onde os métodos de gestão da qualidade passaram a serem usados em todas as funções de uma organização com o objetivo de aumentar o controle na execução dos serviços (Weckenmann et al., 2015).

Devido a essas mudanças, a gestão da qualidade é mais relevante do que nunca e tornou-se uma ferramenta importante para que as organizações tenham sucesso no ambiente desafiador em que operam, como foi salientado por Schifffaurova & Thomson (2006). A gestão da qualidade engloba vários métodos e princípios diferentes, sendo hoje conhecida como Gestão da Qualidade Total (TQM) de acordo com Mehra & Agrawal (2003).

Foi com esse pensamento e com o objetivo de facilitar a aplicação dos conceitos da qualidade que Kauro Ishikawa organizou um conjunto de ferramentas de natureza gráfica e estatística que são utilizadas nas diversas áreas do conhecimento. Essas ferramentas da qualidade são instrumentos de gestão que possibilitam ao gestor monitorar e melhorar os processos de suas atividades.

Existem inúmeras ferramentas que podem ser utilizadas para melhorar a execução dos processos e o aumento da produtividade. Na pesquisa em questão, dentro do plano de qualidade que é idealizado para o setor e de acordo com pesquisas realizadas em outros estudos optou-se por uma sequência lógica em que fosse possível levantar as informações com todos os envolvidos (Brainstorming), mapear os processos para alcançar uma visão melhorada facilitando a identificação de problemas (Fluxograma), verificar os processos (Lista de Verificação), ampliar o conhecimento do processo ou problema (Diagrama de ishikawa) e por fim planejar ações de melhorias (5W1H).

Tais ferramentas são mais detalhadas abaixo:

1. **Brainstorming (tempestade de ideias):** é uma técnica na qual um grupo de pessoas produzem ideias livremente sem críticas nem restrições. Geralmente é utilizada na geração de ideias para identificação de problemas, tomadas de decisões e planejamento. Tal ferramenta leva a uma mesma opinião do grupo no processo de mudança contínua. (BRITO, et al, 2015).

2. **Fluxograma:** é uma ferramenta que auxilia no desenho e mapeamento dos processos por meio de um conjunto de símbolos padronizados. Tem o objetivo de facilitar a visualização e o melhor conhecimento dos passos de um processo, de forma que possamos propor melhorias e mudanças futuras. (BRASSARD, 2004)

3. **Diagrama de Ishikawa:** o diagrama de causa-efeito, também chamado diagrama de Ishikawa ou de espinha de peixe, é uma ferramenta que nos possibilita entender melhor um processo ou um problema. É possível estruturar as principais causas que podem estar gerando um determinado efeito que queremos estudar. Ou seja, analisamos os efeitos e quais seriam as principais causas deles. (BRASSARD, 2004).

4. **5W1H (Plano de Ação):** tal ferramenta da qualidade é utilizada para informar um plano de ação, identificar um problema e planejar soluções. Com base na observação, análise e no conhecimento do processo, é possível descrever todos os detalhes e como o problema o processo, as pessoas e que outras situações podem acontecer.

III. METODOLOGIA

Buscando analisar a aplicação de melhorias na Coordenação de Manutenção e Conservação do Instituto Federal de Alagoas – Campus Satuba, por meio da utilização de ferramentas de qualidade, foi realizada uma pesquisa **aplicada, qualitativa, quantitativa e exploratória**.

A metodologia da pesquisa baseia-se nas regras

técnicas da ABNT. Por ser um trabalho que se caracteriza como sendo um estudo em profundidade, baseado numa análise intensiva empreendida em uma única organização é considerado um estudo de caso (BRUYNE, HERMAN & SCHOUTHEETE, 1991).

Visando elevar o desempenho dos processos envolvidos no setor e a fim de conhecer e analisar o funcionamento das atividades, observando os vários fatores envolvidos, o procedimento adotado foram visitas *in loco* com observações diretas, análise documental e entrevistas semiestruturadas com a equipe da coordenação. A partir do estudo realizado, foi possível elencar algumas modificações que podem ser impostas e algumas ferramentas a serem implantadas visando basicamente um melhor desempenho e maior produtividade no setor. Para isso, foram utilizados conceitos referentes à Gestão da Qualidade.

Quanto aos procedimentos técnicos, foi realizada pesquisa bibliográfica, exploratória e descritiva. Foi utilizada como base de dados a consulta em artigos nacionais e internacionais e livros relacionados ao tema exposto no trabalho. Para a execução do trabalho, primeiramente foram listados alguns pontos que demonstraram merecer mais importância, considerando as possibilidades de melhoria e foram encaminhadas para os responsáveis do setor as propostas iniciais, com o propósito de validar as ideias. Em sequência, foram elaboradas detalhadamente as sugestões apresentadas buscando o maior nível de avanço possível.

IV. DESCRIÇÃO DO SETOR

A pesquisa focou na administração pública que, de acordo com Paludo (2013), compreende toda estrutura e recursos, órgãos e agentes, serviços e atividades à disposição dos governos para a realização de seus objetivos políticos e da promoção do bem comum da coletividade. Mas especificamente foi realizada na rede federal de educação profissional, científica e tecnológica que está presente em todo o território nacional, oferecendo cursos de qualificação, técnicos, superiores de tecnologia, licenciaturas, e programas de pós-graduação lato e stricto sensu.

A unidade analisada foi o Instituto Federal de Alagoas - IFAL, que segundo o seu Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI (2014-2018) trata-se de uma instituição de educação profissional e superior, que detém autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógico e disciplinar equiparada às universidades federais. Possui 15 (quinze) Campi em funcionamento e 1(um) em implantação.

A pesquisa se concentrou no Campus Satuba, na Coordenação de Manutenção e Conservação, que está ligada ao Departamento de Administração e Manutenção, que por sua vez está ligada a Direção de Administração.

Tal Coordenação, segundo o Regimento Interno do campus, é responsável por gerenciar e coordenar as atividades de manutenção, limpeza e conservação nos diversos ambientes; planejar, dirigir, coordenar e orientar a execução das atividades da sua unidade e exercer outras que lhe forem conferidas em sua área de competência.

A equipe atual é composta por dois servidores públicos efetivos que fiscalizam e coordenam uma equipe de 7 (sete) colaboradores terceirizados, sendo eles: pedreiro (Serviço de alvenaria), ajudante de pedreiro (Serviço de alvenaria), eletricista, auxiliar de eletricista, encanador,

carpinteiro (Serviço de Carpintaria) e auxiliar de carpinteiro.

Em visitas ao local e reuniões com o Coordenador da área, foram identificados alguns pontos de melhoria que serviram de base para formular o diagnóstico da situação atual do setor e posterior aprofundamento até encontrar uma demanda central para posterior análise e proposição de melhoria.

V. ANÁLISE E RESULTADOS

Inicialmente foi realizado o levantamento das informações sobre as ferramentas da qualidade que seriam utilizadas no setor em estudo. Em conjunto com a equipe de trabalho da Coordenação foi definida uma sequência lógica de utilização das ferramentas, conforme figura 01:

Figura 01 - Sequência Lógica de utilização das ferramentas.



Fonte: Autoria Própria (2016)

Após a elaboração da sequência, foi realizada a coleta de dados *in loco* por meio de observação direta e análise da documentação existente das ações que foram realizados no período de **janeiro a março de 2016**. Tal análise permitiu ampliar o conhecimento dos processos de solicitação e execução dos serviços de manutenção e permitiu a aplicação das ferramentas sugeridas:

5.1 – Brainstorming

Com as informações iniciais coletadas foi agendado o *Brainstorming* com toda a equipe do Departamento para identificar, analisar a documentação e ampliar o conhecimento do processo em estudo.

Após a realização do Brainstorming foi possível perceber que as demandas de serviços são constantes e diárias, realizadas por telefone (ramal) ou via documental (memorando físico ou eletrônico).

Com essas informações foram encontrados os seguintes problemas na coordenação em estudo:

- Falta de supervisão da equipe de trabalho e falta de treinamento da equipe de trabalho;
- Inexistência de controle de prazo de execuções de serviços,
- Falta de feedback aos setores solicitantes; acúmulos de ordens de serviços solicitadas (ordens de serviços atrasadas);
- Falta de acompanhamento e fiscalização dos serviços de manutenção, limpeza e conservação, quando executados por empresas contratadas;

- Falta de mensuração dos serviços executados no prazo (indicador) e elaboração de relatórios periódicos;
- Falta de padrão ou critério na execução dos serviços/processos; e
- Falta de registro e controle de materiais, equipamentos e ferramentas utilizados em serviços de manutenção.

5.2- Elaboração do Mapeamento dos Processos (Fluxograma)

Após essa etapa foi elaborado o mapeamento dos processos de execução dos serviços de manutenção (fluxograma) visando dar mais clareza aos colaboradores e permitindo uma visão detalhada dos procedimentos de serviços e dos problemas existentes. Foi realizado um mapeamento de todo o processo de solicitação dos serviços até a execução das ordens de serviço pela empresa contratada para tal função.

Além disso foi possível perceber que mesmo existindo no Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI (2014-2018) do IFAL um capítulo destinado a “Objetivos estratégicos e indicadores” não há nenhum indicador, ferramenta gerencial ou metodologia de controle na área de manutenção voltados a mensuração dos serviços realizados e aumento da produtividade. Nem mesmo o GESPLANES, software livre voltado para gestão das organizações na formulação e implementação das estratégias (que foi implantado no IFAL em 2015), permite o monitoramento do desempenho dos objetivos estratégicos nas diversas áreas do instituto.

5.3 – Lista de Verificação

Com essas informações em mãos e com a elaboração do mapeamento dos processos de execução dos serviços de manutenção (fluxograma), foi realizado novo *Brainstorming*

para apresentar o processo “ponta a ponta” e para aprofundar a análise.

Através de uma *Lista de Verificação* foi possível perceber que do modo atual, o setor não possui nenhum registro que comprove qual o tempo médio de execução de cada ordem de serviço, quantas ordens de serviços foram executadas e onde estão sendo executadas e quais materiais foram utilizados. Além disso, percebeu-se que é comum haver reclamações dos departamentos solicitantes em relação à demora na execução das mesmas, como também, para o setor é difícil comprovar a execução de maneira fácil e rápida, pois as ordens após realizadas ficam guardadas todas juntas numa pasta sem nenhum critério de ordenação, e as vezes essas ordens nem retornam à Coordenação.

5.4- Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito)

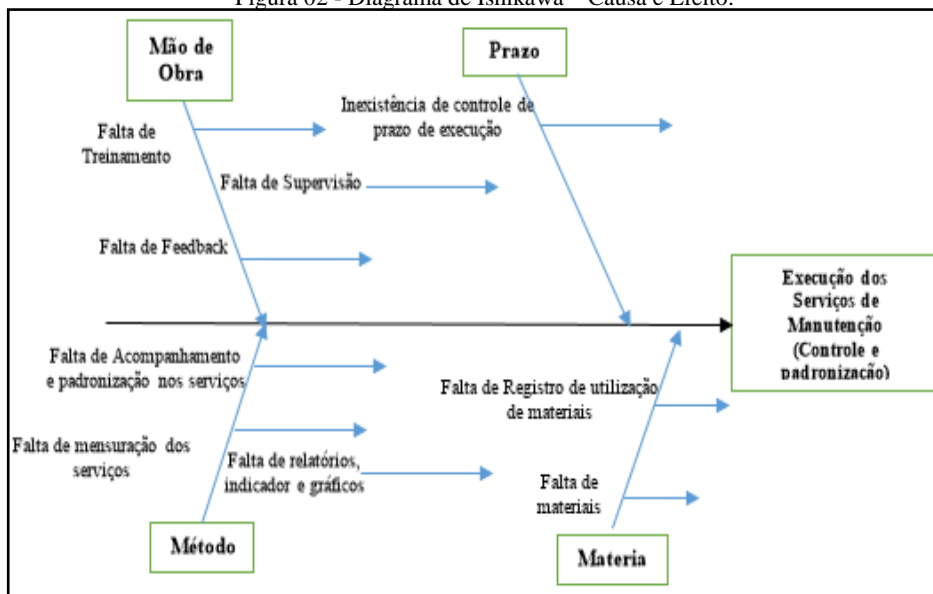
Após a realização da *Lista de Verificação*, foi planejado a aplicação do Diagrama de Ishikawa (diagrama de causa e efeito), conforme Figura 02, com o objetivo de buscar uma melhor visualização das causas dos problemas anteriormente identificados e possíveis efeitos dos mesmos, dividindo em quatro categorias/abordagens: mão de obra, prazo, método e material.

Primeiramente chegou-se à conclusão de que o problema principal na Coordenação é a própria execução dos serviços de manutenção (falta de padronização). Em seguida foram juntadas todas as informações necessárias a respeito do problema supracitado e realizado um novo *Brainstorming* com a equipe. As informações foram ordenadas da melhor maneira possível, apontando as principais causas e eliminando as informações dispensáveis.

Tal ferramenta foi de suma importância pois facilitou o agrupamento e a fácil visualização das diferentes causas do problema, mostrando ainda seus efeitos que impactam diretamente na qualidade do serviço.

Após a análise das causas foi proposto um plano de ação para definir a execução de cada ação.

Figura 02 - Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito.



Fonte: Autoria Própria (2016)

5.5 – Plano de Ação – 5W1H

Com a definição das causas dos problemas foi feito o último ciclo de *Brainstorming* para sugerir uma proposta de

melhoria para sanar as causas identificadas. Com isso foi elaborado um plano de ação – 5W1H, como pode ser visto no Quadro 2, que permitiu ter uma visão mais eficiente e

estratégica dos procedimentos a serem seguidos. Com este plano buscou-se corrigir o problema e criar possibilidades de melhorias considerando todas as tarefas a serem executadas de forma cuidadosa e objetiva, assegurando a sua implementação de forma organizada.

Cabe salientar que todas as ações estão diretamente ligadas a tentativa de sanar as causas do problema identificado tanto no mapeamento do processo (fluxograma) como no Diagrama de Ishikawa.

Quadro 02 - Plano de Ação – 5W1H.

Plano de Ação – 5W1H						
Categoria	What (O quê?)	Why (Por que?)	Where (Onde?)	When (Quando?)	Who (Quem?)	How (Como?)
Mão de Obra	Melhorar a supervisão da equipe	Para evitar atrasos na execução dos serviços	Coordenação de Manutenção e Conservação - CMC	Abril a Junho de 2016	Coordenador de Manutenção e Conservação	Reunião Semanal de Desenvolvimento com a equipe de manutenção
	Treinar a equipe no preenchimento das O.S.	Para evitar falhas e lacunas nas informações do serviço executado	Coordenação de Manutenção e Conservação - CMC	Abril a Junho de 2016	Equipe de Servidores da CMC	Reunião Semanal de Socialização e Desenvolvimento com a equipe de manutenção
Método	Criar Controle de Ordens de Serviços	Para melhorar o acompanhamento dos serviços de manutenção e limpeza solicitados	Coordenação de Manutenção e Conservação - CMC	Abril a Junho de 2016	Equipe de Servidores da CMC	Elaborar planilhas de controles
	Criar indicador, relatórios e gráficos para mensurar os serviços realizados	Para mensurar as informações dos serviços executados e perceber a evolução da aplicação das ferramentas da qualidade	Coordenação de Manutenção e Conservação - CMC	Abril a Junho de 2016	Equipe de Servidores da CMC	Criar indicador que demonstre a porcentagem de serviços executados, bem como relatórios que mostrem prazo de execução.
Prazo	Criar Controle de Execução e Acompanhamento	Para ter a previsão de tempo de realização de cada serviço, buscando atingir o tempo determinado	Coordenação de Manutenção e Conservação - CMC	Abril a Junho de 2016	Equipe de Servidores da CMC	Colocar registro de prazo junto das planilhas de controle de ordem de serviços
Material	Criar registro de materiais utilizados	Para ter o controle e evitar desperdícios	Coordenação de Manutenção e Conservação - CMC	Abril a Junho de 2016	Equipe de Servidores da CMC	Colocar registro junto das planilhas de controle de ordem de serviços

Fonte: Autoria Própria (2016)

VI. PROPOSTAS DE MELHORIAS

Após a elaboração do plano de ação a equipe da Coordenação de Manutenção e Conservação iniciou em **abril de 2016 até junho de 2016** a execução das ações traçadas no quadro 02, iniciando com as reuniões semanais e reuniões de planejamento anteriormente inexistentes.

Em seguida foram criados mecanismos para melhorar a produtividade do setor, conforme pode ser percebido a seguir:

6.1 – Controle de Ordem de Serviços

Apesar de existir no Instituto Federal de Alagoas – IFAL um sistema responsável por oferecer operações fundamentais para a gestão das atividades meio dessa instituição, o SIPAC (Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos), este não consegue integrar totalmente a área administrativa. Com isso não é possível, por exemplo, gerenciar as solicitações de serviços por ele.

Devido a isso a Coordenação de Manutenção, após a aplicação das ferramentas da qualidade citadas acima, com o objetivo de controlar as entradas e saídas das solicitações das ordens de serviços solicitadas pelos servidores, propõe-se um modelo de planilha cujo membro da equipe da coordenação ficaria responsável por preenchê-la com a área ou setor que realizou a solicitação, descrevendo o serviço requerido.

Com esse controle agora é possível prever a duração prevista do serviço com base nas características de cada solicitação, informando ainda o tipo de serviço (carpintaria, hidráulico, alvenaria ou elétrico), a duração prevista para conclusão, a data de conclusão, os materiais utilizados no

serviço (registrando aqui o número do pedido feito no almoxarifado via SIPAC), conforme Figura 03.

Figura 03 - Planilha de Controle de Solicitações de Manutenção

Instituto Federal de Alagoas - Campus Satuba Diretoria de Administração Departamento de Administração e Manutenção Coordenação de Manutenção e Conservação								
Serviços de Carpintaria								
Nº O.S	Setor Solicitante	Data da Solicitação	Serviços Solicitados	Duração Prevista para Conclusão (em dias)	Data de entrega Prevista	Data de Conclusão	Status da Solicitação	Requisição do Almosarifado (Materiais Utilizados no Serviço)
233/2016	Direção Geral	02/03/16	Pintura da porta	2	02/03/16	02/03/16	Finalizado	4320/2016
257/2016	Sala de aula - Laboratório de Desenho	04/05/16	Colocar fechadura	1	04/05/16	04/05/16	Finalizado	4331/2016
262/2016	Grêmio	06/05/16	Pintura das paredes	3	08/05/16	08/05/16	Finalizado	4338/2016
264/2016	CAE	06/05/16	Consertar o birô	1	06/05/16	06/05/16	Finalizado	Nenhum
Serviços Hidráulicos								
Nº O.S	Setor Solicitante	Data da Solicitação	Serviços Solicitados	Duração Prevista para Conclusão (em dias)	Data de entrega Prevista	Data de Conclusão	Status da Solicitação	Requisição do Almosarifado (Materiais Utilizados no Serviço)
254/2016	Almosarifado	03/05/16	Conter vazamento na pia	1	03/05/16	03/05/16	Finalizado	4321/2016
258/2016	DGA	04/05/16	Colocar dreno do ar condicionado fora da sala	2	05/05/16	05/05/16	Finalizado	Nenhum

Fonte: Autoria Própria (2016)

Dessa forma, a planilha gerará o status onde o coordenador de manutenção acompanhará em tempo real a situação das solicitações.

6.2 – Elaboração de indicador, relatórios e gráficos

A partir das informações alimentadas no “Controle de Solicitações de Manutenção” é possível criar relatórios e gráficos para demonstrar a quantidade total de serviços requerida no mês e o total atendida, além de outras

informações.

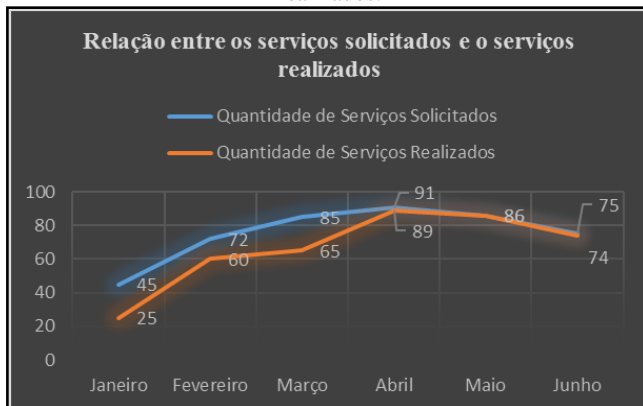
Para isso foi utilizado um indicador de produtividade fazendo a seguinte relação:

$$\frac{\sum \text{Quantidade de serviços Realizados no mês}}{\sum \text{Quantidade de serviços Solicitados no mês}}$$

Além disso a equipe de manutenção fez um comparativo no período de **janeiro a março de 2016** (antes de aplicar as ferramentas da qualidade e as melhorias propostas) com o período de **abril a junho de 2016** (depois de aplicar as ferramentas da qualidade e as melhorias propostas).

No que tange ao gráfico da Figura 4 é notório evidenciar que antes da aplicação das ferramentas da qualidade e das melhorias propostas, os serviços realizados ficavam bem abaixo do esperado. Muito dessa não realização se devia a falta de comunicação entre equipe e coordenação, acúmulo de ordens de Serviços e faltas de materiais.

Figura 4 - Relação entre os serviços solicitados e os serviços realizados.



Fonte: Autoria Própria (2016)

Após a aplicação das melhorias foi possível perceber que a média de execução dos serviços solicitados nos 3 meses (abril, maio e junho) do plano de ação proposto ficou em 98,82% de serviços realizados, constatando uma melhoria significativa, já que antes a média era de 71,79%.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação das ferramentas e dos conceitos da qualidade na Coordenação de Manutenção e Conservação do Instituto Federal de Alagoas - Campus Satuba, foi possível perceber uma melhoria no processo de execução dos serviços de manutenção.

Tais ferramentas demonstraram ser extremamente úteis, permitindo uma garantia maior nas informações (inclusive nos relatórios para os órgãos de controle externo do serviço público), um melhor planejamento na execução das demandas de serviços, uma melhor organização na divisão dos recursos e um melhor controle do desempenho para cada solicitação realizada, uma vez que não havia coleta de dados rotineira e padronizada, tampouco conhecimento e informações claras e recentes sobre o desempenho do processo em estudo.

Com a elaboração do mapeamento de processos (fluxograma), realização do brainstorming, da lista de verificação e do diagrama de Ishikawa foi possível desenvolver novas ideias que permitem uma visão mais detalhada e estratégica das ações a serem executadas. Isso

auxilia no planejamento, na organização e no controle das ações, pois agora todos possuem uma visão global do processo.

Com a realização da planilha 5W1H foi realizado um mapeamento das atividades estabelecendo o que deveria ser feito, quem faria o quê, em qual período de tempo, em qual área do setor e todos os motivos pelos quais esta atividade deveria ser feita.

Dito isto, foi possível também demonstrar o valor da gestão da qualidade e suas ferramentas na tomada de decisão, permitindo criar oportunidades para aplicação de outras ferramentas gerenciais que possam auxiliar na busca da melhoria contínua e no aumento da produtividade.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASSARD, M. Qualidade: ferramentas para uma melhoria contínua. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2004

BRITO, Juliana de Lima, et al. Ferramentas da Qualidade nas indústrias de papel e celulose da Bahia. In: **Revista SODEBRAS**, v.10, n.109, jan.2015

BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. Dinâmica da pesquisa em ciências sociais. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991.

CROSBY, Philip, B. Qualidade, falando sério. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

DEMING, William Edward. Qualidade: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

GARCIA, Gerson Engrácia et al. A qualidade no serviço público: um estudo de caso sobre a implantação e a continuidade de programa de Gestão pela Qualidade Total. **Revista Centro Universitário Barão de Mauá**, v. 1, n. 2, 2001.

ISHIKAWA, Kaoru. Controle de qualidade total à maneira japonesa. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

JURAN, J. M.; GRZYNA, Frank M. Controle da qualidade-handbook. 4 ed. vol. III. São Paulo: Makron Books & McGraw-Hill, 1992.

LUCINDA, Marcos Antônio. **Qualidade Fundamentos e práticas**. Rio de Janeiro: Brasport. 2010;

MAINARDES, Emerson Wagner; LOURENÇO, Luis; TONTINI, Gerson. Percepções dos Conceitos de Qualidade e Gestão pela Qualidade Total: estudo de caso na universidade. **GESTÃO. Org-Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 8, n. 2, 2010.

MEHRA, Satish; AGRAWAL, Surendra P. Total quality as a new global competitive strategy. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 20, n. 9, p. 1009-1025, 2003.

PALUDO, Augustinho. **Administração Pública**. São Paulo. Ed. Elsevier 3ª Edição, 2013;

PDI – PLANO DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL – IFAL. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.ifal.edu.br/documentos/pdi-1/pdi-1>. Acesso em: 16 de Agosto de 2016

QUEIROS, Evodio Kaltenecker Retto. **Qualidade segundo Garvin**. São Paulo: Annablume. 1995;

SCHIFFAUEROVA, Andrea; THOMSON, Vince. Managing cost of quality: insight into industry practice. **The TQM Magazine**, v. 18, n. 5, p. 542-550, 2006.

WECKENMANN, Albert; AKKASOGLU, Goekhan; WERNER, Teresa. Quality management-history and trends. **The TQM Journal**, v. 27, n. 3, p. 281-293, 2015.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

O ESTÁGIO ATUAL DA REGULAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

STAGE CURRENT REGULATION OF WATER RESOURCES IN BRAZIL

MARCIA GONÇALVES PIZAIA¹; MARCIA REGINA GABARDO DA CAMARA¹; IRENE DOMENES ZAPPAROLI¹

1 – Universidade Estadual de Londrina

pizaia@uel.br; mgabardo@sercomtel.com.br; zapparoli@uel.br

Resumo – Este estudo objetiva apresentar o estágio atual da regulação dos recursos hídricos no Brasil. Para tanto, abordam-se aspectos relevantes da regulação econômica - da política de recursos hídricos e da gestão de recursos hídricos no país, em especial, no Paraná. Busca-se, por meio de pesquisa bibliográfica, o embasamento teórico necessário ao estudo. Foi possível constatar que a arrecadação final das Bacias Hidrográficas Brasileiras que efetua a cobrança é insuficiente para assegurar, à atual e às futuras gerações, água em qualidade e disponibilidade suficientes através da utilização racional e integrada, da prevenção e da defesa dos recursos hídricos. A legislação paranaense, ao isentar do pagamento a produção agropecuária e o setor rural operará em sentido contrário da Lei nacional, o que configura um retrocesso na implementação de instrumento econômico da cobrança pelo uso da água.

Palavras-Chave: Recursos Hídricos. Regulação. Legislação.

Abstract – This study aims to present the current state of regulation of water resources in Brazil. Therefore, to address relevant aspects of economic regulation - the water resources policy and management of water resources in the country, especially in Paraná. Seeks, through literature, the theoretical background necessary to study. It was found that the final collection of Watershed Brazilian effecting the charge is insufficient to ensure the current and future generations, sufficient water quality and availability through rational and integrated use, prevention and protection of water resources. The Paranaense legislation to waive the agricultural production and the rural sector will operate in the opposite direction of national law, which sets a setback in the implementation of economic instrument of charging for water use.

Keywords: Water Resources. Regulation. Legislation.

I. INTRODUÇÃO

O presente estudo visa apresentar o estágio atual da regulação dos recursos hídricos no Brasil, destacando-se o Estado do Paraná. Para atingir tal objetivo investigaram-se os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos no país e pesquisou-se a situação atual da cobrança pelo uso de recursos hídricos no Brasil.

Trata-se de estudo relevante, em virtude das mudanças ocorridas na gestão de recursos hídricos no Brasil, com a aprovação da Lei 9.433, em janeiro de 1997, a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. A presente Lei prevê como instrumento de controle e gestão das águas, a

cobrança pelo uso das águas. Tendo como principais objetivos: reconhecer o valor econômico da água, assegurar a utilização racional e arrecadar recursos financeiros para subsidiar a gestão dos recursos hídricos (PEREIRA; 1996).

Além da Lei Nacional, diversos Estados brasileiros promulgaram legislações semelhantes. Existem hoje mais de 20 leis estaduais aprovadas que tratam dos respectivos Sistemas de Recursos Hídricos. Estas leis prevêm a utilização do instrumento de cobrança e o preceito de que os recursos daí derivados devem ser destinados para a bacia de onde foram gerados. Diversas legislações encontram-se na fase de regulamentação, durante a qual os critérios de implementação desses instrumentos serão definidos. (MOTTA, 1998a).

Dessa forma, o Estado fica responsável pela votação da lei que cria a agência reguladora do uso da água de suas bacias, para fazer convênio com a Agência Nacional das Águas (ANA), federal, responsável pela regulação do setor. "... caberá à agência regular a utilização dos rios de domínio da união, estabelecendo contratos de gestão com as agências de bacia, que atuam em cada bacia hidrográfica" (BRASIL, 2000).

Para tanto, o presente estudo busca, por meio de pesquisa bibliográfica, a partir de livros, revistas, legislações e sites especializado no assunto, o embasamento teórico necessário ao estudo. O trabalho possui abordagem de natureza qualitativa e quantitativa.

A regulação econômica dos recursos hídricos apresenta a transformação do valor econômico da água em um preço - ou seja, na cobrança - este é o enfoque principal deste estudo. Para melhor clareza da determinação deste preço, torna-se necessário conhecer a política nacional de recursos hídricos brasileira e a situação atual da cobrança pelo uso de recursos hídricos no país.

II. REGULAÇÃO ECONÔMICA – A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

O Decreto n. 24.643, de 10 de julho de 1934. Criou o Código de Águas, cuja execução competia ao Ministério da Agricultura e assinado pelos ministros de Estado (BRASIL, 1934).

A caracterização da água como bem econômico ocorre em decorrência de sua escassez com relação à demanda, tornando-a suscetível à atribuição de um preço por seu uso.

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a água bruta de mananciais é um bem público, o qual não pode ser vendido (BRASIL, 1988).

A cobrança a ser praticada é pelo uso desse bem, feita aos usuários. Distintamente, a água tratada pelas companhias de saneamento constitui um tipo de produto industrializado, o qual é vendido aos consumidores. Tal preço advém da interação de oferta, que é uma função das disponibilidades dos mananciais (THAME, 2000).

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, introduziu a cobrança pelo uso da água bruta no Brasil, utilizando como um instrumento de gestão, a cobrança deve arrecadar recursos para dar suporte financeiro ao sistema de gestão de recursos hídricos e às ações definidas pelos planos de bacia hidrográfica (Tabela 1). Tal cobrança indica que a água é um bem escasso e que possui um valor de mercado (BRASIL, 1997).

A cobrança pelo uso da água bruta foi regulamentada pela Lei das Águas, Lei nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 1997).

A princípio, todos os usos de recursos hídricos dependentes de outorga serão cobrados, salvo usos insignificantes e captações destinadas à produção agropecuária, como por exemplo, uso para aproveitamento hidrelétrico (conforme a resolução da ANEEL), intervenções de macrodrenagem urbana para retificação, canalização, barramento e obras similares que visem ao controle de cheias, outros usos e ações e execução de obras ou serviços necessários à implantação de qualquer intervenção ou empreendimento, que demandem a utilização de recursos hídricos ou que impliquem em alteração (PEREIRA, 1996).

A Tabela 1 apresenta a Lei nº 9.984/2000, que criou a ANA - Agência Nacional de Águas. Compete à ANA disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos (BRASIL, 2000).

No âmbito de bacia hidrográfica, estão os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências da Água, atuantes na gestão das águas.

O Comitê é um foro democrático responsável pelas decisões a serem tomadas na bacia e a Agência é o “braço executivo” do Comitê. Os Comitês e suas Agências de Água dependem da política formulada pelo Conselho Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos e pelos órgãos federais e estaduais gestores de recursos hídricos e de meio ambiente (ANA, 2015).

Fazem parte dos Comitês 14 representantes da União, dos estados, dos municípios; 16 dos usuários e 10 das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia. Compete às Agências de Água propor aos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao CERH.

Os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e de controle ambiental, municípios, usuários e sociedade civil têm direito a voz e voto no Comitê de Bacia Hidrográfica nas decisões referentes aos recursos hídricos na bacia. Tais órgãos estaduais recebem diretrizes do CNRH ou CERH e

têm como competências o controle, o monitoramento e a fiscalização dos corpos de água, além da elaboração de estudos (ANA, 2015).

No Estado do Paraná, a cobrança pelo uso da água bruta e pela disposição de efluentes nos corpos d'água do Estado foi prevista no projeto operacionalização do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FRHI/PR), com a finalidade de aplicação dos recursos em obras e serviços nas bacias hidrográficas, de acordo com a Lei Estadual nº 12.726/1999, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos para o Estado do Paraná (PARANÁ, 1999).

A Lei nº 12.726/1999 leva em consideração a capacidade de pagamento dos usuários; recursos coletados são creditados no FRHI - Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná (PARANÁ, 2001a).

O FRHI/PR destina-se à implantação e ao suporte financeiro, de custeio e de investimentos do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/PR. Cabe ao Fundo constituir-se como instrumento financeiro para a consecução de estudos, ações, planos, programas, projetos, obras e serviços pautados pelos fundamentos, objetivos e diretrizes gerais da Política Estadual de Recursos Hídricos.

Para atendimento a demandas futuras sob pedidos de outorga de direito de uso, as fórmulas de cobrança poderão conter parcela relativa a volumes reservados.

Segundo o artigo 2º do Decreto 5361/2002, a Lei Estadual paranaense nº 12.726/1999 distingue a água como um recurso limitado, com valor econômico, estabelecendo a cobrança pelo seu direito de uso na forma de um instrumento de gestão para regular seu uso, promover a utilização racional, induzir a localização espacial de atividades produtivas no território estadual, fomentar processos produtivos menos poluidores e servir como fonte de receita para o financiamento de estudos, ações, planos, programas, projetos, obras, aquisições e serviços, visando atender as metas aprovadas pelos Comitês de Bacia Hidrográfica (PARANÁ, 1999).

O Decreto nº 7.348, de 21 de fevereiro de 2013 (Revoga a 5361/2002) e Regulamentou a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos no Paraná e dá outras providências, estabelecendo dentre os seus objetivos, o de disciplinar a localização dos usuários, buscando a conservação dos recursos hídricos de acordo com sua classe preponderante de uso.

A cobrança é aplicada a todas as águas de domínio estadual e estendida às águas de domínio da União que drenam o território paranaense, de forma gradual, atendendo prioridades, como no caso das bacias hidrográficas onde as disponibilidades hídricas se encontrem intensamente comprometidas em decorrência de diversos tipos de usos.

O Conselho estabelece a forma de bonificação e incentivo a usuários que lançam água ao corpo receptor com qualidade superior àquela da captação, que desenvolve práticas conservacionistas de uso e manejo do solo e da água e práticas de proteção a mananciais subterrâneos e superficiais.

O início da cobrança pelo uso da água bruta no Estado do Paraná trouxe algumas dificuldades de operacionalização para o setor rural e a produção agrícola. O Decreto Estadual 5361/2002, regulamentou a cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná, prevendo a isenção do pagamento pelo direito de uso de recursos hídricos o setor

rural - pequenos núcleos populacionais dispersos no meio rural, e a produção agropecuária (PARANÁ, 2002). Tal isenção constante da Lei paranaense poderá instigar conflitos regionais, descaracterizando a proposta de uma gestão integrada à escala nacional, contemplada pela Lei Federal 9.433/1997.

A Tabela 1 exhibe as principais leis, decretos e portarias que formam o aparato legal norteador da Política de Recursos Hídricos da União e do Estado do Paraná (PARANÁ, 2002).

Tabela 1 – Aparato legal dos Recursos Hídricos no Brasil: Leis, Decretos e Portarias.

União	Leis, Decretos e Portarias
União Federal	<p>Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal.</p> <p>Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.</p> <p>Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos- CNRH.</p>
Paraná	<p>Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.</p> <p>Lei nº 16242, de 13 de outubro de 2009. Cria o Instituto das Águas do Paraná, conforme especifica e adota outras providências.</p> <p>Decreto nº 2.315, de 18 de julho de 2000. Estabelece normas e critérios para a instituição de comitês de bacia hidrográfica (PARANÁ, 2000a).</p> <p>Decreto nº 2.314, de 18 de julho de 2000. Dispõe sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos.</p> <p>Decreto nº 2.317, de 15 de julho de 2000. Regulamenta a competências da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos como órgão executivo gestor e coordenador central do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SEGRH/PR.</p> <p>Decreto nº 4.647, de 31 de agosto de 2001. Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FRHI/PR.</p> <p>Decreto nº 4.646, de 31 de agosto de 2001. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos.</p> <p>Decreto nº 5790, de 13 de junho de 2002. Institui o Comitê da Bacia do Rio Tibagi e designa seus integrantes.</p> <p>Decreto nº 2245, de 13 de junho de 2002. Instituir o Comitê das Bacias do Rio Pirapó, Paranapanema 3 e 4.</p> <p>Decreto nº 5427, de 22 de setembro de 2009. Instituir o Comitê das Bacias do Rio Cinzas, Itararé, Paranapanema 1 e 2, Norte Pioneiro, através da designação de seus representantes.</p> <p>Decreto nº 7.348, de 21 de fevereiro de 2013. Regulamenta a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências. Revoga o Decreto 5361/2002.</p> <p>Resolução nº 50, de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre critérios e normas gerais sobre a cobrança pelo direito de uso de recursos hídrico - CERH.</p>

Fonte: Elaborada pelos autores com base nas legislações nacionais.

A Lei nº 16.242 de 13 de Outubro de 2009, criou o Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANÁ), o qual substituiu a extinta Superintendência Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) – é responsável hoje pela gestão hídrica no estado do Paraná. (AGUASPARANÁ, 2016a).

Silva (2005) mostra que a irrigação e a geração de energia elétrica caracterizam-se como usos complementares, dependentes e competitivos, consumindo intensivamente a água, sendo extremamente essenciais para o desenvolvimento econômico do Brasil. A Lei 9.433/1997, indica que todos os usos outorgados estão sujeitos ao pagamento pelo uso da água (BRASIL, 1997).

A legislação paranaense, ao isentar do pagamento a produção agropecuária e o setor rural, operará em sentido contrário da Lei nacional, o que configura mais um retrocesso na implementação de instrumento econômico da cobrança pelo uso da água. Os princípios econômicos para a valorização econômica da água devem capturar alguns ganhos de eficiência no seu uso, mas não devem representar apenas algumas percepções pessoais, simplificadas matematicamente, sem a devida base teórica (MOTTA, 1998b).

III. SITUAÇÃO ATUAL DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS NO PAÍS

No Estado do Ceará, desde novembro de 1996, foi instituída a tarifa de cobrança pelo uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, cuja a arrecadação é destinada ao custeio das atividades do gerenciamento dos recursos hídricos, envolvendo os serviços de operação e manutenção dos dispositivos e da infra-estrutura hidráulica.

Nas Bacias do Rio Paraíba do Sul, o instrumento de cobrança iniciou em março de 2003 e nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, tal cobrança iniciou-se em janeiro de 2006. Na Bacia do Rio São Francisco e na Bacia do Rio Doce a cobrança foi implementada em 2010 e 2011, respectivamente.

Em mananciais de domínio do Estado do Rio de Janeiro, a cobrança iniciou-se em janeiro de 2004, nas bacias afluentes ao rio Paraíba do Sul, do rio Guandu, da Baía da Ilha Grande, da Baía da Guanabara, do Lago São João, do rio Macaé e rio das Ostras e do rio Itabapoana.

No Estado da Bahia, desde 2006, foi instituída a tarifa de cobrança pelo fornecimento de água bruta dos reservatórios, sendo parte da receita destinada à CERB que é responsável pela administração, operação e manutenção da infraestrutura hídrica destes reservatórios.

Em rios de domínio do Estado de São Paulo, a cobrança começou em janeiro de 2007, nas bacias afluentes aos rios Paraíba do Sul, Piracicaba, Capivari e Jundiáí, Sorocaba-Médio Tietê, Alto Tietê, Baixo Tietê e Baixada Santista. Em rios de domínio do Estado de Minas Gerais, além das bacias afluentes aos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, afluentes ao rio Doce e afluentes ao rio Paraíba do Sul, a cobrança foi implementada nas bacias dos rios Velhas e Araguari.

A Tabela 2 mostra os Valores Cobrados e Arrecadados com a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas Brasileiras, no período de 1996 a 2015, em R\$ 1,00 (em valores correntes).

Tabela 2 - Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas no País em R\$ 1,00.

Bacia Hidrográfica	Início	TOTAL (Período de 1996 a 2015)		
		Cobrado	Arrecadado	
INTER ESTADUAL	mar/03	133.327.544	130.392.288	
	jan/07	-	19.796.745	
	jan/06	164.934.182	161.198.384	
	jul/10	122.683.547	117.019.970	
	nov/11	41.142.132	30.373.141	
		462.087.404	458.780.527	
CEARÁ	nov/96	148.186.110	136.981.415	
	nov/96	2.793.402	1.245.643	
	nov/96	11.467.339	11.030.916	
	nov/96	3.924.395	3.893.625	
	nov/96	3.345.098	2.661.675	
	nov/96	381.222.379	375.913.892	
	nov/96	2.264.543	2.619.109	
	nov/96	4.732.698	4.695.517	
	nov/96	4.246.067	4.672.506	
	nov/96	11.001.168	10.761.242	
	nov/96	4.585.781	3.896.368	
	nov/96	13.975.403	11.746.625	
		591.744.383	570.118.534	
RIO DE JANEIRO	jan/04	8.676.838	8.018.208	
	jan/04	5.597.759	6.273.395	
	jan/04	5.049.736	5.808.896	
	jan/04	1.637.646	2.066.261	
	mar/04	28.995.756	27.063.694	
	mar/04	1.898.571	2.393.577	
	mar/04	175.982.629	138.249.323	
	mar/04	467.240	400.461	
	mar/04	10.269.926	11.241.091	
	mar/04	8.640.356	10.201.646	
			247.216.459	211.716.553
	SÃO PAULO	jan/07	27.116.030	26.602.972
jan/07		140.347.873	132.870.852	
ago/10		41.408.116	37.189.909	
jan/12		40.311.667	40.163.244	
jun/13		15.083.151	9.388.266	
jan/14		38.919.692	37.479.822	
		303.186.528	283.695.063	
MINAS GERAIS	mar/10	523.321	519.355	
	mar/10	57.211.741	51.105.380	
	mar/10	30.870.066	30.025.062	
	jan/12	10.492.343	10.358.919	
	jan/12	27.683.777	27.415.256	
	jan/12	7.015.412	6.923.811	
	jan/12	2.245.940	2.144.970	
	jan/12	2.715.199	2.443.874	
	jan/12	2.643.471	2.522.348	
	nov/14	1.388.520	1.074.854	
nov/14	1.344.162	933.342		
		144.133.952	135.467.171	
PARANÁ	set/13	7.240.131	6.715.707	
		7.240.131	6.715.707	
PARAÍBA	jan/15	4.124.056	408.644	
		4.124.056	408.644	
TOTAL NO PAÍS		1.759.732.913	1.647.105.454	

Fonte: ANA (2016), modificado pelos autores.

Em rios de domínio do Estado da Paraíba, a cobrança foi implementada em todas as bacias, desde 2003. No Distrito Federal foi criada a taxa de fiscalização dos usos dos recursos hídricos - TFU, devida pelos usuários de recursos hídricos pela fiscalização desses usos em qualquer modalidade. No Estado do Pará foi instituída a taxa de controle, acompanhamento e fiscalização das atividades de

exploração e aproveitamento de recursos hídricos - TFRH, cujo fato gerador é o exercício regular do Poder de Polícia conferido ao Estado sobre estas atividades em território paraense, tendo como contribuintes aqueles que utilizam recursos hídricos como insumo no seu processo produtivo ou com a finalidade de aproveitamento econômico (ANA, 2016).

Em rios de domínio do Estado do Paraná, a cobrança foi iniciada em setembro de 2013, em especial nas bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira, onde os preços unitários (PU) constituem a base do valor final de cobrança pela captação, consumo e carga lançada de efluentes, e variam de acordo com a finalidade de uso do recurso hídrico, sendo que foram apresentados pelo Instituto das Águas do Paraná e acatados em reuniões da Câmara Técnica da Cobrança (CTCOB). A Tabela 3 apresenta proposta de preços unitários aprovado pela CTCOB nas bacias em questão.

Tabela 3 – Valores propostos para a cobrança pela captação, consumo e carga lançada de efluentes bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira.

USO PREÇO UNITÁRIO (PU)
Captação de águas superficiais R\$0,01 (um centavo de real) /m ³
Captação de águas subterrâneas R\$0,02 (dois centavos de real) /m ³
Consumo de água R\$0,02 (dois centavos de real) /m ³
Carga lançada R\$0,10 (dez centavos de real) / Kg de DBO.
Total: R\$ 0,15

Fonte: Elaborada pelos autores, com base nos dados do AGUASPARANÁ (2016b).

Os preços unitários (PU) foram aplicados progressivamente, sendo: 60% dos PU nos primeiros 12 meses a partir do início da cobrança (set/2013); 80% dos PU a partir do 13º mês ao 24º mês; e 100% do PU a partir do 25º mês, apenas se implantada pelo AGUASPARANÁ, a opção de pagamento pelo uso de recursos hídricos pelos volumes e concentrações medidos.

Conforme a Tabela 2, são apresentados os valores cobrados e arrecadados - respectivamente, nas bacias hidrográficas brasileiras, que atualmente efetuam a cobrança: Interestadual R\$ 462.087.404 e R\$ 458.780.527; Ceará R\$ 591.744.383 e R\$ 570.118.534; Rio de Janeiro R\$ 247.216.459 e R\$ 211.716.553; São Paulo R\$ 303.186.528 e R\$ 283.695.063; Minas Gerais R\$ 144.133.952 e R\$ 135.467.171; Paraná R\$ 7.240.131 e R\$ 6.715.707; e Paraíba R\$ 4.124.056 e R\$ 408.644 (Período de 1996 a 2015).

Ao final de 2015 o Brasil obteve um resultado total cobrado de R\$ 1.759.732.913 e arrecadado de R\$ 1.647.105.454 – deve-se destacar que tal resultado é a somatória de toda a cobrança efetuada nas bacias brasileiras, desde o início da cobrança pelo uso da água - iniciada a partir de 1996, até o ano de 2015, em valores correntes. Tal arrecadação (R\$ 1.647.105.454) não é suficiente para cobrir os custos de manutenção e preservação de todo o sistema hídrico nacional.

IV. CONCLUSÃO

As leis dos recursos hídricos, tanto nacional quanto estaduais, configuraram as forças políticas regionais responsáveis pela arrecadação de recursos, a partir da cobrança pelo uso da água, promovendo o seu uso adequado. Com essas leis, o Estado do Paraná alcança condições para entrar em nova fase de gerenciamento de seus

recursos hídricos, na qual todos os usuários decidem pelo melhor uso da água e pelos investimentos necessários, organizados em torno de suas bacias.

A arrecadação final das Bacias Hidrográficas Brasileiras que efetuam a cobrança, ou seja, daquelas Bacias que iniciaram a cobrança a partir da década de 90 até os dias atuais, totalizaram um montante de R\$ 1.647.105.454,00 ao final de 2015. Destacando-se que a referida arrecadação soma todas aquelas realizadas nas bacias do país desde os respectivos inícios de cobrança pelo uso da água até 2015. Tal cobrança é insuficiente para assegurar à atual e às futuras gerações água em qualidade e disponibilidade suficientes através da utilização racional e integrada, da prevenção e da defesa dos recursos hídricos.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado não é uma taxa, nem um imposto, é um instrumento econômico. A citada cobrança deverá mobilizar o setor rural no sentido de haver uma mudança de comportamento. Essa mudança deve representar ganhos ao meio ambiente e aos próprios produtores rurais, que serão estimulados a aprimorar seus processos e sistemas produtivos, como os sistemas de irrigação e as práticas de conservação do solo.

É importante salientar outros aspectos da cobrança com relação ao abastecimento rural e ao uso da água na agricultura. A maioria dos países em desenvolvimento e alguns países desenvolvidos baseiam-se no custo médio para o cálculo da cobrança. Tais países geralmente não ajustam seus preços por região, apesar de os custos de abastecimento serem bastante diferenciados. Todavia, caso a cobrança se efetive partindo de uma tarifa média, será distorcido o objetivo ótimo da eficiência econômica.

Na maioria dos estados brasileiros, a derivação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos esta sendo obtida considerando-se um rateio de custos do montante arrecadado pela cobrança pelo uso da água e pela captação e lançamento de efluentes, quantia a ser utilizada para investimentos na bacia hidrográfica, objetivando-se elevar a qualidade dos rios, nascentes e poços.

Efetuar a cobrança considerando o valor que cada usuário pagará observando somente um município, ou estado, também poderá ser considerada uma cobrança ineficiente.

A disposição dos países em implementar a cobrança pela água não pode ser explicada apenas pelos seus níveis de escassez ou pelo tamanho do déficit orçamentário. A maioria dos países reconhece a necessidade de formas de medir e cobrar o volume efetivamente consumido, afastando-se da cobrança uniforme e abolindo a prática de fixar preços muito baixos em função da capacidade de pagamento do usuário - exceto quando existe um objetivo social claramente definido.

Conforme Potratz e Tressmann (2016), a comunidade social possui uma relação característica com a água, que reflete a variedade de valores. Neste sentido, a não participação efetiva da comunidade nesse novo modelo de gestão sustentável dos recursos hídricos acaba comprometendo a busca da sustentabilidade social e ambiental.

A Valoração Contingente da disponibilidade a pagar objetiva: estudar os determinantes da disponibilidade a pagar pelo uso da água, obtendo uma estimativa do valor que eles estariam dispostos a pagar, permitindo avaliar a probabilidade de esses consumidores aceitarem pagar um

preço para obterem mananciais limpos, que garantam o fornecimento de água de boa qualidade e quantidade; comparar o modelo hipotético de escolha com o modelo que reflita as escolhas atuais dos consumidores de água, servindo como teste de validade da própria metodologia de Valoração Contingente. É através dessa estimativa que o poder público poderá avaliar os benefícios diretos de projetos nessa área.

Tal metodologia poderá servir de orientação e oferecer subsídios técnicos e analíticos de suporte aos processos de cobrança pelo uso da água bruta no setor agrícola produtivo paranaense, que estão sendo desenvolvidos no Estado do Paraná. A partir de metodologias eficientes pode-se definir uma tarifa eficiente a ser cobrada pelo uso da água bruta. Tal tarifa poderá aumentar o bem-estar social da sociedade, assim como ser o preço indicado aos gerenciadores dos programas de recursos hídricos, visto que a cobrança do setor rural ainda não foi efetivada no Estado do Paraná.

Uma vez que é observável na Lei 12.726/99 (PARANÁ,1999), que estipula as políticas de recursos hídricos para o Estado do Paraná, a exclusão do setor agrícola quando da outorga e cálculo do valor a ser cobrado pelo direito de uso de recursos hídricos. Esta decisão deixa de fora 60% do território do Estado, que é ocupado por atividades agrícolas.

A legislação paranaense, ao isentar do pagamento a produção agropecuária e o setor rural, operará em sentido contrário da Lei nacional, o que configura mais um retrocesso na implementação de instrumento econômico da cobrança pelo uso da água.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná. Plano das bacias do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira. 2013. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/COALIA_R/Comite/plano_de_bacia/Programa_para_Efetivacao_verse_o_07.pdf>. Acesso em: setembro de 2016a.

_____. Resolução nº05 do Comitê das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira - COALIAR, de 11 de julho de 2013. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/COALIAR/Resolucoes/Resolucao_de_Cobranca.pdf>. Acesso em: setembro de 2016b.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Valores Cobrados e Arrecadados.** Mar/2015. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>>. Acesso em: setembro de 2016.

BRASIL. Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH.

_____. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade Federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, 17 jul 2000.

_____. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos.

_____. Decreto n. 24.643, de 10 de julho de 1934. Cria o Código de Águas, cuja execução competia ao Ministério da Agricultura e assinado pelos ministros de Estado. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 15 de novembro de 2015.

MOTTA, R. S. da. **Utilização de Critérios Econômicos para a Valorização da Água no Brasil**. Texto para Discussão 556, IPEA/DIPES, abr./1998a. 85 p.

_____. **Manual de Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Brasília: IPEA/MMA/IBAMA, 1998b.

PARANÁ. Decreto nº 7.348, de 21 de fevereiro de 2013, Regulamenta a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências. Revoga o Decreto 5361/2002.

PARANÁ. Lei nº 16.242, de 13 de Outubro de 2009: Cria o Instituto das Águas do Paraná. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=52454&indice=3&anoSpan=2010&anoSelecionado=2009&isPaginado=true>>. Acesso em: novembro de 2016.

_____. Decreto nº 5427, de 22 de setembro de 2009. Instituir o Comitê das Bacias do Rio Cinzas, Itararé, Paranapanema 1 e 2, Norte Pioneiro, através da designação de seus representantes.

_____. Resolução CERH nº 50, de 20 de dezembro de 2006, Dispõe sobre critérios e normas gerais sobre a cobrança pelo direito de uso de recursos hídrico.

_____. Decreto n ° 5.361, de 26 de fevereiro de 2002. Regulamenta a Cobrança pelo Direito de Uso de Recursos Hídricos. Curitiba: Assembléia Legislativa do Estado do Paraná, 26 fev. 2002.

_____. Decreto nº 5790, de 13 de junho de 2002, institui o Comitê da Bacia do Rio Tibagi e designa seus integrantes.

_____. Decreto nº 2245, de 13/06/2002. Instituir o Comitê das Bacias do Rio Pirapó, Paranapanema 3 e 4.

_____. Decreto nº 4.647, de 31 de agosto de 2001. Aprova o Regulamento do Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FRHI/PR. 2001a.

_____. Decreto nº 4.646, de 31 de agosto de 2001. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências. 2001b.

_____. Decreto nº 2.315, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o processo de instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica, e adota outras providências. 2000a.

_____. Decreto nº 2.314, de 17 de julho de 2000, publicado no Diário Oficial do Estado, de 18 de julho de 2000. Dispõe sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2000b.

_____. Decreto nº 2.317, de 15 de julho de 2000. Regulamenta a competências da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos como órgão executivo

gestor e coordenador central do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SEGRH/PR, e adota outras providências, 2000c.

_____. Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. Lei do Sistema Estadual de Recursos Hídricos: Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraná. Curitiba: Assembléia Legislativa do Estado do Paraná, 26 nov. 1999. 14p.

PEREIRA, J. S. **Análise de Critérios de Outorga e Cobrança Pelo Uso da Água na Bacia do Rio dos Sinos**. RS. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. 110f. Dissertação de Mestrado Engenharia Civil. 1996. 136 p.

POTRATZ, Z. F., TRESSMANN, Ismael. A importância dos processos de preservação do rio São Sebastião e a legislação ambiental. Belo Horizonte – MG. **Revista Sodebras**, vol. 11, n.º 112, 2016, pp. 51-55.

SILVA, Maria V. D. de C. **Principais Avanços e Retrocessos na Implementação dos Instrumentos Econômicos na Nova Política dos Recursos Hídricos Brasileira**. Universidade da Bahia. Curso de Pós-Graduação em Economia (CME). Dissertação de Mestrado em Economia. 2005. 190 p.

THAME, A. C. M. et. Al. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração LTDA., 2000. 256 p.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

USO DA METODOLOGIA COMMONKADS E ONTOLOGIAS PARA MODELAGEM DO CONHECIMENTO LEGAL NECESSÁRIO PARA ELABORAÇÃO DE SENTENÇAS DE PROCESSOS DA ÁREA DA DEFESA DO CONSUMIDOR

USING THE COMMONKADS METHODOLOGY AND ONTOLOGIES FOR MODELING THE LEGAL KNOWLEDGE NECESSARY FOR PREPARATION OF JUDGMENTS OF PROCESSES IN THE AREA OF CONSUMER PROTECTION

MAURÍCIO JOSÉ RIBEIRO ROTTA¹; BEATRIZ MARCONDES DE AZEVEDO¹; FRED LEITE
SIQUEIRA CAMPOS²

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA; DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA
ADMINISTRAÇÃO; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA; DEPARTAMENTO DE
ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS.

maurotta@gmail.com; biabizzy@gmail.com; fred.campos@ufsc.br.

Resumo – *As diversas inovações tecno-jurídico-legislativas têm contribuído para a instrumentalização da justiça por meio da gestão eletrônica de processos judiciais digitais. Com fins de maximizar os processos decisórios, este estudo teve como objetivo modelar o conhecimento legal necessário na elaboração de sentenças. Concluiu-se que, com a contribuição Engenharia do Conhecimento e dos princípios de Governo Eletrônico é possível oportunizar maior transparência, inclusão, democratização do acesso à justiça e maior celeridade na prestação jurisdicional.*

Palavras-chave: *Engenharia do Conhecimento. Ontologia. Processo Judicial Digital. CommonKads/ontoKEM.*

Abstract - *The several techno-legal and legislative innovations have contributed to the instrumentalization of justice through the systems for the management of electronic judicial process.. With the purpose of maximizing decision-making, this study aimed to model the necessary legal knowledge in drafting judgments. It was concluded that with the Knowledge Engineering and contribution of eGovernment principles can create opportunities for greater transparency, inclusion, democratization of access to justice and more speed in adjudication.*

Keywords: *Knowledge Engineering. Ontology. Digital Judicial Process. CommonKads/ontoKEM.*

I. INTRODUÇÃO

A morosidade do Poder Judiciário Brasileiro na prestação de serviços jurisdicionais é um problema que vem se apresentando há décadas. Segundo Beal (2006), a busca pela resolução de litígios junto ao Judiciário, como demandante, demandado, advogado, membro do ministério público ou defensor é, no conjunto, morosa, burocrática e ineficiente. Tal afirmativa é confirmada pelo relatório Justiça em Números 2012, publicado anualmente pelo Conselho Nacional de Justiça (CNJ): a taxa de congestionamento (mede a produtividade e efetividade da prestação jurisdicional) para processos em tramitação em

primeiro grau de jurisdição é de aproximadamente 77%. Quanto maior esta taxa, maior o estoque de processos pendentes de julgamento ao final de cada período de medição. O autor entende que os processos judiciais se acumulam nos cartórios e gabinetes, esperando indefinidamente por sua resolução, o que pode demorar muitos anos, prejudicando as partes interessadas.

Frente a este panorama complexo, Rover e Mezzaroba (2011) assinalam as alterações que estão ocorrendo no Poder Judiciário Brasileiro, com destaque para: instrumentalização da prestação de serviços jurisdicionais em formato digital, adoção de boas práticas administrativas e de governo eletrônico, bem como por políticas públicas mais inclusivas, como meio para combater o emperramento e a morosidade da Justiça.

Silva (2010) acrescenta que as inovações de ordem tecnológica, de gestão pública e jurídico-legislativa estão acontecendo, de forma contínua, alterando a rotina dos operadores do direito, na busca de benefícios para as Cortes de Justiça e para a população em geral.

Nesse sentido, as políticas determinadas pelo Governo Eletrônico, bem como os recursos oferecidos pela engenharia de conhecimento podem apoiar no processo de planejamento, armazenamento, compartilhamento, aplicação e avaliação das melhores práticas relacionadas à instrumentalização do Poder Judiciário, e em especial, na disponibilização de recursos computacionais para apoiar diretamente as atividades intensivas em conhecimento executadas pelos magistrados. Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar metodologias e ferramentas que permitam a modelagem do conhecimento legal necessário na elaboração de sentenças, em especial, utilizando como exemplo os processos de rescisão contratual em varas estaduais com competência para atuar na defesa do consumidor, pois esta compreensão é essencial para o desenvolvimento de sistemas de gestão eletrônica para

processos judiciais digitais, uma vez que o magistrado é o principal agente na resolução dos processos judiciais.

Em termos metodológicos, trata-se de uma pesquisa exploratória-descritiva de abordagem qualitativa. A primeira etapa da pesquisa foi relativa à fundamentação teórica sobre Ciberdemocracia, o Poder Judiciário, a função jurisdicional e o papel do juiz, a motivação das decisões jurisdicionais; e também dos conceitos envolvendo a Gestão e Engenharia do Conhecimento, com foco nas metodologias para o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento e modelagem de conhecimento, como é o caso da metodologia CommonKADS, e o uso do ontoKem e Protégé para a elaboração de ontologias. Terminada a fundamentação teórica, iniciou-se a etapa de preenchimento das etapas propostas por Schreiber *et al.* (2002) visando estruturar o Modelo de Organização, Tarefa e Agente, e também o Modelo de Conhecimento e Comunicação. Para a elaboração do Modelo de Conhecimento, foram empregadas ferramentas para o desenvolvimento da ontologia, a ontoKEM e o Protégé, para a implementação.

II. CIBERDEMOCRACIA E PODER JUDICIÁRIO

O conceito de ciberdemocracia surgiu com a disseminação da *widewebworld* (www) e suas aplicações, uma vez que a internet se tornou uma ferramenta de fomento da democracia, oportunizando, em maior ou menor grau, a participação dos cidadãos na vida política de cidades, estados e do próprio país. Para Gomes (2005), a ciberdemocracia se refere ao uso de aplicações de TICs e dispositivos da internet, voltados para o incremento das potencialidades de participação popular na condução dos negócios públicos, visando apoiar na estruturação e organização das práticas democráticas, políticas e sociais do Estado, em prol da população.

III. PODER JUDICIÁRIO, SUAS ESTRUTURAS E FUNÇÕES

Conforme Moraes (2003), o Poder Judiciário é um dos três poderes clássicos previstos pela doutrina, autônomo, independente, e vital importância no Estado de Direito, pois além de administrar a Justiça, é o guardião da constituição, preservando a igualdade e a equidade.

Um dos princípios basilares do constitucionalismo moderno é a separação de poderes, o qual visa impedir a concentração absoluta de poder nas mãos do soberano ou governante, conforme Magalhães (2009). A separação dos poderes determina que cada uma das funções do Estado é de responsabilidade de um órgão, com a aplicação de freios e contrapesos, operando como mecanismos de controle mútuo. Tais mecanismos, se construídos de maneira apropriada e equilibrada, e aplicados de forma correta e não distorcida, resultam na autonomia dos três poderes, não existindo a supremacia de um sobre os demais.

De acordo com Mendes (2005), o Poder Judiciário brasileiro está estruturado, na sua cúpula com o Supremo Tribunal Federal (STF), cuja principal missão é a guarda da Constituição, com as funções judiciais atribuídas a três ramos especializados de justiça (trabalhista, eleitoral e militar) e a justiça comum, a qual apresenta competência ampla para diversas matérias, se subdividindo em Justiça Federal e Justiças Estaduais.

3.1 A função jurisdicional e o papel do juiz

Conforme Moraes (2003), paralelamente função de legislar e administrar, o Estado exerce o papel de julgar, ou seja, a função jurisdicional, em acordo com o ordenamento jurídico vigente, de forma coativa, sempre que for necessário. A função de compor os litígios e decidir sobre as controvérsias é atividade inerente ao Estado, que não apenas detém o poder jurisdicional, mas, sobretudo, assume o dever de jurisdição, ou seja, julgar, aplicando a lei a um caso concreto, que lhe é posto, resultante de um conflito de interesses.

Conforme Azevedo (2010), cabe destacar que o trabalho do juiz é composto por uma série de ações e decisões que ora dependem e ora repercutem nos diferentes níveis hierárquicos dos outros sistemas e subsistemas existentes para regular e regulamentar a vida em sociedade. Acrescenta-se ainda que a prestação jurisdicional demanda atividades intensivas em conhecimento e cognição por parte dos magistrados, aonde processos perceptivo, afetivo, atencional, mnemônico e de raciocínio são ativados, exigindo-lhe não apenas conhecimentos técnicos e específicos, como também conhecimentos gerais, uso da criatividade, trabalho em equipe e relacionamento humano.

3.2 A motivação das decisões jurisdicionais

Segundo Almeida (2012), os magistrados são independentes para receber e analisar os fatos narrados ou registrados nos autos judiciais, bem como verificar a juridicidade e proceder à aceitação ou não dos pedidos formulados pelas partes. Em contrapartida, devem fundamentar suas decisões, por meio da apreciação do conteúdo dos autos processuais. Esta apreciação consiste em operações mentais realizadas pelo julgador, partindo das provas apresentadas, visando estabelecer a certeza sobre as afirmações inerentes aos fatos e ao direito, argumentadas pelos litigantes. Assim, ao analisar os pedidos das partes, os agentes realizam a valoração das provas juntadas aos autos, buscando determinar o valor probatório alcançado por cada meio em relação a um direito específico, e visa estabelecer, quando e até que ponto, a argumentação formulada pela parte relativa ao pedido sob júdice pode ser considerada verdadeira sobre as bases probatórias.

Para Azevedo (2010), o trabalho dos magistrados requer menos esforço físico, porém, ênfase na capacidade decisória, com a influência de fatores cognitivos no tratamento da informação recebida e na decisão gerada no desenrolar da tarefa. Almeida (2012) acrescenta que esses profissionais devem decidir a matéria fática através da convicção formada pela análise das provas juntadas aos autos judiciais. Após a juntada da prova e seguindo uma análise racional, tiram suas conclusões em conformidade com as provas e a legislação aplicada ao caso em concreto.

De acordo com Azevedo (2010) e Rotta *et al.* (2013), percebe-se, portanto, que se trata de um trabalho complexo, predominando a exigência cognitiva, uma vez que lhes é requerida a gestão de diferenciadas informações, atenção, concentração, solicitação mnemônica de leis, códigos e números, cálculo mentais de prazos, tempo da pena e pressão temporal. É assim, uma atividade que demanda agilidade intelectual e velocidade de raciocínio e inclui uma variedade de artefatos de trabalho (audiências, telefone, e-mail, internet, intranet, códigos, leis, jurisprudências).

A forma de valoração adotada pelo sistema processual brasileiro é o da persuasão racional, também chamada de livre convencimento motivado, de acordo com Almeida

(2012). Neste sistema, o julgador é livre para formar seu convencimento, garantindo às provas o peso que entender admissível em cada processo, inexistindo hierarquia entre os meios de prova. Isto não significa que o magistrado poderá decidir fora dos fatos alegados nos autos processuais, mas que dará aos fatos alegados, de forma racional, a consideração diante da análise das provas produzidas. A sua convicção vai sendo formada, gradualmente, a cada juntada de provas, e ao final a valoração racional da prova deve ser expressa por meio dos fundamentos lógicos da decisão.

Para Dinamarco (2000), a elaboração de sentenças baseia-se no conteúdo formal e substancial da motivação e requer por parte do operador, que se proceda à decomposição formal da estrutura normativa, conforme determinado pela legislação, para caracterizar o conteúdo e os fatos jurídicos que motivam a elaboração da sentença.

3.2.1 Conteúdo da sentença

Conforme Dinamarco (2000), a sentença é o resultado da soma e aplicação dos processos cognitivos e raciocínio lógico do magistrado, bem como de suas experiências com casos anteriores, vivência profissional e formação acadêmica. A estruturação e formação da sentença obedecem a um rigoroso procedimento técnico, requerendo domínio e conhecimento especializado de diversos diplomas legais e regramentos específicos, os quais são empregados pelos magistrados na análise dos fatos e provas apresentados pelas partes. A sentença contém premissas e uma conclusão, e deve apresentar o resumo dos fatos, a partir da pretensão do autor, a defesa do réu, os fatos alegados e provados, o direito aplicável e a solução final da controvérsia.

3.3 Gestão e Engenharia do Conhecimento

Para Gottschalk (2007), a gestão do conhecimento pode ser definida como processos sistemática e organizacionalmente definidos para aquisição, organizar e comunicar o conhecimento dos colaboradores, assim outros colaboradores podem utilizar este conhecimento, para serem mais produtivos e efetivos. Eisenhardt e Santos (2002) definem gestão do conhecimento como um processo sistemático, articulado e intencional, por meio da geração, identificação, codificação, disseminação, apropriação, renovação e aplicação dos conhecimentos estratégicos na vida de uma organização. Através da gestão do conhecimento, as organizações tomam melhores decisões referentes à realização das estratégias empresariais, relativas aos clientes, fornecedores, concorrência, canais de distribuição, e também ao ciclo de vida de bens e serviços.

No que diz respeito à Engenharia do Conhecimento (EC) Studer, Benjamins e Fensel (1998) assinalam que esta tem sua origem na necessidade de métodos e técnicas formais para auxiliar no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, de forma sistêmica e controlada.

Matté (2009) conceitua a aquisição do conhecimento como parte do processo de desenvolvimento de sistemas especialistas ou de outros produtos informatizados e não-informatizados, a qual está relacionada à captura do conhecimento necessário para a resolução de determinado problema. Nesse processo de aquisição, conforme Calhoun e Starbuck (2005), o conhecimento é obtido por meio de especialistas e também por meio de outras fontes não humanas como, por exemplo, manuais, base de dados, textos em geral e nas redes sociais.

A EC possui diversas ferramentas, técnicas e metodologias que atendem ao desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, como VITAL, proposto por Meseguer e Preece (1995), MIKE proposto por Angele, Fensel e Studer (1996) e CommonKADS proposto por Schreiber *et al.* (2002), que definem o caminho a ser seguido para se chegar a um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC).

Para a representação do conhecimento, a EC se vale de ontologias. Segundo Gruber (1993), uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização. Borst, Akkermans e Top (1997), estendem o conceito de ontologia, como sendo uma especificação de uma conceitualização compartilhada, um consenso em vez de uma visão individual. Ainda, tal conceitualização deve ser expressa em um formato compreensível por um computador.

Para este trabalho, escolheu-se a metodologia CommonKADS por definir uma separação mais clara de seus modelos, por fornecer uma visão multidisciplinar, por ter base tecnológica e diretrizes na gestão e por possibilitar a explicitação, modelagem e emulação do conhecimento. Por sua vez, para a modelagem do conhecimento, será utilizada uma ontologia.

Andrade *et al.* (2010), Zacharias (2009) e Schreiber *et al.* (2000), apontam o CommonKADS com sendo a metodologia acadêmica mais influente no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, a qual considera tal desenvolvimento eminentemente como uma tarefa de modelagem, com ênfase no contexto da aplicação e na construção de modelos conceituais de conhecimento, por meio de níveis: domínio, inferência e tarefa.

Conforme Prat, Akoka e Comyn-Wattiau (2012), no nível de contexto, três modelos são requeridos: organização, tarefa e agente. O modelo de organização apoia a análise da organização, enquanto que o modelo de tarefa descreve as tarefas que são executadas no ambiente organizacional, e o modelo de agente descreve habilidades, normas, preferências e permissões de agentes. O nível de conceito considera modelos de conhecimento e comunicação.

IV. RESULTADOS

A aplicação da metodologia CommonKADS para identificação do conhecimento utilizado pelos magistrados durante a elaboração de uma sentença no caso de rescisão contratual, segundo o Código de Defesa do Consumidor deve considerar que: ao tomar conhecimento da vontade das partes, deve definir qual das arguições corresponde o melhor interesse, segundo as regras do ordenamento jurídico em vigor, e ao final do processo, dar composição ao conflito, fazendo prevalecer a pretensão correspondente. Com a metodologia torna-se possível delinear o ambiente organizacional, identificando o problema e atividades realizadas para solucioná-lo e modelar o conhecimento legal necessário para a elaboração da sentença.

4.1 - Modelo da Organização

Conforme Schreiber *et al.* (2002), o Modelo de Organização apresenta cinco etapas para a resolução de problemas e oportunidades no contexto organizacional, descrição de aspectos de recursos humanos e processos, buscando tornar mais compreensivo o contexto organizacional onde o sistema de informação está inserido,

oportunizando a necessária base de integração entre o operacional e a organização para o início do projeto.

As lacunas e inconsistências dos SI e conhecimento estão diretamente relacionadas à sua adequação à organização, para que os diversos fatores que influenciam o sucesso ou fracasso estejam sob controle.

A primeira etapa relaciona problemas organizacionais, características do contexto organizacional de uma vara da justiça comum com a competência para julgar ações de rescisão de contratos, operando com processos judiciais digitais, sob a normatização do Código De Defesa do Consumidor (CDC), e listas as soluções encontradas.

4.1.1 - Contexto Organizacional do Poder Judiciário

- Missão, visão, objetivos do Poder Judiciário:

Missão: Realizar Justiça

Descrição da Missão: Fortalecer o Estado Democrático e fomentar a construção de uma sociedade livre, justa e solidária, por meio de uma efetiva prestação jurisdicional.

Visão: Ser reconhecido pela sociedade como instrumento efetivo de justiça, equidade e paz social.

Descrição da Visão: Ter credibilidade e ser reconhecido como um Poder célere, acessível, responsável, imparcial, efetivo e justo, que busca o ideal democrático e promove a paz social, garantindo o exercício pleno dos direitos.

- Atributos de Valor para a Sociedade: credibilidade; celeridade; acessibilidade; transparência; Responsabilidade socioambiental; imparcialidade; ética e; probidade.

- Fatores externos mais importantes, com os quais é preciso enfrentar: maior conscientização e exigência da sociedade por tutela jurisdicional mais célere e qualitativa; demanda por eficiência operacional e sustentabilidade, com economia dos recursos do erário público; demanda pelo alargamento do acesso a justiça e a promoção efetiva do cumprimento das decisões; fortalecimento da relação entre os poderes, setores e instituições, com vistas as prevenção dos litígios judiciais e solução coletiva de demandas; demanda por transparência e ética na administração pública; adoção em larga escala de sistemas informatizados para a gestão de processos judiciais eletrônicos; crescente necessidade de interoperação entre os sistemas das instituições que operam no cenário da Justiça, resultante da informatização dos demais atores do cenário da justiça, tal com Ministério Público, Procuradorias de Estado e Município, Defensorias, Secretaria de Segurança Pública, Delegacias, Presídios, Tribunais Superiores, Escritórios de Advocacia, dentre outros; planejamento estratégico do CNJ determinando a adoção do processo judicial digital pela Justiça Brasileira, resultando em demanda na aquisição e/ou desenvolvimento de soluções por parte dos Tribunais de Justiça; necessidade do Poder Judiciário em se aparelhar para fazer frente às novas demandas da população e determinações do CNJ; tendências do setor de TI: mobilidade, modelo nas nuvens e redes sociais; tendência de virtualização das organizações; necessidade de adesão aos requisitos da lei 11.419/06; ingerência do CNJ no planejamento dos Tribunais.

Diante do exposto verifica-se que a primeira etapa listou aspectos gerais do Poder Judiciário e seus órgãos - visão, missão e valores—, que são os aspectos invariantes necessários ao entendimento do contexto organizacional frente aos problemas abordados.

Após a fase inicial, passou-se para a verificação dos aspectos variantes, constantes na segunda etapa, que são aspectos que podem ser mutáveis de acordo com o desenvolvimento de soluções para a problemática apresentada, a saber: estrutura do Poder Judiciário; processos relacionados à elaboração da sentença; pessoas; recursos; conhecimento e cultura e poder.

Com base na análise realizada com os componentes da segunda etapa, em especial os processos associados ao trabalho dos magistrados durante a motivação para elaboração da sentença, tem-se a terceira etapa que busca descrever os passos associados à elaboração da sentença, detalhando as tarefas com informações sobre quem realiza, onde são realizadas, quais recursos são utilizados, se as tarefas são intensivas em conhecimento e sua significância dentro do domínio do problema.

Após relacionar os principais ativos de conhecimento, para finalizar o Modelo de Organização é necessário analisar a viabilidade da solução em potencial do problema. Portanto, o modelo de organização finaliza a etapa da metodologia específica sobre a Organização, na qual foram analisados o escopo e a viabilidade da proposta. Schreiber *et al.* (2002) entende as questões organizacionais e sua relevância como sendo fatores críticos de sucesso para projetos de sistemas de conhecimento.

4.2 Modelo de Tarefas

De acordo com Schreiber *et al.* (2002), após a finalização do modelo de organização, a metodologia propõe como próximo passo a análise das tarefas, de forma a estruturá-las e identificar entradas, saídas, pré-condições, critérios de desempenho, recursos e competências.

Para os mesmos autores, tarefas são sub-partes bem definidas de processo de negócio; assim as tarefas (analisar os pontos controvertidos; apreciar as alegações e provas do autor; apreciar a defesa e provas do réu; analisar os fatos e os direitos, com base na pesquisa realizada; indicar as provas e a respectiva fundamentação legal; elaborar a conclusão; elaborar a parte dispositiva da sentença; declarar decisão: procedente, improcedente ou parcialmente procedentes) fazem parte do Modelo de Tarefa e, por terem sido consideradas tarefas intensiva em conhecimento, fizeram parte do o objeto da proposta de representação do conhecimento. Ao finalizar a análise do modelo de tarefas, o passo seguinte foi trabalhar o modelo de agente.

4.3 Modelo de Agente

Para Schreiber *et al.* (2002), o modelo de agente considera como sendo agentes de interesse da modelagem, trabalhadores efetivos ou sistemas que atuam como atores na tarefa. Assim, os agentes considerados na elaboração da sentença foram: o juiz e assessor de gabinete do juiz.

Destaca-se que o modelo de agente finda a análise da organização, tarefa e agente, conforme proposto por Schreiber *et al.* (2002), resultando em uma análise mais eficiente das medidas e melhorias de uso do conhecimento pelos profissionais interessados.

O Modelo de Organização, Tarefa e Agente, representado pelo Quadro 1 resume as características do sistema especialista modelado para subsidiar decisor.

Quadro 1 - Modelo de Organização, Tarefa e Agente

Modelo de Organização, tarefa e agente	
Impactos e mudanças na organização	O SBC proposto busca a identificação do conhecimento utilizado pelos magistrados no momento de fundamentar a motivação da sentença. Esta compreensão é o primeiro passo para estruturar modelos de conhecimento que poderão ser aplicados em larga escala para atender qualquer classe processual que esteja sendo sentenciada pelos mesmos. Considerando tais agentes são tidos como o principal gargalo para a tramitação com celeridade das sentenças, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema especialista para apoiá-los na busca, seleção e estruturação das sentenças.
Tarefa/agente impactos específicos e mudanças	Tarefa: com a elaboração de um sistema especialista para apoio à elaboração da sentença, os magistrados e seus assessores poderão contar com recursos computacionais modelados em conformidade com suas atividades intensivas em conhecimento. Ocorrerão impactos positivos relacionados ao tempo de tramitação dos processos digitais, melhorando a produtividade dos magistrados e sua equipe de apoio, bem como a qualidade da sentença elaborada.
Atitudes e compromisso	É necessário apoio da alta administração para disponibilização e aporte a solução, além das pessoas detentoras do conhecimento a ser disponibilizado.
Ações propostas	Definição de gerente responsável para o projeto; escolha da equipe; Planejamento das atividades para execução do projeto; Verificação da viabilidade técnica da proposta.

Fonte: Os autores (2013)

4.4 - Modelo de Conhecimento

Para modelagem do conhecimento, foi utilizada a ferramenta Protégé e a ontoKEM. A aquisição do conhecimento teve como base as seguintes fontes: Constituição Federal, Código De Processo Civil, Código Civil, Código de Defesa do Consumidor, orientações e normativas desenvolvidas pelo CNJ, levantamento bibliográfico complementar sobre direito processual e processos judiciais e a experiência dos autores. Considerando a necessidade de restringir o universo da pesquisa, esta pesquisa está focada em ações relacionadas à defesa do consumidor, cujo pedido do autor solicita a rescisão contratual, considerando em especial os artigos 18, 19, 20, 49 e 51 do Código de Defesa do Consumidor.

Nesta etapa, buscou-se organizar e conceituar o conhecimento do domínio. Utilizando o ontoKEM, foi realizado o cadastro das perguntas de competências, com a indicação de termos e relações que foram trabalhados na ontologia, resultando num vocabulário, o qual foi estruturado numa taxonomia. Por fim, termos e relações foram associados, considerando seus respectivos *ranges* e domínios. Com a finalização da ontologia na ferramenta ontoKem, o arquivo owl resultante da modelagem realizada foi exportado para a ferramenta Protégé-OWL, versão 4.3,

cujo ambiente permite construir e manipular ontologias de domínio. Neste ambiente, a ontologia foi validada e testada.

Com base no que foi apresentado, infere-se que os dados coletados permitiram entender o contexto organizacional e o ambiente em que o sistema de conhecimento será inserido, bem como descrever conceitualmente o conhecimento que é aplicado na tarefa que será modelada pelo sistema de conhecimento.

V. CONCLUSÃO

Este estudo teve como foco explorar a aplicação de técnicas de engenharia do conhecimento voltadas para a definição de um Sistema de Conhecimento com a utilização da metodologia CommonKADS e o uso de ontologias, buscando modelar o conhecimento legal necessário na elaboração de sentenças pelos magistrados, tomando como exemplo processos de rescisão contratual, sob a ótica do código de defesa do consumidor. A fundamentação de uma sentença é uma atividade complexa que demanda conhecimento, experiência, raciocínio lógico e habilidade para resolver situações que requerem análise, dedução e conclusão em conformidade com o processo judicial.

Com base na análise dos resultados foi possível perceber que as atividades intensivas em conhecimento executadas pelos magistrados foram representadas como artefatos resultantes da aplicação da metodologia CommonKADS. Nesse sentido, verificou-se a possibilidade da evolução do modelo proposto avançar na direção do desenvolvimento de um sistema baseado em conhecimento para apoiar o processo decisório dos juízes.

Destaca-se que a abordagem teórica da gestão de conhecimento e engenharia do conhecimento ajudaram na compreensão do ferramental a ser aplicado para a resolução do problema apresentado. Esses conceitos, bem como o estudo da aplicação da engenharia do conhecimento no âmbito jurídico e de governo eletrônico, promoveram a base para a realização da modelagem do conhecimento legal necessário na elaboração de sentenças pelos magistrados.

Portanto, com base na aplicação da metodologia proposta, inicialmente realizou-se o levantamento do contexto organizacional, identificação de oportunidades, problemas e soluções a serem respondidas pelo sistema baseado em conhecimento, bem como as tarefas intensivas em conhecimento, os ativos de conhecimento, os agentes da organização e a análise da viabilidade e oportunidade para o desenvolvimento do sistema.

Cabe lembrar que o Poder Judiciário Brasileiro demanda ações estruturantes e soluções abrangentes, com a participação de diferentes instituições e agentes. Neste sentido, as estruturas governamentais precisam se reinventar, seja pelo desenvolvimento de novas aplicações e inovações na forma de trabalhar ou se relacionar com a população, com o próprio governo ou ainda com o mercado.

A Engenharia e Gestão do Conhecimento proporcionam recursos e condições para a melhoria da competitividade e agilidade das atividades das organizações. Em outras palavras, entende-se que a aproximação da academia do mundo empírico pode colaborar com o aumento da inclusão, democratização e acesso à justiça para os cidadãos, com maior transparência e participação. Além disso, quando aplicados na esfera do Poder Judiciário, podem auxiliar magistrados no desenvolvimento de suas atividades intensivas em conhecimento, resultando em maior celeridade na prestação jurisdicional.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, V. L. A fundamentação das decisões judiciais no sistema do livre convencimento motivado. **Revista do Instituto Brasileiro de Direito**, 1 (5), 2012.
- ANDRADE, J., ARES, J., GARCÍA, R., RODRÍGUEZ, S., SUÁREZ, S. A knowledge-based system for knowledge management capability assessment model evaluation. **WSEAS Transactions on Computers**, 9 (5), 506–515. 2010.
- ANGELE, J., FENSEL, D. STUDER, R. **Domain and task modeling in MIKE**. Working Conference on Domain Knowledge for Interactive System Design. 1996.
- AZEVEDO, B. M. **Regulação no trabalho e processos decisórios na atividade de promotores de justiça em Santa Catarina**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- BEAL, F. **Morosidade da justiça = impunidade + injustiça**. Florianópolis: OAB/SC, 2006. 264 p.
- BORST, P.; AKKERMANS, H.; TOP, J. Engineering ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies**, 46:365–406, 1997.
- CALHOUN, M. A.; STARBUCK, W. H. Barriers to creating knowledge. In: EASTERBY-SMITH, M.; LYLES, M. **Handbook of organizational learning and knowledge management**. Malden: Blackwell, 2005. p. 473-492.
- DINAMARCO, C. R. **A instrumentalidade do processo**. 8.ed.; revista e atualizada. São Paulo: Malheiros, 2000.
- EISENHARDT, K. M., SANTOS, F. M. Knowledge-based view: a new theory of strategy? In: PETTIGREW, A.; THOMAS, H.; WHITTINGTON, R. (eds). **Handbook of Strategy and Management** SAGE Publications, London, pp. 139-164. 2002.
- GOMES, W. A democracia digital e o problema da participação civil na decisão política. **Revista Fronteiras – estudos midiáticos**, Porto Alegre, 7 (3), p. 214-222, 2005.
- GOTTSCHALK, P. **Knowledge management systems: value shop creation**. London: Idea Group Inc., 2007.
- GRUBER, T. **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing**. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University. 1993.
- MAGALHÃES, J. L. Q. A teoria da separação de poderes e a divisão das funções autônomas no Estado contemporâneo: o Tribunal de Contas como integrante de um poder autônomo de fiscalização. **Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais**. 71 (2), ano XXVII, 2009.
- MATTÉ, V. A. **O conhecimento da prática projetual dos designers gráficos como base para o desenvolvimento de materiais didáticos impressos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Gestão do Conhecimento. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- MENDES, A.G.C. **O Poder Judiciário no Brasil**. Colóquio administración de justicia em Iberoamérica y sistemas judiciales comparados. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2005.
- MESEGUER, P.; PREECE, A. D. Verification and validation of knowledge-based systems with formal specifications. **The Knowledge Engineering Review**, 10 (4), 1995.
- MORAES, A. **Direito Constitucional**. 13ª edição. Atualizada com a EC n.º 39/02. São Paulo. Editora Atlas S.A. 2003
- PRAT, N., AKOKA, J., COMYN-WATTIAU, I. An MDA approach to knowledge engineering. **Expert Systems with Applications**, 39, 2012.
- PROTÉGÉ. The protégé ontology editor and knowledge acquisition system. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: 08/01/2013.
- ROTTA, M., VIEIRA, P., ROVER, A. J., SEWALD, E. Aceleração processual e o processo judicial digital: um estudo comparativo de tempos de tramitação em Tribunais de Justiça. **Revista Democracia Digital e Governo Eletrônico** (ISSN 2175-9391), nº 8, p. 125-154, 2013.
- ROVER, A. J.; MEZZAROBBA, O. Novas tecnologias: o governo eletrônico na perspectiva da governança. In: SILVEIRA, V. O. e MEZZAROBBA, O. **Empresa, sustentabilidade e funcionalização do Direito** - São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011. -(colecção Justiça, Empresa e Sustentabilidade; v.2).
- SCHREIBER, G., AKKERMANS, H., ANJEWIERDEN, A., DE HOOG, R., SHADBOLT, N., DE VELDE, W.V. **Knowledge engineering and management – the commonKADS methodology** (2nd ed.). MIT Press, 2002.
- SILVA, S.W.A. Processo eletrônico. O impacto da Lei n. 11.419/2006 na mitigação da morosidade processual na prestação jurisdicional brasileira. **Jus Navigandi**, Teresina, 15 (2553), 28 jun. 2010.
- STUDER, R.; BENJAMINS, V.; FENSEL, D. Knowledge engineering: principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, 25, p.161-197. 1998.
- ZACHARIAS, V. The agile development of rule bases. In W. WOJTKOWSKI, G. WOJTKOWSKI, M. LANG, K. CONBOY, & C. BARRIS (Eds.). **Information systems development – challenges in practice, theory and education** (Vol. 1, p. 93-104). New-York, NY, USA: Springer, 2009.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

PROCESSOS FORMATIVOS DE PROFESSORES ATRAVÉS DE AÇÕES INTERDISCIPLINARES E EXTRACURRICULARES: UM RELATO DO PET CIÊNCIAS NATURAIS

TRAINING PROCESSES OF TEACHERS THROUGH INTERDISCIPLINARY AND EXTRACURRICULAR ACTIONS: A REPORT OF PET NATURAL SCIENCES

WAGNER DOS SANTOS MARIANO¹; RODRIGO LUSTOSA DA CUNHA RODRIGUES²; ANGLA ALVES DA COSTA², KAMILA PEREIRA DA SILVA², AMANDA LIMA MIRANDA², JÚLIA SANTANA DA SILVA², ERIK DE SOUSA CRUZ²; RAPHAEL MENDES ROSA²

1 – TUTOR DO GRUPO PET CIÊNCIAS NATURAIS. DOUTORANDO DO PPG BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA (UNIFAP-REDE BIONORTE) E DOCENTE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS; 2 – BOLSISTAS DO GRUPO PET CIÊNCIAS NATURAIS E ACADÊMICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.

wagnermariano@uft.edu.br

Resumo – Com o intuito de aprofundar nos meandros dos processos de formação inicial de professores, que possui diferentes vertentes, foi proposto uma imersão no trabalho desenvolvido pelo grupo PET (Programa de Educação Tutorial) Ciências Naturais da Universidade Federal do Tocantins – UFT, como estratégia de avaliação do que vem sendo desenvolvido em prol da complementação do ensino dos integrantes discentes envolvidos. O presente estudo teve por objetivo, analisar e descrever diversas ações desenvolvidas pelo grupo no decorrer dos últimos dois anos (2015-2016), possibilitando descrever práticas exitosas na arte de “Aprender a Ensinar”. Com base nas análises dos projetos executados, foi possível vislumbrar a importância de ações integradas, que permeiam o Ensino, a Pesquisa e a Extensão, na formação complementar de professores. Por meio desse estudo, foi possível perceber que os acadêmicos são oportunizados a vivenciar situações profissionais que fortalecem o processo formativo e que não teria acesso via matriz curricular do curso e sim pelo viés do ensino extracurricular.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Formação de professores; Educação.

Abstract - In order to deepen the intricacies of the processes of initial teacher training, which has different aspects, it was proposed an immersion in the work developed by the PET (Tutorial Education Program) Natural Sciences of the Federal University of Tocantins - UFT, as an evaluation strategy of what has been developed in favor of complementing the teaching of the students involved. The objective of this study was to analyze and describe several actions developed by the group during the last two years (2015-2016), allowing to describe successful practices in the art of "Learning to Teach". Based on the analysis of the projects carried out, it was possible to glimpse the importance of integrated actions, which permeate Teaching, Research and Extension, in the complementary training of teachers. Through this study, it was possible to perceive that academics are given the opportunity to experience professional situations that strengthen the formative process and that would

not have access through the curricular matrix of the course, but through the bias of extracurricular teaching.

Keywords: Science teaching; Teacher training; Education.

I. INTRODUÇÃO

O professor é um formador de opinião de grande influência na construção do imaginário de seus alunos, principalmente das crianças, e possui um papel relevante na formação de cidadãos críticos e na promoção da tomada de decisão para assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação. O professor faz a mediação da relação ativa do aluno com a matéria, inclusive com os conteúdos próprios de sua disciplina, mas considerando o conhecimento, a experiência e o significado que o aluno traz à sala de aula, seu potencial cognitivo, sua capacidade e interesse, seu procedimento de pensar, seu modo de trabalhar. A ação do educador deve direcionar-se de forma que os alunos aprendam os saberes escolares em interação com o outro, e não apenas recebam-no passivamente. É dessa forma, que o docente contribuirá para que o aluno desenvolva o senso crítico e possa cada vez mais participar ativamente de sua “prática social” atuando como sujeito em meio a sociedade. Desse modo, cabe ao professor colocar-se como ponte entre aluno e conhecimento e cabe ao aluno participar ativamente desse processo. (BULGRAEN, 2010; ROCHA, 2011; LIBÂNEO, 1998).

Diante as transformações no mundo do trabalho, o conteúdo e a organização das instituições de formação de professores passam a ter sua centralidade para garantir o desenvolvimento da educação básica tal como está postulada. A necessidade de regulação originária das mudanças ocorridas no âmbito das sociedades capitalistas, no campo da formação de professores – sujeitos depositários da formação das novas gerações –, adquire caráter central, devendo responder a questões como quais os conhecimentos

necessários a todas as crianças e jovens, como desenvolver a aprendizagem desses conhecimentos, como preparar os professores (competências necessárias) para essa tarefa, quais as instituições mais adequadas e, por último, como avaliá-los nessas tarefas educativas (FREITAS, 2002).

É possível vislumbrar que tanto a escola como os professores mudaram, e nessa perspectiva a questão dos saberes docentes agora se apresentam com uma outra “roupagem”. O repensar a concepção da formação dos professores, que até a pouco tempo objetivava a capacitação destes, através da transmissão do conhecimento, a fim de que “aprendessem” a atuar eficazmente na sala de aula, vem sendo substituído pela abordagem de analisar a prática que este professor vem desenvolvendo, enfatizando a temática do saber docente e a busca de uma base de conhecimento para os professores, considerando os saberes da experiência, dentre esses saberes os processos interdisciplinares podem auxiliar no ensino e na aprendizagem (NUNES, 2001).

A interdisciplinaridade é uma discussão emergente no meio educacional: uma forma de se pensar, no interior da Educação, a superação da abordagem disciplinar tradicionalmente é fragmentária. Essa, frequentemente, é apontada como incapaz de atender às demandas por um ensino contextualizado. Embora esse enfoque não seja recente, as discussões sobre o tema no Brasil ocorrem desde a década de 1970 (FAZENDA, 2002). Severino (2001, p. 41) destaca, se o sentido do interdisciplinar precisa ser redimensionado quando se trata do saber teórico, ele precisa ser construído quando se trata do fazer prático.

O PET (Programa de Educação Tutorial¹) Ciências Naturais é um programa que tem se atentado para estas realidades: formação de professores perpassa a interdisciplinaridade, mas se sustenta através do redimensionar dos saberes pedagógicos, que se aprende na prática. A vivência social e o contato com diferentes oportunidades como a organização de eventos e o engajamento social atuam como formadores de opinião. Tais medidas operam na promoção de mentes pensantes, inclinadas para o ouvir, o questionar e um melhor raciocínio diante das situações cotidianas. Os petianos dos cursos de Ciências Naturais da Universidade Federal do Tocantins, como estudantes de licenciatura, serão futuros professores; reafirma-se aqui a importância de uma formação humanizada e rica em situações que propiciem seu amadurecimento profissional.

Para se falar da importância da prática de atividades fora do âmbito universitário, evidencia-se o notório ganho de experiência para o acadêmico que as executa, seja em atividades voltadas à docência ou a atividades sociais além da valorização do currículo que é alcançada com o incrementar destes elementos. Hoefel, (2004) esclarece que o espaço grupal é um espaço que favorece o estabelecimento de relações e remete a responsabilidade mútua. Enquanto grupo de educação tutorial, é delegada ao tutor a função de gerenciar e sugerir tais atividades, motivando os alunos a desenvolver uma maior autonomia através de atividades em conjunto, como também o ganho e compartilhamento das experiências de forma pessoal. Atividades como monitoria, iniciação científica e participações em eventos científicos também caracterizam o perfil extracurricular, embora

apenas as produções de pesquisa com finalidade de publicação em eventos componha o rol de ações características dos bolsistas do PET.

Com o propósito de descrever os projetos desenvolvidos que contribuam na formação inicial de professores, via ensino extracurricular desenvolvidas pelo grupo PET Ciências Naturais da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus universitário de Araguaína (TO), o presente estudo teve por objetivo, analisar e descrever diversas ações desenvolvidas pelo grupo no decorrer dos últimos dois anos (2015-2016), possibilitando descrever práticas exitosas na arte de “Aprender a Ensinar”.

II. PROCEDIMENTOS

Para a compilação do material analisado nesta pesquisa, primeiramente foi executado um levantamento das atividades desenvolvidas em 22 relatórios anuais (de integrantes e ex-integrantes do PET Ciências Naturais), como também uma consulta ao conteúdo publicado na plataforma virtual do grupo – Blog do PET Ciências Naturais². A partir disso, foi possível a elaboração de um histórico das principais atividades desempenhadas ao longo dos últimos dois anos. Este histórico, foi detalhadamente categorizado (ações que tinham estreitamento com formação de professores), descrito e classificado, através do diálogo e participação dos atuais componentes bolsistas e não-bolsistas. Tais descrições, pontuam inclusive a vigência e a importância das atividades desenvolvidas, permitindo maior categorização dos dados apresentados.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Grupo PET, ao longo de dois anos (2015 e 2016) realizou uma série de ATIVIDADES INTEGRADAS, entende-se por essas atividades as que vinculam Ensino, Pesquisa e Extensão. Essas ações, em grande maioria, são voltadas para a formação de professores, sejam elas científicas ou de cunho social, todas agregando os bolsistas inscritos nos três cursos das Ciências Naturais: Biologia, Química e Física. A seguir, apresentam-se as descrições e a importância das atividades já desenvolvidas, algumas delas inclusive sendo exclusivas do PET Ciências Naturais.

3.1 – *Café com Ciência*

O Café com Ciência é um projeto criado pelo PET Ciências Naturais que tem por objetivo central trazer abordagens versáteis e interativas de temas atuais e próximos da realidade acadêmica, abordando conteúdos interdisciplinares e motivando acadêmicos de outras universidades a participarem, tanto como ouvintes quanto contribuindo com trabalhos, palestras e relatos de casos. O evento aborda diferentes atividades, como mesas redondas, debates, apresentações de trabalhos, momentos culturais e relatos de experiências, de acordo com o tema proposto. O Café com Ciência já conta com três edições, sendo a última uma edição especial realizada em 2015. O evento já é marca registrada do grupo, e a cada realização busca fortalecer o compromisso de proporcionar a comunidade acadêmica, e ao grupo, novas experiências e saberes.

Durante esse evento essencialmente extensionistas, vincula-se os preceitos propostos pela pesquisa e o ensino.

¹ Programa vinculado a Secretaria de Educação Superior (SESU) do Ministério da Educação (MEC).

² Blog do PET – Ciências Naturais: <http://www.petcnat.blogspot.com.br/>

Pesquisa, pois é momento de socializar resultados, metodologias e técnicas de diferentes estudos. Ensino, pois é momento de aprender informações que nem sempre estão contempladas nas matrizes curriculares propostas pelos cursos de graduação. Fernandes, Marques e Delizoicov (2016), em um estudo que foi fundamentado por Paulo Freire, comentam que a educação é comunicação, é diálogo, na medida em que não há transferência de saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores que buscam a significação dos significados. O “Café com Ciência” é uma ação com essa premissa dar voz aos sujeitos envolvidos com a missão de socialização de saberes.

3.2 – Ação Solidária com a Comunidade

A conturbada vida social moderna com sua diversidade de compromissos empobrece a ação individual, o que nos serve de motivação para o alcance de novas possibilidades (GIDDENS, 2002). Com o intuito de ir além das atividades de pesquisa e ensino, o grupo também realiza ações solidárias. No último Café com Ciência, a taxa de inscrição foi a doação de brinquedos infantis, que posteriormente foram triados e destinados para o Centro de Educação Infantil público de crianças carentes.

As ações solidárias foram categorizadas como fundamentais na formação inicial de professores, pois através delas, aproximam o acadêmico a diferentes realidades socioeconômicas e muitas vezes auxiliam comunidades em situações de risco e vulnerabilidade, com isso aflora a características de humanização fundamental para os futuros docentes.

Essa ação também foi entendida como integrativa, pois para além do ato extensionista, cria-se banco de informações coletadas como caracterização de comunidades, identificação de problemas, soluções e desenvolvimento regional. Essas informações são tabuladas, após as atividades, e servirão de base para futuros estudos.

3.3 – Seminário do PET

O Seminário do PET é um dos principais eventos do grupo PET Ciências Naturais, tratando sempre de temas diversos, geralmente inclinada à realidade acadêmica dos cursos de Licenciatura. Reúne, desde sua primeira edição, diversos participantes, entre docentes, discentes, e professores da educação básica. Durante o evento, sempre existe a preocupação de propiciar aos participantes contato com as principais discussões sobre os tópicos propostos, com o intuito de formar e informar, através do diálogo.

Na III Edição do evento, que ocorreu de 08 a 10 de junho de 2016, foram realizadas palestras com foco teórico e prático sobre as mais diversas realidades que compõe o Estágio Curricular para os cursos de Licenciatura, especificamente sobre o Estágio Supervisionado. Destaque para os minicurso “Construção do Relatório de Estágio Supervisionado” e “Currículo Lattes e a Vida Acadêmica: Trilhando Caminhos Dessa História”, ambos minicursos foram solicitados pela comunidade acadêmica. Foram oferecidas 40 vagas para cada minicurso e ambos foram esgotados.

3.4 – Aulas de Inglês: De aluno para aluno

O inglês segue disseminando-se mundialmente. De acordo com Moita Lopes (2005), atualmente, mais de 1 bilhão de pessoas em todo o mundo aprendem inglês, sendo que 375 milhões falam inglês como primeira língua e 750

milhões usam o inglês como segunda língua. Assim, é interessante notar que o número de pessoas que usam o inglês como segunda língua é muito maior do que o número de falantes nativos desse idioma. (DAMIANOVIC, 2006).

A língua inglesa é a primeira língua, quando se reporta a vida científica e acadêmica, com base nisso o grupo separa uma tarde durante a semana para se dedicar ao estudo do inglês. A normativa do programa sugere que cada petiano dedique parte das 20 h semanais a capacitação em proficiência de uma segunda língua.

Relatos apontam que 7 alunos egressos do grupo foram aprovados em mestrado e 3 no doutorado, no decorrer de seis anos de existência do grupo. A capacitação em língua inglesa durante a permanência no grupo PET, possibilitam os acadêmicos a prestarem as provas de seleção dos programas de pós-graduação, além de terem acesso a materiais bibliográficos publicados em revistas internacionais, abrindo novas possibilidades de apropriação de conhecimentos em todas as áreas de atuação.

3.5 – Oficinas de Leitura e Escrita

Lopes e Castro (2016) comentam que a evidência de que as línguas só existem para promover a interação entre as pessoas, a “Oficina de Leitura e Escrita” do PET Ciências Naturais é uma oportunidade de interação entre a língua escrita, oralidade e apropriação de saberes sistematizados.

É a ocasião onde os petianos se reúnem e dialogam sobre temas escolhidos pelos mesmos, através de textos de revistas de divulgação científica. Ocorre mensalmente, com intuito de fomentar a LEITURA, através dos textos que serão apresentados oralmente, e a ESCRITA, pois são redigidas resenhas críticas do que foi lido e será apresentado. Trata-se de uma ação de caráter de ensino entre os integrantes discentes vinculados ao grupo, mediado pelo tutor e eventualmente por professores convidados.

Analisando os relatos e os relatórios percebe-se que trata de uma importante ferramenta de formação e informação acadêmica, além de uma estratégia que poderá transpor para as práticas docentes.

3.6 – Projeto Aulas Práticas em Laboratórios

O projeto “Aulas Práticas em Laboratórios” tem por finalidade apresentar aos alunos da Educação Básica uma possibilidade de aprender os conteúdos teóricos abordados na escola de forma diferenciada, para isso são utilizados laboratórios de Física, Química e Biologia da Universidade Federal do Tocantins.

As aulas práticas são previamente elaboradas e equivalentes aos conteúdos sugeridos pelos professores regentes das escolas.

Segundo informações pontuadas nos relatórios anuais, este projeto foi realizado em duas edições: A primeira edição ocorreu no mês de março de 2015, onde foram recebidos alunos de uma escola privada de Araguaína- TO. Um total de 30 alunos dividiu-se em três grupos de dez, que de forma rotativa, participaram das diferentes práticas realizadas nos laboratórios.

Ao final das aulas, foi aplicado um questionário com intuito de avaliar a compreensão e eficácia das atividades experimentais desenvolvidas. A segunda edição ocorreu durante a II Semana Acadêmica de Biologia e Feira de Ciências do Tocantins, na qual alunos de diferentes escolas de rede pública de Araguaína e região participaram de aulas práticas durante os dias 10 e 13 de novembro. Nesta

segunda edição, a avaliação foi realizada de maneira indireta, através do diálogo com os discentes, visto que a grande demanda de alunos e curto tempo não possibilitou a aplicação do questionário avaliativo.

Com base na análise dos dados, esse projeto se encaixa como INTEGRATIVO, pois além do Ensino (aulas ministradas), Extensão (recebem alunos e docentes de escolas públicas e privadas), é os questionários utilizados são utilizados para análise do conhecimento anterior e posterior a aula prática, com isso possuem informações que podem e são tabuladas, analisadas e publicadas (PESQUISA).

Tal iniciativa é importante, pois oferece aos alunos do Ensino Fundamental e Médio um contato com a Universidade, com os laboratórios, além do manuseio dos equipamentos e materiais. O projeto também auxilia na formação dos petianos enquanto licenciandos e futuros professores, pois através deste exercício adquirirão prática e experiência de “Ensinar a Aprender” e “Ensinar a Ensinar”.

3.7 – Criança Consciente

O Projeto “Criança Consciente” é um projeto de ensino e extensão com intuito de colaborar nas práticas curriculares das escolas de educação básica. Para Tonzoni-Reis e Campos (2014) o currículo é

"o conjunto de atividades nucleares desenvolvidas pela escola". Nucleares porque estamos tratando de um processo de apropriação de saberes – que incluem conhecimentos, ideias, conceitos, valores, símbolos, hábitos, atitudes, habilidades – que instrumentalizam os estudantes para a prática social mais ampla [...].

Na primeira edição teve por objetivo a conscientização das crianças no âmbito da preservação o Meio Ambiente, arborização de centros urbanos como regulador climático. Em parceria com professores da uma Escola Privada do município, alunos de 6º ano do Ensino Fundamental foram selecionados para participarem de algumas atividades lúdico-educativas, filme e oficina de desenho. Ao final, todos os alunos contemplados receberam mudas de plantas cedidas pelo Viveiro Municipal de Araguaína, na tentativa de estimular a arborização urbana e possibilitar que se envolvam no plantio e cuidado de suas respectivas árvores.

Os petianos tiveram que compreender a importância da estruturação do currículo escolar. Perceberam, pelos relatos encontrados, que a profissão docente é muito mais ampla que cumprir as informações listadas nos livros didáticos e que precisam criar estratégias criativas para abordar Questões Sócio Científicas (QSC) importantes para escola contemporânea.

3.8 - A mídia digital - Blog do PET

O grande avanço da evolução digital apresentou inúmeras formas de comunicação. Em nenhum outro momento da história a comunicação esteve com acesso tão facilitado e com tantas ferramentas. Neste cenário, grandes empresas têm sido cada vez mais tentadas a aderir a utilização de mídias sociais. No meio acadêmico não é diferente, crescentemente surgem novas pesquisas que apontam o meio online como mais atraente para as divulgações de notícias e de outros assuntos de interesse acadêmico (SOUSA, 2014).

Visto a notabilidade da utilização da internet como ferramenta de divulgação e transmissão de informações, surge o blog do PET Ciências, da plataforma *Blogspot* como veículo de descrição, veiculação e arquivos das principais atividades do grupo.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela observação dos aspectos apresentados, visando o desenvolvimento pessoal e profissional dos licenciandos, a formação docente além de um processo de integração deve também pautar-se nos pilares das atividades interdisciplinares e extracurriculares, acrescentando ao currículo universitário preciosos aspectos como a produção científica, e o desenvolvimento de consciência social. O PET Ciências Naturais tem trilhado os caminhos de um ensino diversificado (primando por qualidade de Ensino, Pesquisa e Extensão) realidade que, de maneira singular, tem corroborado para uma notória formação profissional de excelência.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BULGRAEN, V. C. O Papel do Professor e sua Mediação nos Processos de Elaboração do Conhecimento. **Revista Conteúdo**, Capivari, v.1, n.4, ago./dez. 2010. Disponível em:

<http://www.conteudo.org.br/index.php/conteudo/article/view/File/46/39> Acesso em 20 out. 2016.

DAMIANOVIC, M. C. Aprender inglês para não perder o bonde da história. In: **SOLETRAS**. Revista do Departamento de Letras da UERJ. nr.12. p. 20-31, 2006. Disponível em: <http://www.filologia.org.br/soletras/menu>. Acesso em: 03 out. 2016

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa. 10. ed. Campinas: Papirus, 143p, 2001.

FERNANDES, C. S.; MARQUES, C. A.; DELIZOICOV, D. Contextualização na Formação Inicial de Professores de Ciências e a Perspectiva Educacional de Paulo Freire. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 9-28, Aug. 2016. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172016000200009&lng=en&nrm=iso. access on 20 Nov. 2016. Epub July 18, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172016180201>.

FREITAS, H. C. L. Formação de professores no Brasil: 10 anos de embate entre projetos de formação. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 136-167, set. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v23n80/12928.pdf>. Acesso em: 26 out. 2016.

GIDDENS, A. (1982). Class structuration and class consciousness. In A. Giddens & D. Held (Orgs.), *Classes, power and conflict*. Berkeley: **University of California Press**. (pp. 157-174), 1982.

HOEFEL, M. G. Uma proposta em Saúde do Trabalhador com portadores de LER/DORT: Grupos de Ação Solidária. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, vol. 7, pp. 31-39, 2004.

LOPES, M. D. C.; CASTRO, C. H. S. Práticas de Escrita e Argumentação em um Evento Científico para Graduandos:

um Estudo Fundamentado no Conceito Bakhtiniano de Conclusibilidade do Enunciado. **Ilha Desterro**, Florianópolis, v. 69, n. 3, p. 29-43, dez. 2016. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-80262016000300029&lng=pt&nrm=iso acessos em 20 nov. 2016. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8026.2016v69n3p29>.

LIBÂNEO, J. C. Adeus professor, adeus professora?: novas exigências educacionais e profissão docente. São Paulo: Cortez, 1998.

NUNES, C. M. F. Saberes docentes e formação de professores: Um breve panorama da pesquisa brasileira. **Educação & Sociedade**, n. 74, abr. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v22n74/a03v2274.pdf>. Acesso em: 26 out. 2016.

ROCHA, J. N. A Cultura Científica dos Professores da Educação Básica. **Anais do Congresso Internacional de Educação à Distância**. São Paulo, 20011. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2011/cd/22.pdf>. Acesso em 19 out. 2016.

SEVERINO, A. J. O conhecimento pedagógico e a interdisciplinaridade: o saber como intencionalização da prática. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Didática e interdisciplinaridade**. Campinas: Papirus, 2001.

SOUSA, B. V.; GOLLNER, A. P. As Mídias Sociais como Ferramentas de Comunicação Organizacional: Um Estudo de Caso na Embraer1. **Anais XIX Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sudeste**. Vila Velha, 2014.

TOZONI-REIS, M. F. C; CAMPOS, L. M. L. Educação ambiental escolar, formação humana e formação de professores: articulações necessárias. **Educ. rev.**, Curitiba, n. spe3, p. 145-162, 2014. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602014000700010&lng=pt&nrm=iso acessos em 20 nov. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.38112>.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

USO DE FERRAMENTAS EDA NO PROCESSO DE ENSINO- APRENDIZAGEM DE ELETRÔNICA DIGITAL

THE USE OF EDA TOOLS IN TEACHING AND LEARNING PROCESS OF DIGITAL ELECTRONICS

LEONARDO MESQUITA¹; JOSÉ MARCELO DE ASSIS WENDLING JÚNIOR¹

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – CAMPUS DE
GUARATINGUETÁ

mesquita@feg.unesp.br; jmarcelo@feg.unesp.br

Resumo – O artigo apresenta um estudo de caso da implementação da unidade de controle de uma Máquina Copiadora utilizando ferramenta EDA – Electronic Design Automation, com foco no ganho no processo de aprendizagem dos alunos, que foram inseridos de maneira significativa no processo, a partir do momento em que foram expostos à ferramentas modernas e à situações que se aproximam das reais. O estudo objetiva evidenciar as melhoras dentro do ambiente de laboratório, proporcionadas pela utilização dessa ferramenta, e apresentar que, a partir dela, pode-se desenvolver atividades laboratoriais que busquem um processo construtivista do aprendizado, ou seja, fornecer ao aluno um papel ativo em seu processo de aprendizagem. O trabalho também apresenta sucintamente o cenário do ensino de Dispositivos Lógicos Programáveis – PLD, a partir do conteúdo dos principais livros didáticos utilizados no ensino de Eletrônica Digital, como forma de reforço da necessidade e oportunidade de utilização dessa ferramenta.

Palavras-chave: Eletrônica Digital. Dispositivos Lógicos Programáveis. Construtivismo. Ensino em Laboratório. Processo de Ensino-Aprendizagem.

Abstract - The paper shows a case of study for the implementation of a control unit of a copying machine utilizing EDA tool – Electronic Design Automation tool, focusing on the student's learning process who were inserted significantly in the process since they were exposed to modern tools and situations that came close to real life. The study has the goal to provide evidence of gains within the laboratory environment resultant from the utilization of this tool, and present that from it one can develop in lab classes, that target a constructive learning process. That is providing the student with an active role in the learning process. The work also concisely presents a learning scenario for PLD – Programmable Logical Devices, from the content of the main textbooks for the learning of Digital Electronics as means to reiterate the necessity and opportunity to utilize this tool.

Keywords: Digital Electronics. Programmable Logic Device. Constructivism. Laboratory Teaching. Process of Teaching and Learning.

I. INTRODUÇÃO

A educação varia de acordo com cada época e de acordo com as concepções de vida, a partir das estruturas da sociedade, o que acaba por refletir a filosofia predominante

em cada momento (AZEVEDO et al., 2010), e, nos últimos anos, pode-se perceber uma tendência de transição do modelo de ensino tradicional, também conhecido como Modelo Instrucionista, para o modelo dito Construcionista.

Segundo Sales (2005), o modelo Instrucionista é pautado na aquisição de conhecimentos por meio da instrução por parte do professor e, como meio único, a forma de expansão do conhecimento sobre determinado tópico é ensinar mais sobre esse tópico. O professor possui o papel de repassador do conhecimento e das instruções, tido como especialista de conteúdos, e o aluno atua como receptor passivo do conhecimento ou consultor de instruções.

Já o modelo Construcionista é pautado na construção do conhecimento e não na instrução, em que a busca do conhecimento específico que o aluno precisa é que o ajudará a obter mais conhecimento, gerenciando seu próprio processo de aprendizagem. Esse método visa desenvolver a capacidade matemática – conjunto de princípios que norteiam a aprendizagem, onde o professor atua como criador de ambientes de aprendizagem e facilitador no processo de desenvolvimento cognitivo do aluno. O aluno, por sua vez, é o construtor de seu próprio conhecimento e gerenciador da informação, da solução de problemas e da aprendizagem independente. Essa transição se dá pelos novos entendimentos do processo de ensino-aprendizagem e pela necessidade de sua adaptação.

Dentro do âmbito da Eletrônica Digital, assim como em várias outras disciplinas desenvolvidas dentro da engenharia, utilizam-se, para sedimentação e refinamento do conhecimento exposto, execução de atividades em laboratório. Em uma abordagem tradicional – e instrucionista, o aluno é um simples depositário e o ambiente de laboratório deve ser o local ideal para a transmissão do conhecimento, previamente selecionado e elaborado por outros (SANTOS, 2005), em que são realizados experimentos roteirizados, com resultados pré-estabelecidos, onde o aluno atua como repetidor passivo, normalmente sem possibilidade de exploração real e mais profunda dos conhecimentos apresentados.

A utilização de ferramentas e componentes eletrônicos clássicos na implementação dos experimentos resulta num processo custoso de montagens, sujeitas à grande quantidade

de erros alheios ao ambiente desenvolvido – devida as condições de construção e armazenamento desses componentes e suas conexões, o que acaba por promover, na grande maioria das vezes, uma aula frustrante do ponto de vista do aluno, que deixa de atingir ou atinge parcialmente os objetivos previamente roteirizados. Essa frustração acaba por transformá-lo em um ser passivo ao processo, executor de roteiros para atingir os resultados esperados, sem nenhuma expectativa de relacionamento com o conhecimento desenvolvido.

As ferramentas EDA – *Electronic Design Automation*, categoria de ferramentas de *software* desenvolvidas para auxiliar o projetista durante as etapas de execução do projeto de sistemas eletrônicos, tais como: simulação lógica, confecção de layout de placas de circuitos impressos, documentação do projeto, dentre outras, podem assumir papel fundamental no processo de transformação das aulas em laboratório, que possuem um caráter clássico – modelo instrucionista, em aulas onde o aluno assume uma função ativa em seu processo de aprendizagem – modelo construcionista. Dentro da Eletrônica Digital, as ferramentas EDA objetivam criar estruturas flexíveis no que diz respeito às suas possibilidades de funcionalidade, diminuição de conexões elétricas externas – responsáveis por desperdiçar o tempo de implementação do projeto e susceptíveis a erros de montagem e conexões, e adição de ambientes de simulação dos projetos propostos – possibilidade que não existia com o modelo tradicional de implementação de projetos baseado no uso de componentes circuitos integrados discretos e matrizes de contato, que exigiam, para o teste do protótipo, a implementação física do mesmo.

“A utilização da ferramenta de software de EDA e o aperfeiçoamento dos PLD – Programmable Logic Devices, têm simplificado e acelerado todo o ciclo de projeto. [...] Em comparação com outras tecnologias de circuitos integrados digitais, os dispositivos de lógica programável apresentam um ciclo de projeto menor e custos reduzidos (COSTA, 2006).”

Todas essas características possibilitam a transformação das aulas em laboratório em uma experiência de relacionamento com o conhecimento, pois além de desenvolver os experimentos e projetos em tecnologias utilizadas no mercado – o que contribui para um contexto mais contemporâneo que visa acompanhar a evolução tecnológica, os alunos tem a possibilidade de explorar os conhecimentos envolvidos, pois a flexibilidade de mudança de parâmetros do projeto utilizando somente *software* e a oportunidade de simulação do sistema abrem uma série de combinações para que os alunos, anteriormente passivos no processo, sejam ativos e busquem produzir o próprio conhecimento, a partir de investigação da mudança de parâmetros e funções e a análise dos novos resultados. Nesse momento o professor assume papel de orientador, buscando nortear o aluno a executar construções lógicas e sequenciais do conhecimento envolvido.

Partindo desse cenário, este trabalho aborda o estudo de caso da implementação de um controlador em uma máquina copiadora, desenvolvido durante duas semanas, nas atividades práticas da disciplina de Eletrônica Digital do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia campus de Guaratinguetá, com duração de 4 horas/semanal. O projeto foi sintetizado em um dispositivo de lógica programável, sendo desenvolvido de forma modular, no qual cada módulo é responsável por realizar uma função

específica, que, posteriormente acoplados, compunham o projeto final do controlador proposto. O projeto foi aplicado em uma turma constituída por 40 alunos, sendo que para a execução das atividades práticas, existem 4 turmas de 10 alunos. Essa divisão é necessária devido a limitação do espaço físico bem como da instrumentação disponível no laboratório. Em cada uma das turmas de laboratório foram criados 5 grupos, com 2 alunos por grupo, para o desenvolvimento do projeto proposto.

II. PROCEDIMENTOS

2.1 – *Análise sucinta do panorama curricular da disciplina de eletrônica digital*

Para que não haja uma exaustiva comparação de currículos da disciplina de Eletrônica Digital oferecida nos cursos de engenharia, podemos avaliar o panorama curricular da disciplina a partir das tendências apresentadas pelos principais livros didáticos utilizados como livros texto.

As edições mais recentes de um dos livros mais utilizados, Sistemas Digitais – Princípios e Aplicações, de Ronald J. Tocci, publicado no Brasil, demonstra claramente a inserção do uso de dispositivos de lógica programável no ensino da Eletrônica Digital. Em sua oitava edição (2004), esse conceito começa a ser abordado, ainda de forma tímida. Já na décima edição (2007) a abordagem ganha uma forma mais intensa e o final de vários capítulos passam a demonstrar os códigos necessários para implementação dos conceitos estudados nesses dispositivos. A décima primeira edição (2011), além de manter o que foi inserido na edição anterior, insere capítulo exclusivo para o estudo de dispositivos de lógica programável. Isso demonstra claramente a necessidade de adaptação dos cursos.

Para Tocci (TOCCI et al., 2011), o uso de ferramentas de projeto modernas, CLPD – *Complex Logic Programmable Device* e FPGA – *Field Programmable Gate Array*, permite que os engenheiros progridam do conceito ao produto final muito rapidamente, reconhecendo a importância dos componentes padrão SSI – *Small Scale Integration* e MSI – *Medium Scale Integration* que serviram como ‘tijolos e cimento’ na construção de sistemas digitais durante quase 40 anos, mas que estão perto da obsolescência. Muitas das técnicas ensinadas ao longo do tempo se concentraram no aperfeiçoamento de circuitos construídos a partir desses dispositivos ultrapassados e, mesmo que benéficas quanto a construção dos conceitos básicos necessários, devem ser modernizados com dois objetivos: acompanhar o desenvolvimento tecnológico da implementação de projetos de sistemas digitais e inserir o aluno em um ambiente onde possuirá atuação ativa e gerenciará seu processo de aprendizagem.

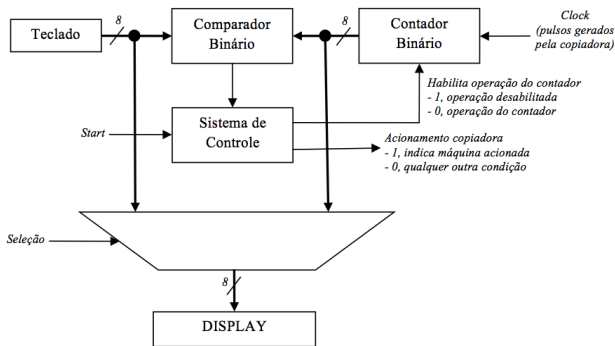
Outros livros didáticos podem ser citados e seguem a mesma tendência: tem intensificado ao decorrer de suas novas edições o conteúdo relativo à utilização de dispositivos programáveis. Tais como:

- (1) Sistemas Digitais – Fundamentos e Aplicações, de Thomas L. Floyd (2007);
- (2) Eletrônica Digital Moderna e VHDL, de Volnei A. Pedroni (2010);
- (3) Projeto Digital – Conceitos e Princípios Básicos, de Mohammad A. Karim e Xinghao Chen (2009) e;
- (4) Sistemas Digitais – Projeto, Otimização e HDLs, de Frank Vahid (2008).

2.2 – Metodologia proposta

A proposta de projeto, apresentada em um diagrama de blocos geral na Figura 1, foi a implementação do controlador de uma máquina copidora. Nesse controlador, o operador seleciona o número de cópias desejado através de um teclado e este valor, codificado em BCD 8421 de dois dígitos, é enviado a um circuito comparador. Após selecionar o número de cópias, o operador pressiona o botão *Start* para que a máquina inicie seu funcionamento. Como condição para a execução das cópias, o contador deverá ser “resetado”, ou seja, a contagem sempre deve ser iniciada em zero e, para cada cópia realizada, um pulso de *clock* é gerado e enviado a ele. Suas saídas são comparadas continuamente com as saídas do codificador e, quando os dois números forem iguais, o comparador deverá enviar um sinal para o circuito de controle fazendo a copidora encerrar sua operação. Para supervisão da operação do sistema, o valor solicitado de cópias, assim como a quantidade de cópias já realizadas, deverão ser exibidos em *displays* de sete segmentos. A operação é reiniciada quando o botão *Start* for pressionado novamente.

Figura 1 - Diagrama de blocos geral do projeto proposto para desenvolvimento nas aulas em laboratório de Eletrônica Digital.



Fonte: Autores, 2016.

A especificação do projeto impôs o uso de modelos virtuais baseados nos circuitos integrados comerciais da família 74xx00 bem como o uso da ferramenta EDA de projeto QUARTUS® II durante o desenvolvimento do projeto, que seria gravado no kit UP2 Education Board do fabricante Altera, Figura 2, tendo como alvo o componente EPM 7128SLC84-6 da família MAX700S.

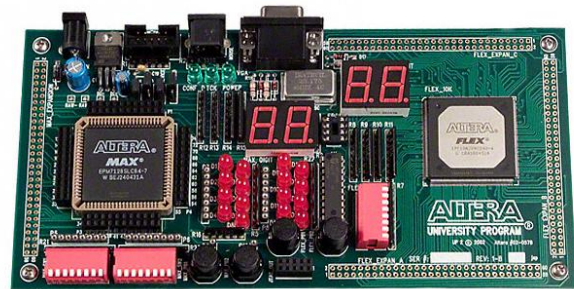
O kit UP2 Education Board, é uma placa desenvolvida para aprendizagem de eletrônica digital, organização de computadores e lógica reconfigurável. A placa possui dispositivos CPLD – Complex Programmable Logic Device, e FPGA – Field-Programmable Gate Array, interfaces PS2 – para mouse e teclado, VGA – para vídeo, e pontos de acesso para expansão, chaves do tipo DIP - Dual In-line Package, push buttons, oscilador à cristal, além de displays do tipo 7 segmentos e uma variedade de LEDs.

Após a apresentação da proposta do projeto aos alunos, partimos para uma discussão dos possíveis modos de implementação de cada módulo do controlador proposto, sendo que nessa fase o professor sempre instigava a participação de todos os alunos nesse processo. A partir das contribuições, os alunos usavam bases de dados eletrônicas para obter os manuais dos componentes necessários para a implementação da solução do problema. O próximo passo foi a montagem, de modo virtual, dos módulos eletrônicos necessários do controlador, e deste modo, foi possível

realizar uma simulação computacional (laboratório virtual) para validar a operação do circuito proposto.

Baseado nos resultados obtidos da simulação computacional os grupos interagiam entre si, sob a tutela do professor, afim de solucionar os problemas encontrados no processo de projeto e convergirem para a melhor solução entre as apresentadas. Após isso, o projeto final foi sintetizado em um CPLD, e o protótipo do controlador foi caracterizado e o resultado final foi discutido por todos os alunos presentes no laboratório. Durante todo o processo de desenvolvimento do projeto o professor evidenciou os ganhos provenientes do uso das ferramentas EDA nesse processo.

Figura 2 – Altera UP2 Education Board, utilizada no desenvolvimento do projeto proposto.



Fonte: Altera, 2004.

III. RESULTADOS

O projeto, Figura 1, foi completamente desenvolvido, simulado, sintetizado no Kit UP2, e o protótipo validado em duas aulas, totalizando 8 horas de desenvolvimento. Isso corrobora a afirmativa de que o tempo de execução de projetos utilizando a ferramenta EDA influi diretamente no tempo de desenvolvimento, por eliminar as etapas de montagem física (teste de componentes comerciais, conexões de fios, etc.) e suas fontes de erro.

Nas subseções seguintes, são apresentadas as soluções convergentes das discussões realizadas em sala de aula entre todos os grupos, baseados nas recomendações de Martin (2007) quando do uso da implementação de projetos baseados em PLD. As informações fornecidas serão:

- Planejamento: Subdivisão do projeto em subsistemas digitais de modo a facilitar o projeto de cada módulo.
- Material: lista dos componentes comerciais necessários para implementar a operação do módulo.
- Diagrama esquemático: imagem representando como é o esquema elétrico de ligação dos componentes para realização da montagem. Ressalta-se que na solução proposta tais diagramas representam componentes virtuais.
- Como funciona: Resultado de simulação lógica indicando a operação dos módulos desenvolvidos, explicando como funciona o módulo proposto.
- Implementação do projeto final em um PLD.

3.1 – Módulo teclado

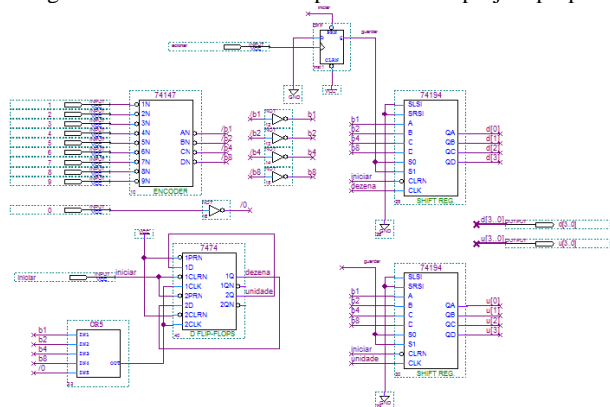
Esse módulo tem a função de converter informações decimais, dezena e unidade, para o código BCD 8421 e armazená-las no sistema. A solução proposta foi baseada

nos modelos virtuais da família de componentes 74XX, conforme indicados a seguir:

- (1) 74147: codificador decimal - BCD8421 cujas principais características são: codificador de prioridade, possui entradas ativo baixo, código BCD8421 fornecido de modo complementado. Portanto, é necessário o uso de inversores (7404) para obtermos o código BCD8421.
- (2) 7474: flip-flops D, sendo que tal componente é o elemento principal de um contador em anel de 2 bits responsável gerar o sinal de sincronismo do registrador responsável por armazenar o número digitado pelo usuário, ou seja, o número de cópias a ser realizada pela copiadora. O sinal de relógio que sincroniza a operação deste circuito é obtido a partir de um circuito lógico baseado na função OR (7432) realizada com os sinais de saída oriundos do 74147. Um sinal limpar é usado para carregar o valor inicial no contador em anel.
- (3) 74194: registrador universal de 4 bit usado para armazenar o número de cópias solicitadas pelo operador. Dois registradores foram usados na aplicação configurados para realizar o carregamento paralelo de dados ($S_0 = S_1 = 1$). Após o início da operação da copiadora o teclado é desabilitado ($S_0 = S_1 = 0$).

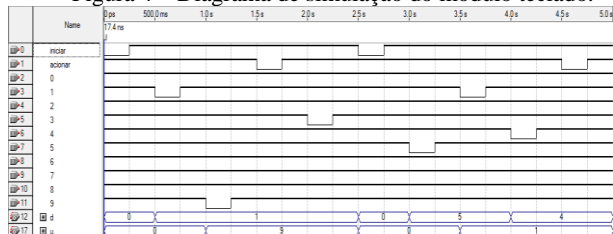
A implementação pode ser vista na Figura 3 e a simulação do módulo na Figura 4.

Figura 3 – Módulo teclado implementado no projeto proposto.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 4 – Diagrama de simulação do módulo teclado.



Fonte: Autores, 2016.

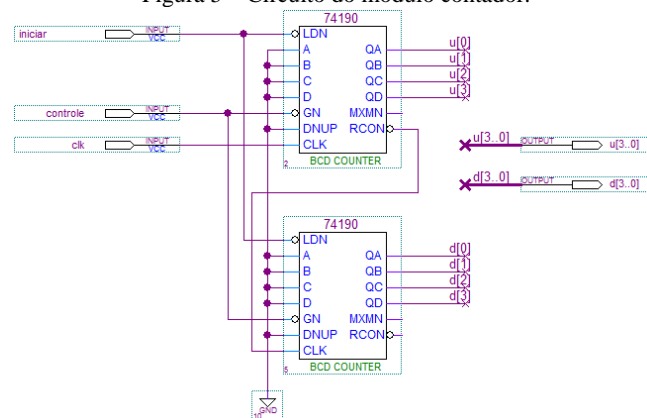
3.2 – Módulo de contagem

Módulo responsável por contar o número de cópias realizadas pela copiadora. Devido a informação estar sendo armazenada no formato BCD8421, foi especificado um contador que também forneça esse padrão de informação como saída. Na solução proposta convergimos para o seguinte componente:

- (1) 74190: Contador crescente/decrescente decádico. Esse contador possui sinal de habilitação de contagem, sinal de *load* assíncrono que foi adaptado para realizar a operação de *reset* no contador, sinal de controle de sentido de contagem, e produz a saída no formato BCD8421. Como o contador está programado para contar de 0 à 99, necessitou-se usar 2 contadores cascateados. Para realizar o cascadeamento não foi necessário o uso de nenhum componente externo, pois através do uso do sinal RCO podemos facilmente ampliar a faixa de valores de contagem deste contador.

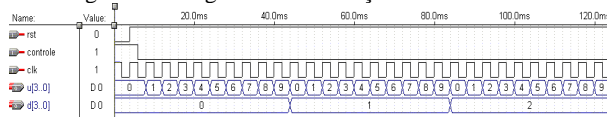
As Figuras 5 e 6 apresentam o circuito proposto e seu resultado de simulação respectivamente.

Figura 5 – Circuito do módulo contador.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 6 – Diagrama de simulação do módulo contador.



Fonte: Autores, 2016.

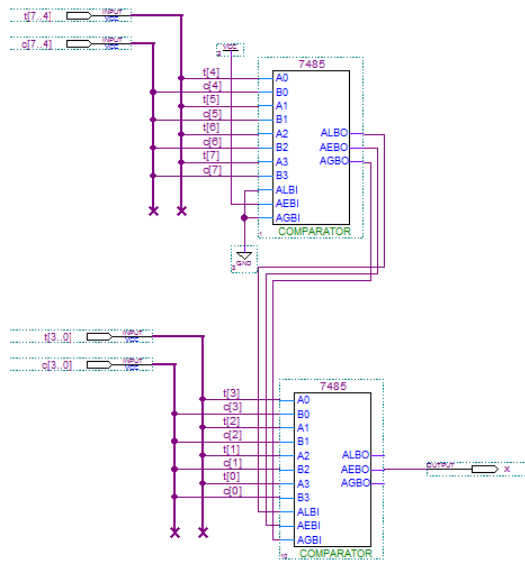
3.3 – Módulo comparador

Este módulo tem por função realizar a comparação entre o número de cópias indicado pelo usuário e o número de cópias realizadas pela máquina, a fim de gerar o sinal de acionamento do circuito de controle indicando que o número solicitado já foi atingido e que a máquina pode parar sua operação. Após ampla discussão convergimos para o seguinte solução:

- (1) 7485: Comparador de magnitude de 4 bits expansível. Tal componente compara 2 palavras de 4 bits, e possui entradas especiais que permitem realizar a expansão da capacidade do circuito (tamanho do vetor) sem a necessidade de inclusão de lógica adicional. O circuito fornece 3 sinais de saída, representando $A > B$, $A = B$ e $A < B$.

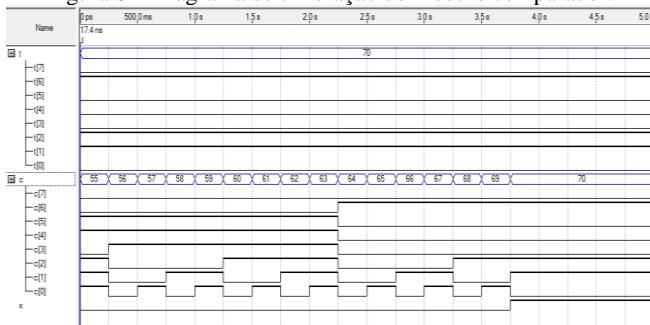
As Figuras 7 e 8 apresentam o circuito implementado para o módulo e o resultado de simulação do mesmo.

Figura 7 – Circuito do módulo comparador implementado.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 8 – Diagrama de simulação do módulo comparador.



Fonte: Autores, 2016.

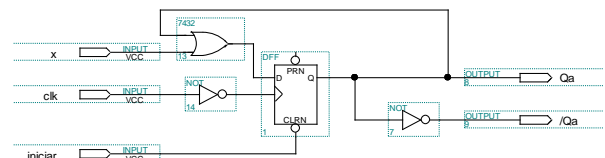
3.4 – Módulo controlador

O módulo controlador teve por função gerenciar toda a operação da máquina, sendo o projeto baseado em uma máquina de estado finito modelo Moore (TOCCI et al., 2011). A especificação do sistema é fornecido abaixo:

- (1) uma única entrada X : sinal de saída do módulo comparador;
- (2) dois sinais de saída: Y e Z.
 - a. Y – habilita operação do sistema de contagem:
 - 0 → contagem habilitada;
 - 1 → contagem desabilitada.
 - b. Z – habilita operação da máquina copiadora:
 - 0 → máquina copiadora desligada;
 - 1 → máquina copiadora ligada.

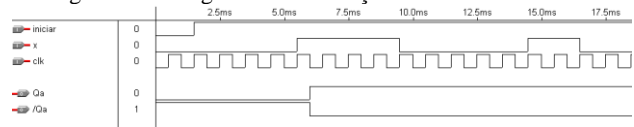
Esse controlador foi implementado a partir das diretrizes da metodologia Moore resultando no circuito esquemático mostrado na Figura 9. Na Figura 10 é apresentado o resultado de simulação lógica do circuito controlador.

Figura 9 – Circuito do módulo controlador implementado a partir da metodologia Moore para Máquinas de Estados Finitos



Fonte: Autores, 2016.

Figura 10 – Diagrama de simulação do módulo controlador.

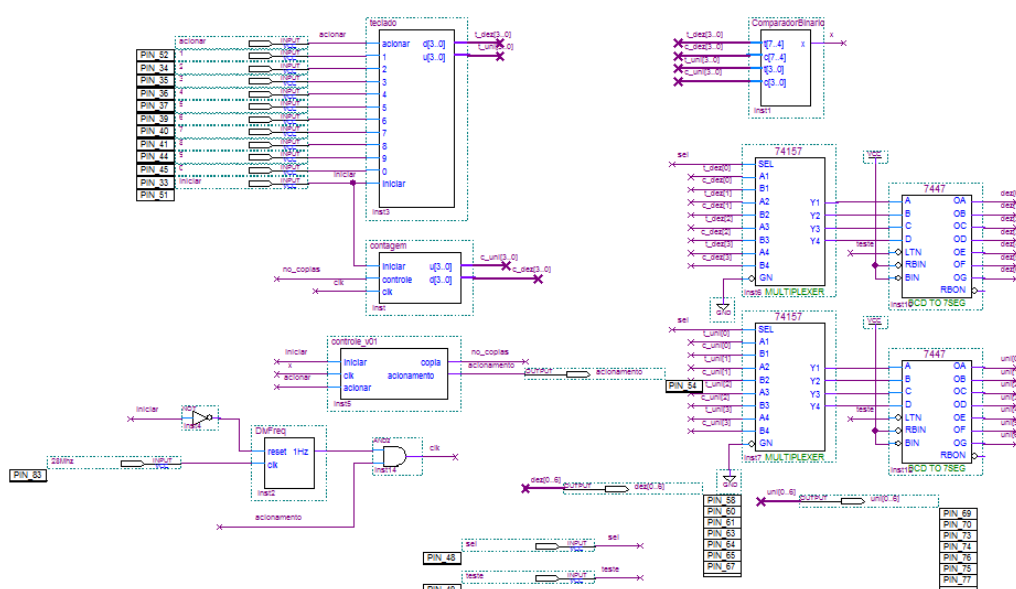


Fonte: Autores, 2016.

3.5 – Sistema completo

O sistema completo implementado fez a interação do trabalho de cada um dos módulos desenvolvidos, para compor, finalmente, o controlador da máquina copiadora. A Figura 11 apresenta o circuito esquemático final do projeto, no qual também foram inserido os circuitos multiplexadores e os decodificadores BCD8421 - 7 segmentos.

Figura 11 - Circuito esquemático final proposto para o controle da máquina copiadora.



Fonte: Autores, 2016.

IV. CONCLUSÃO

A inserção da ferramenta EDA no desenvolvimento do projeto trouxe ganhos no processo de aprendizagem dos alunos. Práticas de laboratório que tragam situações em que o aluno, intuitivamente, perceba que são semelhantes às que enfrentará em seu futuro ambiente de trabalho, despertam o interesse em aperfeiçoar seu conhecimento (CODÁ *et al.*, 2011) e o método adotado trabalha tanto com um protótipo que busca se aproximar de uma implementação real.

A busca por despertar o interesse do aluno, para que ele se torne ativo no seu processo de aprendizagem, seguindo métodos de execução de projeto foi o foco do trabalho realizado.

Um fator observado é que, se compararmos esse à projetos executados em anos anteriores, pôde-se observar, além do fator da redução do tempo de implementação total, um maior êxito na conclusão parcial das etapas, o que indica que os alunos entenderam as propostas modulares, desenvolveram os circuitos a serem implementados, executaram a simulação antes da implementação no PLD e, se quando houve erro, pôde-se discuti-lo e corrigi-lo, também de forma mais ágil, antes de executar a gravação do circuito no componente. Se comparado ao método tradicional, após o desenvolvimento do circuito, os alunos partiriam para a montagem física e, caso houvesse algum erro, iniciariam um processo de pesquisa de defeito, trabalhado em duas hipóteses: erro de projeto, ou seja, concepção do circuito, e/ou erro de montagem, conexão ou mau funcionamento de algum componente. Até que uma das hipóteses pudesse ser confirmada, o aluno teria que passar por um processo exaustivo de conferência e teste, tomando tempo e não acrescentando conhecimento significativo ao processo, principalmente porque essas estruturas discretas – tradicionais, não são muito utilizadas no mercado atualmente, logo, o conhecimento adquirido a partir de experiências de pesquisa de defeitos nelas não agregam conceitos significativos ao aluno.

Além disso, a fusão dos módulos foi feita de maneira fluente, pautada no resultado de um projeto eficiente de cada um dos módulos e não em conexões passíveis de problemas alheios à realidade de projeto.

Outro fator observado foi um aumento de interesse por parte dos alunos para desenvolvimento de trabalhos de iniciação científica e/ou pesquisa de temas para futuros trabalhos de graduação na área de eletrônica a partir de sistemas digitais implementados em PLDs.

Sendo assim, as técnicas de implementação de circuitos digitais a partir de PLDs, aplicados em projetos orientados, não devem ser desprezadas nas práticas de ensino de eletrônica digital, pois solidifica a aprendizagem e permite que ele tenha contato com tecnologias de mercado, intensificando a relação aluno-conhecimento e possibilitando maior sedimentação dos conteúdos abordados na disciplina.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTERA; **University Program UP2 Education Kit**. 2004. Disponível em: <<http://www.altera.com>>. Acesso em: ago. 2014.

AZEVEDO, F. *et al* (Comp.); **Manifestos dos pioneiros da Educação Nova (1932) e dos educadores (1959)**. Recife: Massangana, 2010.

CODÁ, L. M. R.; PIÃO, S. S.; OLIVEIRA, F. A. M. de; MARQUES, D.; **Ensino de Laboratório de Eletrônica Digital utilizando Protótipos de Projetos Reais: Inovar o Ensino, Melhorar o Aprendizado**. São Carlos: CEFET-EESC-USP, 2011.

COSTA, C.; **Projetando Controladores Digitais com FPGA**. São Paulo: Novatec, 2006.

FLOYD, T.; **Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações**. 9ª ed. São Paulo: Artmed, 2007.

KARIM, M. A. e CHEN, X.; **Projeto Digital – Conceitos e Princípios Básicos**. São Paulo: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2009.

MARTIN, P. A.; **Uso de FPGAs para o ensino de Arquitetura de Microcontroladores**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2007/artigos/77-Paulo%20Alexandre%20Martin.pdf>>. Acesso em: abr. 2015.

PEDRONI, Volnei A.; **Eletrônica Digital Moderna e VHDL**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SALES, G. L.; **QUANTUM: Um Software para Aprendizagem dos Conceitos da Física Moderna e Contemporânea**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: UECE/CEFET-CE, 2005.

SANTOS, R. V.; **Abordagens do processo de ensino e aprendizagem**. Integração: ensino pesquisa extensão, São Paulo, Ano XI, n. 40, p.19-31, jan/2005. Trimestral. Disponível em: <<http://www.usjt.br/prppg/revista/>>. Acesso em: abr. 2015.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 10ª ed. São Paulo: Pearson, 2004.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L.; **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 10ª ed. São Paulo: Pearson, 2007.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L.; **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 10ª ed. São Paulo: Pearson, 2011.

VAHID, Frank **Sistemas Digitais: Projeto, Otimização e HDLs**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

2-7	<p>ESTUDO HEMATOLOGICO DE TAMBAQUI (Colossoma macropomum) SUBMETIDO À CONCENTRAÇÃO SUBLETAL DE BIOPESTICIDA A BASE DE Bacillus thuringiensis</p> <p>TAMBAQUI HEMATOLOGICAL STUDY (Colossoma macropomum) SUBMITTED TO THE SUBLETAL CONCENTRATION OF BIOPESTICIDE BASED ON Bacillus thuringiensis</p> <p>Wagner Dos Santos Mariano; Francisco Luís Gomes De Sousa; Marcos Tavares Dias; Rodrigo Lustosa Da Cunha Rodrigues; Saulo Borges De Azevedo; Jefferson De Oliveira Lima</p>
5-2	<p>RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE VEGETAÇÃO EM NASCENTES NO ASSESTAMENTO ITAÚNA, GOIÁS</p> <p>RECOVERY AND VEGETATION MONITORING IN SPRINGS IN LAYING ITAÚNA, GOIÁS</p> <p>Rodrigues, Adalberto Chaves; Solari, Raphael Alberto Fuhr; Roitman, Iris; Ribeiro, Rômulo José Da Costa; Jacobson, Tamiel Khan Baiocchi</p>

**ESTUDO HEMATOLÓGICO DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)
SUBMETIDO À CONCENTRAÇÃO SUBLETAL DE BIOPESTICIDA A BASE
DE *Bacillus thuringiensis***

**TAMBAQUI HEMATOLOGICAL STUDY (*Colossoma macropomum*)
SUBMITTED TO THE SUBLETAL CONCENTRATION OF BIOPESTICIDE
BASED ON *Bacillus thuringiensis***

WAGNER DOS SANTOS MARIANO¹; FRANCISCO LUÍS GOMES DE SOUSA²; MARCOS TAVARES DIAS³; RODRIGO LUSTOSA DA CUNHA RODRIGUES⁴; SAULO BORGES DE AZEVEDO²,
JEFFESSON DE OLIVEIRA LIMA²

1 – BIÓLOGO E DOUTORANDO DO PPG BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA (UNIFAP-REDE BIONORTE) E DOCENTE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS; 2- GRADUADO EM BIOLOGIA (LICENCIATURA) PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS; 3 – BIÓLOGO E PESQUISADOR DA EMBRAPA – AMAPÁ, DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA (UNIFAP/REDE BIONORTE); 4- BOLSISTA DO GRUPO PET CIÊNCIAS NATURAIS E ACADÊMICO DE BIOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

wagnermariano@uft.edu.br

Resumo – O ambiente aquático é suscetível à contaminação por pesticidas, sabendo-se que inclusive a diluição destes compostos químicos pode acarretar em diversas variações na homeostase dos vertebrados aquáticos. As consequências destes agentes podem ser diretas e/ou indiretas, manifestando-se em níveis bioquímicos, fisiológicos e morfológicos do organismo, como também por reflexos estruturais na dinâmica das populações e comunidades. Deste modo o objetivo do presente estudo foi avaliar os possíveis riscos e efeitos no tecido sanguíneo em relação ao uso de um biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis* em uma espécie de peixe da bacia amazônica muito utilizada em cultivo e consumo humano – o Tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Palavras-chave: Tecido Sanguíneo, Ictiologia. Fisiologia.

Abstract - The aquatic environment is susceptible to pesticide contamination, it being understood that even the dilution of these chemical compounds can lead to several variations in the aquatic vertebrate homeostasis. The consequences of these agents can be direct and / or indirect, manifesting themselves in biochemical, physiological and morphological levels of the organism, as well as by structural reflexes in the dynamics of populations and communities. Thus, the objective of the present study was to evaluate the possible risks and effects on blood tissue in relation to the use of a biopesticide based on *Bacillus thuringiensis* in a fish species of the Amazon basin widely used in cultivation and human consumption - Tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Keywords: Blood Tissue, Ichthyology. Physiology.

I. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a agricultura mundial cresceu em produtividade e área cultivada, acompanhada pelo uso intenso de agrotóxicos, que também sofreram grandes

evoluções. Muitas moléculas novas surgiram, com características físico-químicas que propiciam funcionalidades diferenciadas e comportamentos ambientais distintos, com grandes alterações nos perfis toxicológicos e ecotoxicológicos, fruto dos avanços tecnológicos e pressões ambientalistas (ARMAS e MONTEIRO, 2005)

A busca por modos que diminuam o uso de inseticidas químicos tem sido feita em todo o mundo com a finalidade de reduzir os impactos causados ao meio ambiente por esses agentes que, além de poluir, interferem no equilíbrio ecológico possibilitando o surgimento de insetos resistentes (LIMA, 2010, p. 2)

Práticas agrícolas como o uso de variedades selecionadas e a rotação de cultivos podem reduzir grandemente a necessidade de aplicação de pesticidas sintéticos. No clássico de Rachel Carson, intitulado “A Primavera Silenciosa”, de 1972, são frisados os inúmeros danos causados pelo uso do DDT, recomendando-se a procura por soluções de cunho biológico. Anos mais tarde se constatou numerosos exemplos de substituição de pesticidas por agentes biológicos específicos (MALAJOVICH, 2012).

O exemplo mais conhecido dessa tecnologia verde compreende a uma das várias bactérias encontradas no solo, o *Bacillus thuringiensis* ou *Bt*. é utilizada como pesticida agrícola há mais de trinta anos, sem que suas toxinas tenham causado danos (aparentes¹) às pessoas, à vida silvestre ou à maioria dos insetos benéficos. Com o advento da engenharia genética foi possível transferir os genes correspondentes a várias plantas (milho, algodão, etc.) que contemporaneamente produzem diretamente a toxina inseticida (MALAJOVICH, 2012, p.128)

¹ Grifo nosso

O *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) foi descrito em 1915 na Alemanha, isolado a partir de traça de farinha (*Anagastakuehniella*). Entretanto a comercialização de produtos com esta bactéria em sua composição só iniciou em 1938 na França, com o bioinseticida comercializado sob o nome de “Sporeine” (MARTINS *et al.*, 2014, p. 12).

Atualmente, há numerosos produtos à base de *Bacillus thuringiensis* comercializados com diferentes nomes (Bactcontrol, Bactur, Dipel, Ecotech Pro, Thuricide etc.) por diversas empresas nacionais e internacionais (*Vectorcontrol, Milenia, Sumitomo, Bayer, Iharabras* etc.) (MALAJOVICH, 2012).

O ambiente aquático pode ser contaminado por pesticidas ou outros xenobióticos em geral, estes últimos podem acarretar em variações diversas nos órgãos e tecidos dos peixes. As consequências destes agentes podem ser diretas e/ou indiretas, manifestando-se em níveis bioquímicos, fisiológicos e morfológicos do organismo, como também por reflexos estruturais na dinâmica das populações e comunidades (FERREIRA, 2014)

Algumas das consequências diretas dos pesticidas compreendem a necrose e a outras variações nos sistemas bioquímicos das células. As células, tecidos e órgãos são as porções com maior acometimento pelos efeitos dos xenobióticos, por estarem em contato direto com o meio aquático, como brânquias e pele. Os órgãos internos são atingidos quando o xenobiótico consegue invadir o interior do animal. Deste modo, a homeostase é perturbada, seguida de alterações diversas, agravando o quadro do ser contaminado. Os efeitos indiretos estão relacionados ao estresse desencadeado pelo agente químico. (WENDELAAR BONGA, 1997; FERREIRA, 2014)

Após levantamento bibliográfico, foi possível perceber que ainda não são conhecidas as prováveis influências e consequências que o biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis* pode causar para a fauna aquática (especificamente peixes), mesmo diante da crescente utilização de defensivos agrícolas nas culturas vegetais de produção.

O gênero *Colossoma* (Characidae) é amplamente distribuído na América do Sul. Na Bacia Amazônica, inclusive, o *Colossoma macropomum* é o segundo maior peixe em escala, perdendo apenas para o Pirarucu (*Arapaima Gigas*)(GOMES, et al., 2005). O tambaqui é um dos peixes mais comercializados nos mercados dos centros urbanos da região norte desde o final do século XIX, a preços desejáveis com demanda ainda crescente, devido ao aumento das populações consumidoras e diminuição dos estoques naturais da espécie nos arredores de grandes cidades amazônicas como Manaus. (VERISSIMO, 1895; GOULDING, 1982; INOUE, 2014). Deste modo o objetivo do presente estudo foi avaliar os possíveis riscos e efeitos no tecido sanguíneo em relação ao uso de um biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis* em uma espécie de peixe da bacia amazônica muito utilizada em cultivo e consumo humano – o Tambaqui (*Colossoma macropomum*).

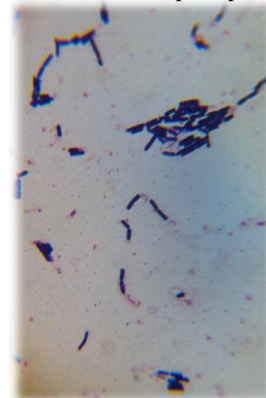
II. PROCEDIMENTOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados exemplares de tambaquis, *Colossoma macropomum*, obtidos em piscicultura no Município de Araguaína/TO. Os espécimes utilizados (N=8) nos testes eram juvenis, com tamanhos variados, entre 15 e 25 cm e, apresentando peso médio de 110g. Estes foram mantidos no Laboratório

multiuso da Universidade Federal do Tocantins, Campus Araguaína, acondicionados em três tanques de 150 l cada um, em laboratório climatizado $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante todo o período de aclimação e durante os experimentos. Para eliminar excretas e sujeiras dos aquários 50% do volume total da água eram substituídas a cada 48h, com aeração artificial constante. Os peixes foram submetidos a um tempo de aclimação por 45 dias, com temperatura em torno de $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo natural, sendo alimentados a cada seis horas com ração comercial contendo 40% de proteína na sua constituição. Os parâmetros de qualidade da água, como o nível de pH e oxigênio dissolvido, foram constantemente monitorados durante este período.

O biopesticida utilizado para o estudo foi o DiPel® WP a base de *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, linhagem HD-I 16.000 Unidades Internacionais de Potência por MG (mínimo de 25 bilhões de esporos viáveis por grama) 32,0 g/kg (3,2 % m/m) (Fig.1)

Figura 1 - *Bacillus thuringiensis* cultivado a 35°C em estufa microbiológica por 24 horas a partir do biopesticida (DiPel®) em ágar Mueller Hinton. Microscopia Óptica ampliada 100x.

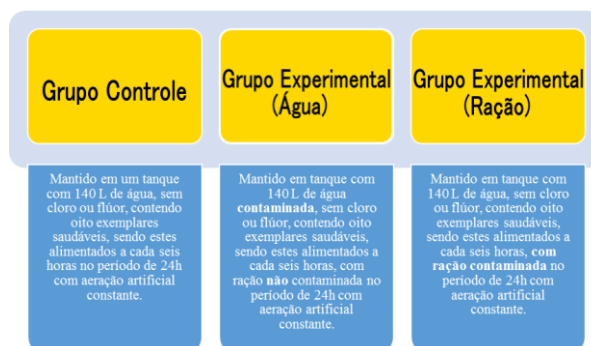


Fonte: Mariano, W. S, 2015

Desenvolveu-se um teste preliminar para a determinação da concentração subletal do biopesticida, para então, a partir deste ser calculado o valor da concentração definida a ser utilizada nos exemplares em estudo.

Para a primeira fase do experimento, os animais foram subdivididos em cinco grupos (N=8), conforme a Figura 2, sendo que cada grupo foi mantido em aquários separados. A exposição dos peixes ao pesticida se deu por 24 e 48 horas.

Figura 2 - Fluxograma descrevendo o desenho experimental dos diferentes grupos, expostos por um período de 24h e 48 h ao pesticida. Grupo Controle (GC); Grupo Experimental Água 24h (GEA24); Grupo Experimental Água 48 h (GEA 48); e Grupo Experimental Ração 24h (GER24) Grupo Experimental Ração 48h (GER48).



Fonte: Autores, 2016.

Foram adotados dois diferentes procedimentos, para a contaminação dos grupos experimentais. Para a contaminação do GEA (Grupo Experimental Água) foram diluídos 1,4g do biopesticida DiPel® WP a base de *Bacillus thuringiensis* em 40 ml de água retirada do aquário e, posteriormente, despejados lentamente ao tanque de origem. Para a contaminação alimentar (GER), foi utilizado a mesma dosagem e diluição citada acima. Foi embebido 100g de ração no produto diluído anteriormente, utilizou-se um Becker de 1 L. Após a absorção, o alimento ficou por 12 h em estufa microbiológica a 35°C.

Concluídas as etapas de exposição (24 e 48 h, via água e via ração), foram extraídas amostras sanguíneas de oito animais aleatórios de cada tanque (grupo) através de punção da veia caudal.

As análises efetuadas consistiram nas mesmas para todos os cinco grupos experimentais, sendo estas: hematócrito (Hct), dosagem de hemoglobina (Hb) e uma alíquota do sangue para a contagem de eritrócitos (RBC).

O hematócrito (Hct=%) foi determinado em duplicatas utilizando o método de microhematócrito com tubo capilar heparinizado. O sangue foi centrifugado durante 5 minutos a 12000 rpm em uma centrífuga de microhematócrito. A proporção entre a parte sólida (eritrócitos e leucócitos) e líquida (plasma) do sangue de cada amostra foi estimada com o auxílio de um cartão padronizado e o valor para cada animal foi considerado como média das duas determinações.

Para a contagem de eritrócitos (RBC= número de eritrócitos mm⁻³) 10µl de sangue recém coletado foram diluídos em formol citrato (2 mL) e a contagem foi efetuada em uma câmara de Neubauer em duplicata. O valor médio foi multiplicado por 10.000 e o resultado foi expresso em mm³.

A concentração de hemoglobina ([Hb] = g/dL) foi determinada a partir de amostras de 10 µl de sangue total segundo o método de formação de cianometahemoglobina utilizando o reagente de Drabkin. Após agitação a solução diluída permaneceu em repouso por 15 minutos para que ocorresse a hemólise. O conteúdo do tubo foi colocado em uma cubeta de acrílico e a leitura foi efetuada em 540 nm em um espectrofotômetro.

Nas análises de resultados, foram utilizados os Índices Hematimétricos (conforme sugerido por RANZANI-PAIVA et al., 2013). Os resultados obtidos estão apresentados como média ± DP (Desvio Padrão da Média). O teste de Bartlett foi utilizado para determinar a homogeneidade dos dados e definir a aplicação de testes paramétrico ou não paramétrico às variáveis analisadas. A análise de variância ANOVA seguida do pós-teste Dunnett's (paramétrico) foi utilizada em todos os dados após sugestão do teste Bartlett. Toda a Análise estatística foi efetuada com nível de significância de 95% (p < 0,05) utilizando o programa estatístico GraphPad Instat.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Jonsson e colaboradores (2014) fizeram uma avaliação de risco do biopesticida *Bacillus thuringiensis* (Bt) em organismos de diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar presentes em sistemas de produção. Neste estudo a espécie de peixe testada foi *Hypophessobrycon scholzei* (Characidae) e os resultados demonstram que durante 7 dias de exposição ao Bt não houve mortalidade, corroborando com os dados encontrados no presente estudo, onde nenhum peixe morreu durante os experimentos (24 e 48 horas) com exposição

biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis* (DiPel®), inicialmente os peixes apresentaram maior movimentação perdurando por mais ou menos 10 minutos, após esse período os peixes voltaram a movimentação normal, semelhante ao do grupo controle.

Jonsson et al., (2014), porém, salientam que a partir da segunda semana de experimentação houve um aumento na taxa de mortalidade (2%), o que não ocorreu neste estudo pois o período máximo de exposição ao biopesticida foi de dois dias (48h).

A hematologia é uma das partes essenciais da toxicologia, onde todas as ciências podem ser integradas e avaliadas para determinar os riscos para a saúde animal e para o ambiente (EVANS, 2008). Por compreender que os ajustes sanguíneos são os primeiros a responderem a situações de estresse, principalmente por contaminação, escolheu-se esse mediador fisiológico para testar os riscos da interação de um biopesticidas com um tipo de vertebrado aquático.

O hematócrito acompanha o aspecto evolutivo do peixe. Menores valores ocorrem em peixes mais primitivos na escala evolutiva, nos de ambientes lênticos, nos sedentários e nos bentônicos. Já os maiores valores ocorrem em espécies marinhas pelágicas e ativas. A hemoglobina é composta de duas partes principais, a globina e a unidade heme. Essa última é idêntica em todas as espécies de peixes até agora estudadas, mas a proteína globina difere de espécie para espécie (TAVARES-DIAS & MORAES, 2004).

A hemoglobina (Hb) e o hematócrito (Hct), como a contagem de eritrócitos (RBC), variam conforme a espécie de vertebrado, além disso conforme idade, sexo, ambiente, estado fisiológico e de sanidade. Os dados a seguir apresentarão os níveis de Hb e de Ht de tambaqui submetido a concentração subletal de um biopesticida a base da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), conforme desenho experimental anteriormente apresentado.

Os valores médios de Hct (Figura 4) e Hb não demonstraram aumento significativo (p < 0,05) durante a exposição seja em 24 ou 48 h, tanto nos grupos expostos por ração como em água (GER24; GER48; GEA24 e GEA48).

Apesar dos valores demonstrarem possíveis alterações no hematócrito e hemoglobina, todos os grupos são semelhantes estatisticamente. Isso demonstra que o efeito do biopesticida sobre o percentual do hematócrito e a dosagem da hemoglobina não demonstrou alteração em nenhum desses parâmetros. Swendson (1996) comenta que o hematócrito é expresso como um volume percentual das células empilhadas no sangue total após a centrifugação e a maioria das espécies de animais domésticos tem hematócrito variando entre 38 e 45 % com média de 40%. Os valores do hematócrito no grupo controle (GC) foi de 19,8%, abaixo do encontrado na literatura para essa mesma espécie. Hilbig et al., (2010) obteve valores entre 41 a 44 % em peixes alimentados em diferentes taxas de alimentação. Rocha (2009) submeteu a *Colossoma macropomum* a um pesticida químico (triclorfon) e o percentual de hematócrito e a dosagem de hemoglobina também não apresentaram diferença do grupo controle.

Os níveis de hemoglobina do grupo controle (GC) foi de 12,38 (g/dL) para cerca de 19,31 após 24 h de exposição do GER24 e 17,98 após 48 h do GER 48. Apesar de não demonstrar diferença estatística é possível vislumbrar um delineamento numérico que pode ter sido mediado por ajustes fisiológicos para transpor o período inicial da

exposição ao biopesticida. Os valores do GEA seguiram semelhante ao do GER, tanto em 24 como em 48h. A concentração da hemoglobina do grupo não submetido ao biopesticida (GC) foi semelhante ao encontrado por Hilbig (2010).

A respeito dos valores médios (\pm E.P.M) da contagem de eritrócitos (RBC = número de eritrócitos mm^{-3}) de *Colossoma macropomum* (n = 8) durante exposição ao biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis* (DiPel®), foi possível verificar que os dois grupos contaminados via alimentação – GER 24 e GER48, diferenciaram do grupo controle. O grupo GER 48 demonstrou diferença quando comparado com o grupo contaminado pela água durante 24 horas - GEA 24. O grupo GEA 24 diferenciou do grupo GEA 48.

A qualidade de eritrócitos reduziu significativamente tanto após 24h de exposição ao biopesticida pela ração (de 2,08% [GC] para 1,3 em GER e 0,66 em GEA) como pela água. Apesar de o tratamento estatístico não sinalizar diferença entre hematócrito e hemoglobina é possível verificarmos tendência de alteração quando compararmos os índices numéricos. Analisando os resultados é possível compreender que essa redução na quantidade de células vermelhas (eritrócitos) foi resolvida pelo aumento do volume destas células uma vez que “numericamente” o percentual do hematócrito e a dosagem de hemoglobina aumentaram. As informações do Volume Corpuscular Médio (VCM) e da Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) corroboram com essa hipótese uma vez que ambas demonstraram aumento no volume da célula como na concentração de hemoglobina aderida aos eritrócitos, considerando que o Volume Corpuscular Médio (VCM) é a relação que existe entre o volume globular obtido (hematócrito) e o número de eritrócitos (VERRASTRO, 1998) e permite avaliar o volume dos eritrócitos (RANZANI-PAIVA et al., 2013)

Quanto aos valores médios (\pm E.P.M) do Volume Corpuscular Médio (VCM) de *Colossoma macropomum*, verificou-se após tratamento estatístico que o grupo contaminado via água (24 h) diferenciou do grupo controle. Já o grupo contaminado por 24 horas via ração diferenciou do grupo contaminado via água no mesmo período. Já o GER48 (48 horas de exposição ao biopesticida via ração) demonstrou diferença entre o grupo GEA -24. O grupo GEA 24, por sua vez, diferenciou-se do grupo GEA 48.

Os dados demonstram que o volume dos eritrócitos não apresentou alteração nos grupos experimentais submetidos ao biopesticida via alimento (ração). Já nos grupos submetidos diretamente na através da água, o volume dos eritrócitos aumentou significativamente. Assim, é possível sugerir que o biopesticida dissolvido diretamente na água apresenta-se mais agressivo promovendo um estresse agudo.

Quanto aos testes de Hemoglobina Corpuscular Média (HCM), foi possível verificar após tratamento estatístico que o grupo controle (GC) se diferenciou do grupo contaminado via água, após 24 horas de contaminação e do grupo contaminado via ração contaminado após 24 horas. Já o grupo contaminado via ração por 48 horas diferenciou-se do grupo GEA 24.

CHCM está relacionada à concentração do pigmento hemático nos eritrócitos (RANZANI-PAIVA, et al., 2013). Durante exposição ao biopesticida a base de *Bacillus*

thuringiensis (DiPel®), após tratamento estatístico, nenhum grupo apresentou diferença significativa.

IV- CONCLUSÃO

O presente estudo sugere que o biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis* na concentração (1,4g para um aquário de 140 litros) testada não chega a trazer sérios danos ao tecido sanguíneo da espécie de peixe Tambaqui (*Colossoma macropomum*), visto que as pequenas alterações apresentadas foram seguidamente neutralizadas pelos próprios ajustes fisiológicos. Outra informação que podemos salientar é que nenhum peixe morreu durante o desenvolvimento do experimento (48 horas), logo essa concentração pode ser considerada sub-letal para esta espécie. Os dados apresentados são preliminares, análises das células brancas sanguíneas (contagem diferencial de leucócitos) e bioquímicas serão estudadas e apresentadas em momento oportuno.

Outros estudos, com diferentes concentrações e em outras espécies devem ser largamente testados antes de se ter a confirmação da não nocividades dos biopesticidas a base de *Bacillus thuringiensis* com vertebrados aquáticos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R. Uso De Agrotóxicos Em Cana-de-Açúcar na Bacia do Rio Corumbataí e o Risco de Poluição Hídrica. In: **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 6, 975-982, São Paulo, 2005.

EVANS, G. O. Animal hematotoxicology: a practical guide for toxicologists and biomedical. USA: **CRC Press**, 222p. 2008.

FERREIRA, B. B. Toxicidade e Efeitos do Pesticida Atrazina Sobre a Frequência de Células Mucosas na Epiderme do Lambari, *Astyanax altiparanae*. Fundação Universidade Federal do Tocantins, Araguaína. 2014.

GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; MARTINS-JUNIOR, H.; ROUBACH, R.; AKIFUMI E. O.; LOURENÇO J. N. P. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. **Aquaculture**. 2006 Mar [cited 2014 Sep 22]; 253(1-4): 374-384. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848605005442>

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L. Life History And Management Of The Tambaqui (*Colossoma Macropomum*, Characidae); An Important Amazonian Food Fish. In: **Revista Brasileira de Zoologia**, ed. 1(2), p. 107-133, São Paulo, 1982.

HILBIG, C. C.; et al. Hematologia do Pacu criado em tanques-rede submetido a diferentes taxas de alimentação. **II Simpósio Nacional de Engenharia de Pesca**. 2010.

INOUE, L. A. K. A.; et al. Cultivo de Tambaqui em Gaiolas de Baixo Volume: Efeito da Densidade de Estocagem na Produção de Biomassa. In: **Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.4, p. 437-443, Goiânia, 2014.

JONSSON, C. M; MAIA, A. H. N.; CAPALBO, D. M. F. Avaliação de risco do biopesticida *Bacillus thuringiensis* (CEPA 344) em organismos bioindicadores presentes em sistemas de produção aquícola. 2014. Disponível em: file:///C:/Users/WAGNER/Downloads/AVALIA_O_DE_RISCO_DO_BIOPESTICIDA_Bacillus_thuringiensis_C

EPA_344_EM_ORGANISMOS_BIOINDICADORES_PR
ESENTES_EM_SISTEMAS_DE_227408380.pdf

LIMA, G. M. S. Proteínas Bioinseticidas Produzidas por *Bacillus thuringiensis*. In: **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 7, p. 119-137, 2010.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia 2011**. Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

MARTINS, A. L.; VIVAN, R. H. F.; SANTOS, F. P. Caracterização Genética de Novos Isolados Bacterianos com Potencial Entomopatogênico. **Revista Terra & Cultura**, 58: 11-18, 2014

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; et al. Métodos para análise hematológica em peixes. **Editora da UEM**, 137P. Maringá, 2013.

ROCHA, A. S. Toxicidade aguda e subaguda do triclorfon em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Dissertação de Mestrado**, 66p. UFT, Araguaína, 2009.

TAVARES-DIAS, M & MORAES, F. R. Hematologia de Peixes Teleosteos. FMRP-USP, Ribeirão Preto, 144p. 2004.

VERISSIMO, J. A pesca na Amazônia. Livraria Clássica de Alves, Rio de Janeiro, 1895.

VERRASTRO, T.; LORENZI, T. F.; NETO, S. W. Hematologia e Hemoterapia – Fundamentos de morfologia, fisiologia, patologia e clínica. **Atheneu**, São Paulo, 301p. 1998.

WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. In: **Physiological Reviews**, v.77, p.591-625, 1997.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido CNPq – Chamada 081/2013, processo nr. 487639/2013-8

RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE VEGETAÇÃO EM NASCENTES NO ASSESTAMENTO ITAÚNA, GOIÁS

RECOVERY AND VEGETATION MONITORING IN SPRINGS IN LAYING ITAÚNA, GOIÁS

RODRIGUES, ADALBERTO CHAVES¹ - SOLARI, RAPHAEL ALBERTO FUHR¹ - ROITMAN, IRIS¹ -
RIBEIRO, RÔMULO JOSÉ DA COSTA¹ - JACOBSON, TAMIEL KHAN BAIOCCHI¹

1 – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, FACULDADE UNB PLANALTINA;

*beto10.unb@gmail.com, raphael.fuhr@hotmail.com, irisroitman01@gmail.com, rjcribeiro@unb.br,
tamiel@unb.br;*

Resumo – O estudo avaliou a sobrevivência e crescimento em altura de espécies de cerrado e mata galeria, em plantio de mudas para a recuperação da zona ripária no Assentamento Itaúna em Goiás. A amostra consistiu de 350 mudas distribuídas em cinco espécies de mata de galeria e nove de cerrado. As mudas foram monitoradas nos meses 3, 9, 15 e 21 após o plantio. O estudo mostrou que o controle de formigas e de espécies espontâneas nos primeiros 21 meses após plantio é importante para o sucesso na recuperação. A sobrevivência após 21 meses foi em torno de 57%. As espécies de maior sobrevivência foram *Tocoyena formosa* (88%), *Copaifera langsdorffii* (80%), *Talisia esculenta* (77%), *Alibertia macrophylla* (70%), *Dipteryx alata* (63%) *Hancornia speciosa* (60%).

Palavras-chave: Cerrado, zonas ripárias, recuperação de áreas degradadas

Abstract - The study evaluated the survival and height growth of cerrado and gallery forest in planting seedlings for the recovery of the riparian zone in the settlement Itauna in Goiás. The sample consisted of 350 seedlings distributed in five gallery forest species and nine thick. The seedlings were monitored at 3, 9, 15 and 21 months after planting. The study showed that the control of ants and spontaneous species in the first 21 months after planting is important for success in recovery. The survival after 21 months was around 57%. The species of higher survival were fair *Tocoyena* (88%), *Copaifera langsdorffii* (80%), *Talisia esculenta* (77%), *Alibertia macrophylla* (70%), *Dipteryx alata* (63%) *Hancornia speciosa* (60%).

Keywords: Cerrado, riparian zones, land reclamation.

I. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é considerado um dos ecossistemas mais ricos em biodiversidade do mundo (SCARIOT *et al.*, 2005). Seu espaço geográfico desempenha papel fundamental no processo de distribuição dos recursos hídricos pelo país, pois nesse bioma se originam as principais bacias hidrográficas brasileiras (LIMA E SILVA, 2008). No entanto, o Cerrado vem sendo submetido a mudanças no uso da terra, com áreas nativas convertidas em áreas para atividades agropecuárias (SCARIOT *et al.*, 2005; KLINK E MACHADO, 2005). Em virtude das ações antrópicas, a vegetação ripária vem sendo prejudicadas

devido ao crescente desmatamento na região desse Bioma (SANTOS, 2010). Denota-se nascente como o afloramento do lençol freático que origina uma fonte de acúmulo de água, conseqüentemente com um curso d'água, que por sua vez favorece a biodiversidade (LIMA e SILVA, 2008).

As zonas ripárias comportam-se como filtro e tampão de nutrientes que estão presentes no escoamento superficial das águas pluviais (RIBEIRO e WALTER, 2001), além de exercerem importantes funções ecológicas para a fauna. As Áreas de Proteção Permanentes (APPs) que abrangem zonas ripárias protegem e estabelecem um ecossistema hídrico bem estruturado e equilibrado. Apesar da proteção desses ambientes pela legislação ambiental (Lei Nº 12.651, de 2012), a redução gradativa da vegetação associada tem como principal consequência o aumento significativo do processo de erosão dos solos, com prejuízos para a hidrologia regional, diminuição da biodiversidade e degradação das nascentes (OLIVEIRA *et al.*, 2013). A recuperação de áreas degradadas visa a estimular processos naturais à reestruturação de funções ecológicas e composição similar da mata original (REIS e KAGEYAMA, 2003). Assim, trabalhos de preservação e investigação desses ecossistemas naturais são importantes para a manutenção destes sistemas, auxiliando na melhor compreensão do funcionamento e recuperação destes ecossistemas (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Estudos relacionados à preservação e recuperação de ecossistemas de zonas ripárias foram intensificados nos últimos anos, devido a sua importância ecossistêmica e à crescente preocupação de setores da sociedade em preservar estes ambientes importantes para a manutenção dos recursos hídricos (MELO E DURIGAN, 2007). A recuperação ambiental dessas áreas é uma necessidade e se traduz em um conjunto de ações planejadas, a fim de garantir a capacidade da área de se manter ao longo do tempo (GANDOLFI, 1996). Além disso, é um processo complexo devido às influências dos fatores que incidem sob a capacidade de sobrevivência e desenvolvimento das espécies vegetais utilizadas. Dessa forma, o condicionamento ao monitoramento ambiental das áreas em recuperação é

fundamental para o sucesso dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) (CARPANEZZI, 2005).

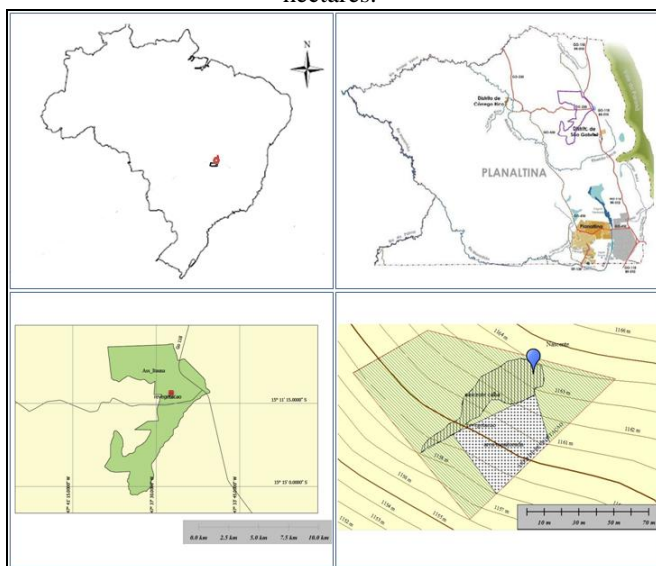
O entendimento sobre o comportamento inicial de espécies típicas e de cerrado e de matas de galeria é essencial para subsidiar programas de recuperação eficientes. Nesse sentido, o presente estudo procurou avaliar a sobrevivência e crescimento em altura de cinco espécies de cerrado e nove espécies de mata galeria em plantio de recuperação da zona ripária no Assentamento Itaúna em Goiás. Espera-se com esse trabalho, contribuir com informações pertinentes à realização de futuros Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) na região.

II. PROCEDIMENTOS

2.1 - Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido em uma área de vegetação ripária de uma nascente degradada localizada no Projeto de Assentamento Itaúna (PDA, Itaúna) no município de Planaltina em Goiás (Figura 1). Os limites do assentamento são: Norte 15°09'02''S, 47°39'56''O; Sul: 15°15'34''S, 47°38'34''O; Oeste: 15°11'44''S, 47°39'43''O; Leste: 15°11'18'' S, 47°35'27'' W). O assentamento possui uma área total de 4.080 hectares e foi implantado pelo Instituto Nacional de Colonização Agrícola (INCRA, 2008). O clima da região é classificado como sazonal tropical (Cwa) de acordo com a classificação de Köppen, com duas estações distintas, invernos secos e verões chuvosos com precipitação média anual entre 1200 mm e 1600 mm. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho - Amarelo (LVA), altamente intemperizado (EMBRAPA, 2006).

Figura 1 – Localização do Assentamento Itaúna (INCRA), localizado no município de Planaltina – GO, área de 4.080 hectares.



A área de estudo é caracterizada como zona ripária de nascente, conforme classificação de Lima (2003) e Attanasio *et al.* (2006). Nesta região, a mata ripária foi suprimida devido à abertura de áreas para o cultivo de soja e pastagens.

O assentamento Itaúna foi fundado em 1997, com a chegada de 10 famílias à Fazenda Itaúna. Após anos de negociação com o Instituto Nacional de Colonização Agrícola (INCRA), em 2007, as famílias conseguiram a posse das terras. Trata-se de uma região rica em recursos

hídricos, com a existência de várias nascentes perenes e sazonais. Essas nascentes abastecem as duas principais micro bacias do assentamento, córrego Lapinha e córrego Vermelho, que vertem para a bacia do rio Maranhão, tributárias da bacia do Tocantins uma das principais bacias do país (INCRA, 2008). No entanto, as nascentes estão em estágio de degradação ambiental avançado, com pouca vegetação ripária, presença de gramíneas exóticas e pressão mecânica (solos com alto grau de compactação) sobre o solo devido à antiga mecanização e ao pisoteio de gado.

A vegetação original da região era formada por diversas fitofisionomias do Cerrado, desde formações florestais (mata de galeria), savânicas (cerrado sentido restrito, cerrado rupestres, veredas) e campestre (campos de Murundus) (INCRA, 2008). No entanto, com a abertura de novas áreas para exploração agrícola, a maior parte da vegetação original do assentamento foi suprimida. O assentamento Itaúna já herdou todo o passivo ambiental originado do modelo agrícola anterior, de extensas pastagens degradadas e má utilização dos recursos hídricos. Os assentados não executaram ações de supressão de vegetação nativa, tarefa esta executada pelos antigos proprietários da terra.

2.2 - Projeto educação ambiental: gestão comunitária participativa

O projeto teve início em 2007, com o propósito do Campus da UnB em Planaltina contribuir para o desenvolvimento regional em suas áreas de ensino e extensão no Distrito Federal e entorno. O intuito foi desenvolver experiências locais de gestão ambiental participativa, por meio de uma educação ambiental não formal para a conservação ambiental. Foram realizadas ações de recuperação em áreas degradadas no perímetro urbano e rural, a partir de uma compreensão compartilhada em experiências sustentáveis entre seus atores sociais, estudantes das comunidades e estudantes e professores dos cursos oferecidos pela UnB em Planaltina, com o objetivo de se criar vínculo e discutir as questões de sustentabilidade envolvidas no contexto regional.

Na primeira proposta do projeto, em 2007, as comunidades envolvidas nas atividades compreendiam o Núcleo Rural Córrego do Atoleiro e a Horta Comunitária, ambas localizadas em Planaltina-DF. As atividades contemplavam mobilização social, educação ambiental, construção de viveiros educadores, e por fim, a recuperação das zonas ripárias do Córrego do Atoleiro. O objetivo do projeto foi alcançado com êxito, por meio da mobilização e sensibilização. Cerca de 90 pessoas se integraram à perspectiva socioambiental e contribuíram na recuperação de aproximadamente 2,3 hectares de zonas ripárias, além da apresentação de dados e divulgação do projeto por parte dos integrantes em congressos nacionais.

Os resultados obtidos com o projeto demonstraram a importância da participação da Universidade aliando pesquisa, ensino e extensão, no apoio às comunidades e em favor da responsabilidade socioambiental. Em 2011, a continuidade das ações propostas pelo projeto foi estendida para o Assentamento Itaúna em Planaltina de Goiás, objeto do presente estudo, com o objetivo de trabalhar a Educação Ambiental transformadora (LOUREIRO, 2004) por meio da recuperação das zonas ripárias de nascentes localizadas no assentamento.

2.3 - Plantio

Seguindo critérios utilizados por Mota *et al.* (2008), o plantio pautou-se na utilização de espécies nativas do Cerrado, com habilidade competitiva para se estabelecer em locais com presença e alta dominância de gramíneas exóticas. A área de estudo apresentou dominância *Brachiaria decumbens* Stapf e *Hiparrhenia rufa* Ness Stapf. As mudas utilizadas no trabalho de recuperação foram doadas pelo viveiro Cerrado Vivo e pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) por meio de seu projeto de compensação de carbono (IICA Sustentável), ambos parceiros do projeto de extensão “Educação Ambiental: gestão comunitária participativa”, Faculdade UnB Planaltina/DEX.

O plantio das mudas foi realizado por meio de mutirão que envolveu moradores da comunidade do Assentamento Itaúna, estudantes universitários da Universidade de Brasília e estudantes do ensino fundamental da escola do Assentamento Itaúna. A distribuição das mudas em campo consistiu no método quincônio (KAGEYAMA, 1986), adaptado para o Cerrado conforme sugerido por (REIS e KAGEYAMA, 2003). Para isso foram utilizadas cinco espécies típicas de florestas, de forma que as espécies de preenchimento ou espécies pioneiras ficassem no centro, no espaçamento de 3 x 2 m entre as mudas. Como essas espécies possuem desenvolvimento mais rápido (FRISON *et al.*, 2013), esse rearranjo das mudas em campo tem o intuito de desfavorecer a luminosidade das gramíneas exóticas que ocupam a área. Foram utilizadas cinco espécies típicas de florestas: *Astronium fraxinifolium* Schott, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Inga laurina* (SW) Wild., *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Myracrodruon urundeuva* Allemão. Foram utilizadas nove espécies típicas de cerrado: *Byrsonima coccobifolia* Kunth, *Alibertia macrophylla* K. Schum., *Croton urucurana* Baill., *Cybistax antisyphilitica* Mart., *Dipteryx alata* Vgel, *Eriotheca pubescens* (Mart. & Zucc.) Schott & Endl., *Hancornia speciosa* Mull. Arg., *Tachigali subvelutina* (Benth.), *Tocoyena formosa* K. Schum.

O plantio de recuperação foi realizado em uma área de aproximadamente 5.000 m². Antes do plantio não foi realizado nenhum método de retirada das gramíneas dominantes. O plantio foi realizado em covas de 35 cm de diâmetro e 45 cm de profundidade, abertas com enxadões e escavadeiras manuais. Foi realizado coroamento das mudas com aproximadamente 80 cm de diâmetro. Cada cova foi adubada com 150 g de adubo NPK na fórmula (4, 14, 8) e 1 litro de esterco bovino curtido. Durante o desenvolvimento das mudas não houve adubação adicional de cobertura.

Foram plantadas 350 mudas, pertencentes a 14 espécies. Antes do plantio, foi realizado um levantamento florístico da vegetação do entorno das nascentes. A grafia referente aos nomes científicos foi realizada conforme Flora Brasiliensis.

2.4 - Tratos culturais

Tratos culturais como o coroamento das mudas (capina manual com o auxílio de enxada da base das mudas em um raio de 80 cm de diâmetro) e a roçagem da área com roçadeira costal foram realizados sempre no início e final da época chuvosa dos anos de 2012 e 2013.

O controle das formigas cortadeiras foi feito com a destruição dos formigueiros. A destruição foi realizada por

meio da escavação dos formigueiros, com auxílio de enxadão.

2.5 - Monitoramento das mudas

O monitoramento das mudas foi realizado nos meses de fevereiro (3 meses após plantio) e agosto (9 meses após plantio) de 2012, e fevereiro (15 meses após plantio) e agosto (21 meses após plantio) de 2013. Foi verificada a sobrevivência por espécie e medidas as alturas dos indivíduos, tomadas a partir da base do caule até a gema apical com auxílio de uma fita métrica.

III. RESULTADOS

Do total de 350 indivíduos monitorados, a sobrevivência após 21 meses de plantio (S_{21}) foi em torno de 57%. Souza (2002) considera a sobrevivência maior que 60% como boa, entre 40% e 60% como regular e menor que 40%, baixa, em plantios de mudas nativas do Cerrado para recuperação. De uma forma geral, os indivíduos plantados indicaram possuir boa adaptabilidade ao ambiente degradado. Dentre as 14 espécies avaliadas, metade (sete) teve boa sobrevivência ($S_{21} > 60\%$), cinco tiveram desempenho regular ($40\% \geq S_{21} < 60\%$) e apenas duas tiveram sobrevivência baixa ($S_{21} < 40\%$) (Tabela 1).

As espécies que tiveram a maior taxa de sobrevivência foram *T. formosa* (88%), *C. langsdorffii* (80%) e *T. esculenta* (77%). As que tiveram menor sobrevivência foram *C. antisyphilitica* (31%), *C. urucurana* (34%) e *A. fraxinifolium* e *E. pubescens* (40%) (Tabela 1). Segundo Felfili *et al.* (2000), em projetos de recuperação realizados pela EMBRAPA Cerrados em plantio realizados em mata de galeria, *C. langsdorffii* também obteve o melhor índice de sobrevivência (76%).

A maior mortalidade entre todas as espécies plantadas no processo de recuperação na zona ripária da nascente ocorreu nos primeiros nove meses de monitoramento. Esse fato pode estar relacionado ao período de adaptação às condições de degradação do local (FONSECA *et al.*, 2001). Cortes (2012) em trabalho de recuperação utilizando mudas florestais e savânicas nativas do Cerrado observou, após 12 meses de monitoramento da área (mata de galeria), 76% de sobrevivência, até 24 meses do plantio entre 45% e 72%, mais do que 38 meses menor ou igual a 67% de sobrevivência. No presente estudo, 21 meses após o plantio, a sobrevivência das espécies *C. langsdorffii* (80%), *B. coccobifolia* (75%), *D. alata* (63,33%), *T. formosa* (87,50%), *A. macrophylla* (70%), *H. speciosa* (60%), *I. laurina* (50%), *T. subvelutina* (45%) e *M. urudeuva* (53,33%) e *T. esculenta* (73,33%) está dentro da faixa encontrada por Cortes (2012), com taxas de sobrevivência entre 45% e 72% no período de até 24 meses de plantio.

Tabela 1 – Número de indivíduos plantados e sobrevivência por espécie ao longo de 21 meses de monitoramento após plantio de mudas de espécies de cerrado e de mata de galeria no plantio de recuperação do Assentamento Itaúna, GO. Onde N_0 = número de indivíduos plantados. S_3 = sobrevivência após três meses, S_9 = sobrevivência após 9 meses, S_{15} = sobrevivências após meses e S_{21} = sobrevivência após 21 meses.

Espécie	N_0 (ind.)	S_3 (%)	S_9 (%)	S_{15} (%)	S_{21} (%)
cerrado típico					
<i>Alibertia macrophylla</i>	30	80	80	70	70
<i>Byrsonima coccobifolia</i>	40	90	75	75	75
<i>Croton urucurana</i>	18	83	83	33	33
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	16	81	63	56	31
<i>Dipteryx alata</i>	30	97	93	77	63
<i>Eriotheca pubescens</i>	20	80	55	55	40
<i>Hancornia speciosa</i>	15	100	60	60	60
<i>Tachigali subvelutina</i>	40	75	65	45	45
<i>Tocoyena formosa</i>	16	88	88	88	88
mata de galeria					
<i>Astronium fraxinifolium</i>	40	75	55	45	40
<i>Copaifera langsdorffii</i>	20	80	80	80	80
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	30	100	53	53	53
<i>Inga laurina</i>	20	80	60	50	50
<i>Talisia esculenta</i>	15	80	73	73	73
TOTAL	350	85	70	61	57

A mortalidade de alguns indivíduos das 14 espécies utilizadas no plantio de recuperação da nascente no Assentamento Itaúna está relacionada à incidência de formigas e cupins em suas raízes. Os cupins alimentaram principalmente das espécies *T. subvelutina*, *E. pubescens*, *C. antisyphilitica* e *C. urucurana* o que demonstra a importância dos tratamentos culturais nas áreas em recuperação. Felfili *et al* (2008) e Cortes (2012) destacam a importância do coroamento, controle de pragas e doenças nas áreas em recuperação, como ações que devem se estender por pelo menos três anos após o plantio.

As espécies que apresentaram menores taxas de sobrevivência ao final do período de monitoramento foram *C. urucurana* (33,33%), *E. pubescens* (40%), *A. fraxinifolium* (40%) e *C. antisyphilitica* (31,25%). A baixa sobrevivência dessas espécies ser atribuída à baixa capacidade de estabelecimento nas condições locais, principalmente a habilidade competitiva perante às gramíneas exóticas existentes na área de estudo (ANTEZANA, 2008). Em um plantio de recuperação de área degradada pela mineração de cascalho no Distrito Federal *E. pubescens*, apresentou em média 76,5% de sobrevivência, sendo indicada como potencial espécie para plantios de recuperação (BARBOSA, 2008).

Devido à operação de roçagem da área em recuperação, alguns indivíduos das espécies *H. speciosa*, *C. urucurana*, *M. urundeuva*, *T. esculenta* e *E. pubescens* tiveram acidentalmente as partes aéreas suprimidas pela roçadeira. Tal fato pode ser justificado, em parte, devido à área estar infestada pelas gramíneas exóticas, o que prejudica a visualização das mudas, e dificulta o trato cultural. Assim, devido à supressão da parte aérea dos indivíduos das

espécies acima citadas não foi possível incluí-los na análise da média de crescimento em altura das espécies. No entanto, por terem rebrotado, foram incluídos na contagem de sobrevivência e, portanto inseridas na taxa de sobrevivência.

As espécies que tiveram maior crescimento em altura foram *B. coccobifolia* (48,4%), *S. paniculatum* (26,8%) e *D. alata* (26,3%). As espécies que tiveram menor crescimento foram *I. laurina* (11,3%), *C. langsdorffii* (11,7%) e *A. edulis* (13,5%).

Tabela 2 – Altura média, desvio padrão por espécie após 3 e 21 meses de plantio e crescimento relativo (%), observado entre 3 e 21 meses após plantio, e sobrevivência após 21 meses de plantio.

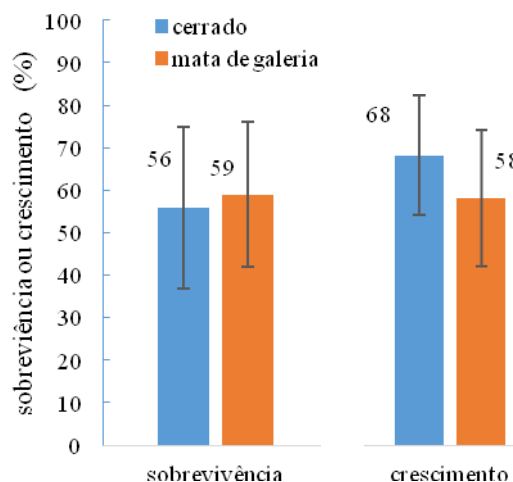
Onde A_3 = altura 3 meses após o plantio, A_{21} = altura 21 meses após o plantio, C = crescimento, S_{21} – sobrevivência 21 meses após o plantio. Os valores entre parênteses representam o desvio padrão em cm. As espécies são típicas de matas de galeria estão em negrito, as demais espécies são típicas de cerrado.

Espécie	A_3 (cm)	A_{21} (cm)	C (%)	S_{21} (%)
<i>B. coccobifolia</i>	40,0 (11,0)	59,3 (12,5)	48,4	75,00
<i>T. subvelutinum</i>	54,5 (6,6)	69,2 (18,3)	26,8	45,00
<i>D. alata</i>	18,2 (6,9)	23,0 (4,5)	26,3	76,67
<i>C. antisyphilitica</i>	22,9 (6,7)	28,8 (9,7)	25,8	56,25
<i>T. formosa</i>	23,4 (3,2)	28,5 (8,5)	22,2	87,50
<i>A. fraxinifolium</i>	29,3 (9,5)	34,4 (10,7)	17,3	45,00
<i>A. edulis</i>	40,5 (11,0)	46,0 (7,9)	13,5	70,00
<i>C. langsdorffii</i>	36,4 (13,0)	40,7 (12,4)	11,7	80,00
<i>I. laurina</i>	43,5 (20,1)	48,4 (13,3)	11,3	50,00

Não houve diferença significativa entre as espécies de cerrado e de mata de galeria em relação à sobrevivência e crescimento em altura. As espécies de mata de galeria tiveram sobrevivência ligeiramente maior e crescimento ligeiramente menor que as de cerrado (Figura 2).

Figura 2 - Média sobrevivência e crescimento em altura de espécies de cerrado e mata de galeria em um plantio de e mudas para recuperação de zona ripária em no Assentamento Itaúna, GO.

A sobrevivência foi referente ao período de 21 meses após o plantio, enquanto o crescimento foi relativo aquele observado entre os meses 3 e 21 após o plantio.



O monitoramento ambiental em longo prazo das áreas em recuperação possui papel fundamental, apresentando indicadores que devem avaliar a reconstrução dos processos ecológicos, permitindo assim analisar a renovação da dinâmica vegetal de acordo com parâmetros de sobrevivência e resistência de espécies vegetais em ambientes com condições ambientais adversas (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004). Souza (2002) considerou, a sobrevivência como o principal parâmetro de seleção de espécies vegetais para serem utilizadas em prol da recuperação de áreas degradadas.

A avaliação do crescimento das plantas também é uma variável importante, pois, o crescimento e desenvolvimento dos indivíduos vegetais estão relacionados com fatores internos, principalmente com os hormônios vegetais (fitormônios) e fatores externos (luz, água e temperatura) (TAIZ E ZIEGER, 2004). O crescimento visível em todas as espécies demonstra boa resposta ao ambiente em que foram inseridas.

IV. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que o controle de formigas e de espécies espontânea nos primeiros 21 meses após plantio é importante para o sucesso na recuperação de áreas degradadas. Com exceção de *C. antisyphilitica* e *C. urucurana*, que apresentam desenvolvimento lento, refletindo em desvantagem competitiva em relação a gramíneas exóticas e outras espontâneas. Todas as espécies utilizadas no presente estudo apresentaram sobrevivência regular ou boa e, assim, são indicadas para a recuperação de zonas ripárias no assentamento Itaúna e em áreas similares a essa região. As espécies que apresentaram melhor desempenho em termos de sobrevivência foram *T. formosa*, *C. langsdorffii*, *B. coccobifolia*, *T. esculenta*, *A. macrophylla*, *D. alata* e *H. speciosa*.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTEZANA, F. L. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina-DF**. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. p 84. 2008.

ATTANASIO, C. M.; LIMA, W. P.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; JUNIOR, J. C. T. V. **Método para a identificação da zona riparia: microbacia hidrológica do Ribeirão São João** (Mineiros do Tietê, SP). Scientia Forestalis, N. 71, p.131-140, agosto. 2006.

BARBOSA, A. C. C. **Recuperação de área degradada por mineração através da utilização de sementes e mudas de três espécies arbóreas do Cerrado, no Distrito Federal**. Dissertação de mestrado, Faculdade de tecnologia Universidade de Brasília, 88p. 2008.

CARPANEZZI, A. A. **Fundamentos para a reabilitação florística de ecossistemas florestais**. In: Galvão, A. P. M.; Porfírio-Da-Silva, V (Eds). Restauração florestal; fundamentos e estudos de caso. Embrapa, Colombo-PR, 2005, p. 27-45.

CORTES, J. M. **Desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado a partir do plantio de mudas e da regeneração natural em uma área em processo de recuperação**,

Planaltina-DF. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 89p, 2012.

EMBRAPA – **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos et al.. 2ª edição. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 2006.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W. & MACHADO, J. W. **Recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 45p.

FELFILI, M. J.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. **Recuperação de Áreas degradadas no Cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal**. In: FELFILI, M. J.; CORÊA, C. R. M. A. Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas da Bacia do São Francisco. Centro de Referencia em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD), 216p. 2008.

FONSECA, C. E. L.; RIBEIRO, J. F.; SOUZA, C. C.; REZENDE, R. P.; BABINO, V. K. **Recuperação da vegetação de matas de galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno**. In: RIBEIRO, J. F; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. Cerrados: caracterização e recuperação de matas de galeria. Embrapa-Cerrados, Planaltina-DF, 1ª Edição, 2001. 815-870p.

FRISON, S.; ENGEL, V. L.; DURIGAN, G. **Seleção de espécie potencial para a restauração florestal no estado de São Paulo**. Anais V simpósio de restauração ecológica. Instituto de Botânica. São Paulo, 2013. 310-311p.

GANDOLFI, S. **Recomposição de florestas: princípios gerais e subsídios em diferentes estádios sucessionais para uma definição metodológica**. Revista. Brasileira. Hort Orn., Campinas, 1996.

INCRA – **Instituto Nacional de Colonização e reforma agrária**. Superintendência regional do DF e Entorno – SR-28/DFE. Plano de desenvolvimento do assentamento – PDA. Projeto de assentamento Itaúna. Município de Planaltina de Goiás. Brasília-DF. 2008.

KAGEYAMA, P. Y. **Estudos para implantação de matas ciliares de proteção na Bacia Hidrográfica do Passa Cinto visando a utilização para abastecimento público**. Piracicaba: escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ Universidade de São Paulo/ DAEE, 1986. 236p. Relatório de Pesquisa.

KLINK, C. A. MACHADO, R. B. **Conservação do Cerrado Brasileiro**. Biologia da Conservação, Malden, vol. 19, p. 707-713, 2005.

LIMA, W. P. **Relações em mata ciliares**. In: HENRY, R (ED). Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: Ritma Editora. 301-312p. 2003.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.. **Análise da situação dos recursos hídricos do Cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas**. 2008. Disponível em <http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/1?q=R%20h%C3%ADd%20e%20socioambiental>>, acesso em outubro de 2014.

LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental transformadora**. Identidades da Educação Ambiental Brasileira, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. **Evolução estrutural de reflorestamento de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema**. Scientia Forestalis, n.73, p.101-111, 2007.

MOTA, F. C. M.; FELFILI, J. M. **Sobrevivência e desenvolvimento em altura de 12 espécies do bioma Cerrado na recuperação de uma área degradada de mata de galeria do Ribeirão do Gama-DF**, Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, 2008. 6-7p.

OLIVEIRA, D. G.; FERREIRA, R. A.; MELLO, A. A.; ALMEIDA, E. S.; **Estrutura diamétrica da vegetação arbustivo-arbórea no entorno de nascentes da bacia hidrográfica do rio Piauitinga**, Salgado- SE, Brasil. Revista Biotemas, v26, n.2, 19p. 2013.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. **Restauração de Áreas Degradadas. Utilizando Interações Interespecíficas**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Butucatu: FEPAF, 2003. 91-110P.

RIBEIRO, J. F. E WALTER, B. M. T. **As Matas de Galeria no conceito do bioma cerrado**. In Cerrado: caracterização e recuperação de matas de Galeria. (Eds J. F. Ribeiro, C. E. L. Fonseca e J. C. Sousa-Silva). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, 2001, p.29-47.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações a recuperação de florestas ciliares**. In RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Eds) Matas Ciliares Conservação e Recuperação. V. 1, p. 235-247, EDUSP, 2004.

SCARIOT, A.; SILVA, J. C. S.; FELFILI, J. M.; **Cerrado: Ecologia biodiversidade e conservação**. In: Felfili, J. M.; Silva, J. C. S.; Scariot, A. (ed). Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: Avanços no conhecimento. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Cap. 1, p. 27-44.

SANTOS, L. C. A. **A eficiência da semeadura direta para a revegetação de uma jazida de cascalho na Fazenda Água Limpa**, APA Gama Cabeça de Veado, Brasília, DF. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 106 p. 2010.

SOUZA, C. C. **Estabelecimento e crescimento inicial de espécies florestais em plantios de recuperação de mata de Galeria do Distrito Federal**, Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Florestal, UnB. Brasília-DF, 99p. 2002.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Alegre, Artmed. 3ª Edição. 719p. 2004.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-3	<p>EVALUATING THE USE OF TAVERNA TO IMPROVE REPRODUCIBILITY OF HTC IN SILICO EXPERIMENTS Jonata Jeferson Andrade; Aldemon Lage Bonifacio; Igor De Oliveira Knop; Ciro De Barros Barbosa</p>
1-3	<p>LEADER ENTERPRISE CONTENT MANAGEMENT (ECM) SYSTEMS MARKET REPORT COMPARISON COMPARAÇÃO DE RELATÓRIOS DE MERCADO ACERCA DE EMPRESAS LÍDERES NO FORNECIMENTO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE CONTEÚDO CORPORATIVO (ECM) Ohashi, Fabio Kazuo; Mauro, Maria Helena; Gaspar, Marcos Antonio; Rodrigues, Huoston Batista; Magalhães, Fabio Falchi De; Cardoso, Marcos Vinicius</p>
1-3	<p>UMA ANÁLISE QUALITATIVA DOS MODELOS T-SHAPED E C.H.A. QUALITATIVE ANALYSIS OF T-SHAPED AND K.S.A MODELS Antonio Carlos Da Silva; Ivanir Costa; Ernani Marques Da Silva; Huoston Rodrigues Batista; Marcos Vinicius Cardoso; Fábio Luís Falchi De Magalhães</p>
1-5	<p>MODELING ELECTRICAL DISCHARGES IN DRY AIR Lucas W S Crispim; Hallak, P. H.; Maikel Y Ballester</p>
1-7	<p>ANUÁRIO MATA ATLÂNTICA: SUBSIDIANDO POLÍTICAS E AÇÕES DE PROTEÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RECUPERAÇÃO DO BIOMA ATLANTIC FOREST YEARBOOK: SUBSIDIZING POLICIES AND ACTIONS OF PROTECTION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND RECOVERY OF THE BIOME Eliana C. Moraes-Santos; Clayton F. Lino</p>
3-1	<p>ANÁLISE DAS CHUVAS MÁXIMAS DIÁRIAS E DE 24 HORAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO ANALYSIS OF THE MAXIMUM ONE-DAY RAINFALL AND THE 24-HOUR MAXIMUM RAINFALL IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO Fabíola De Souza Freitas; Mônica De Aquino Galeano Massera Da Hora; Bruno Pires Dumas</p>
3-1	<p>AVALIAÇÃO DO DANO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO A PARTIR DE UMA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL BASEADA NO MODELO DE MAZARS DAMAGE ASSESSMENT IN CONCRETE STRUCTURES FROM A COMPUTER SIMULATION BASED ON THE MODEL OF MAZARS Lahis Souza De Assis; Michèle Cristina Resende Farage; Flávia De Souza Bastos; Aldemon Lage Bonifacio</p>

3-1	<p>COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS SÍSMICOS</p> <p>BEHAVIOR OF GRAVITY WALLS WHENB SUBJECTED TO SEISMIC LOADS Sieira, A. C .C. F.; Kurz, T. P. G.; Santos Da Silva, J. G.</p>
3-1	<p>EFICIÊNCIA DA TÉCNICA DE CONSOLIDAÇÃO PROFUNDA RADIAL CPR GROUTING NO ENRIJECIMENTO DE SOLOS MOLES</p> <p>CONSOLIDATION RADIAL DEEP CPR GROUTING: EFFICIENCY IN COMPRESSIBLE SOIL TREATMENT Sieira, A. C .C. F.; Lima, A. P.; Chavão, A. O.; Gondariz, L. J. C.</p>
3-1	<p>LADEIRA DE SANTANA: DO DESLIZAMENTO EM 2013 À SITUAÇÃO ATUAL</p> <p>LADEIRA DE SANTANA: FROM THE 2013 LANDSLIDE TO THE CURRENT SITUATION Luciano Da Costa Castilhos; Mônica De Aquino Galeano Massera Da Hora</p>
3-1	<p>MAPEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÕES. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE LAJE DO MURIAÉ, ESTADO DO RIO DE JANEIRO</p> <p>FLOOD RISK MAPPING. CASE STUDY: MUNICIPALITY OF LAJE DO MURIAÉ, STATE OF RIO DE JANEIRO Pedro Retamal Weinem; Antonio Ferreira Da Hora</p>
3-1	<p>THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF LIGHTWEIGHT AGGREGATE COMPRESSIVE STRENGTH USING MANY-TASK COMPUTING Aldemon Lage Bonifácio; Ciro De Barros Barbosa; Flávio De Souze Barbosa; Michèle Cristina Resende Farage</p>
3-4	<p>A INFLUÊNCIA DAS CARGAS DO CENTRO TECNOLÓGICO NA REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO</p> <p>THE INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL CENTER'S LOADS IN THE FEDERAL UNIVERSITY OF ESPIRITO SANTO'S ELECTRICAL NETWORK Felipe Demuner Magalhães; Domingos Sávio Lyrio Simonetti</p>
3-4	<p>AVALIAÇÃO TÉCNICA DOS CENÁRIOS HARMÔNICOS EM CARGAS RESIDENCIAIS</p> <p>TECHNICAL ASSESSMENT OF HARMONIC SCENARIOS IN RESIDENTIAL LOADS Evanir O. De Souza; Anderson J.R. Oliveira; Luiz S. Moreira; Márcio Z. Fortes; Gilson B.A. Lima</p>
3-4	<p>HARMÔNICAS NA REDE RESIDENCIAL CAUSADAS POR SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO</p> <p>HARMONICS IN THE RESIDENTIAL NETWORK CAUSED BY LIGHTING SYSTEMS Maria Fernanda Trujillo Leon; Oscar Armando Maldonado Astorga</p>
3-4	<p>IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLADOR MPPT NO LABVIEW UTILIZANDO O MÉTODO CONDUTÂNCIA INCREMENTAL</p> <p>IMPLEMENTATION OF A MPPT CONTROLLER IN LABVIEW USING INCREMENTAL CONDUCTANCE METHOD José Marcelo De Assis Wendling Júnior; Leonardo Mesquita</p>

3-4	<p>OTIMIZAÇÃO ROBUSTA APLICADA A PROGRAMAÇÃO DE GERADORES TERMELÉTRICOS INTEGRANDO ENERGIA EÓLICA COM INCERTEZA</p> <p>ROBUST OPTIMIZATION APPLIED TO THERMAL UNIT COMMITMENT INTEGRATING WIND POWER WITH UNCERTAINTY</p> <p>Marcos Roberto Bombacini; Ademir Alves Ribeiro</p>
3-4	<p>A TERMOGRAFIA APLICADA À MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA A SECO</p> <p>THE THERMOGRAPHY APPLIED TO TRANSFORMERS MAINTENANCE POWER DRY</p> <p>Tadeu Silva De Santana; Robson Da Silva Magalhães</p>
3-4	<p>VALIDAÇÃO DE MODELO DE CÉLULA A COMBUSTÍVEL DE MEMBRANA TROCADORA DE PRÓTONS EM AMBIENTE PSCAD/EMTDC</p> <p>MODEL VALIDATION OF PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL IN PSCAD/EMTDC</p> <p>Amanda Loureiro Nascimento; Jussara Farias Fardin; Lucas Frizera Encarnação</p>
3-5	<p>ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG) DE FLUIDOS DE ARREFECIMENTO AUTOMOTIVO A BASE DE ETILENOGLICOL</p> <p>THERMOGRAVIMETRIC (TG) ANALYSIS OF ETHYLENE GLYCOL- BASED AUTOMOTIVE COOLING FLUIDS</p> <p>Rony Oliveira De Sant'ana; Cleiton Rubens Formiga Barbosa Junior; Cleiton Rubens Formiga Barbosa; Osvaldo Chiavone-Filho; Fábio Augusto Da Silva Oliveira; Diego Araújo Lemos; Carla Naiana Pires Da Silva</p>
3-5	<p>BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO LEAN - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</p> <p>LEAN IMPLEMENTATION BARRIERS – BIBLIOGRAFIC RESEARCH</p> <p>Christiane G. Lobato; Antonio Faria Neto; Caio Guazzelli</p>
3-5	<p>DOSAGEM DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO UTILIZANDO A FERRAMENTA COMPUTACIONAL DCAD</p> <p>MIX-DESIGN OF HIGH PERFORMANCE CONCRETES USING DCAD SOFTWARE</p> <p>Ana Waldila De Queiroz Ramiro Reis; Margareth Da Silva Magalhães; Rodrigo Bird Burgos</p>
3-5	<p>INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE TANGENCIAL MÉDIA NA ESPECIFICAÇÃO DE BOMBAS DE CAVIDADE PROGRESSIVA PARA FLUIDOS ABRASIVOS</p> <p>INFLUENCE OF THE AVERAGE TANGENTIAL VELOCITY ON THE SPECIFICATION OF PROGRESSIVE CAVITY PUMPS FOR ABRASIVE FLUIDS</p> <p>Carla Naiana Pires Da Silva; Cleiton Rubens Formiga Barbosa; Rony Oliveira De Sant'ana</p>

3-5	<p>O USO DE CAD 3D NO PLANEJAMENTO DA PROGRAMAÇÃO ON-LINE DE UMA OPERAÇÃO DE MONTAGEM USANDO ROBÔ PEGASUS</p> <p>ON-LINE PROGRAMMING STEPS USING 3D CAD MODELS TO PLAN AND PERFORM AN ASSEMBLY TASK USING PEGASUS ROBOT Rafael Rosenberg Santos; Felipe Alvares De Azevedo Macedo; Felyppe Laborde Marinho Santos; Luiz Paulo Gomes Ribeiro</p>
3-5	<p>OTIMIZAÇÃO DA POTÊNCIA CONSUMIDA EM UM IMPELIDOR DE PÁS INCLINADAS ATRAVÉS DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD)</p> <p>CONSUMED POWER OPTIMIZATION IN A IMPELLER BLADES TILTED THROUGH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) Fernando Rodrigo Moro; Alexandre Marconi De Souza Da Costa</p>
3-5	<p>PONTES PÊNSEIS – BREVE HISTÓRICO E ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PRINCIPAIS</p> <p>SUSPENSION BRIDGES – HISTORY AND STUDY OF MAIN CABLES DESIGN Guilherme De Mello Hernandez; Rodrigo Bird Burgos</p>
3-5	<p>POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DE MINERIAS E REJEITOS BRASILEIROS</p> <p>CARBON CAPTURE POTENCIAL OF MINERALS AND MINING WASTES BRASILIANS Kely Regina Maximo Vieira; Gretta Larisa Aurora Arce Ferrufino; Ivonete Ávila; Vitor De Oliveira Fácio; João Andrade De Carvalho Jr.; Turibio Gomes Soares Neto</p>
3-5	<p>PRODUÇÃO DE BIOCHAR DE CASCA DE ARROZ POR PIRÓLISE LENTA</p> <p>RICE HUSK BIOCHAR PRODUCTION BY SLOW PYROLYSIS Vieira, F. R.; Luna, C. M. R.; Balestieri, F. M. P.; Barbosa, J. P. V.; Arce, G. L. A. F.; Ávila, I.</p>
3-6	<p>APLICAÇÃO DA ELETROFLOCULAÇÃO COMO MÉTODO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA FLEXOGRAFIA</p> <p>TREATMENT OF EFFLUENTS FROM FLEXOGRAPHIC BY USING ELETROFLOCCULATION José Carlos Drodowski; Itamar Gili; Atilano Antonio Vegini; Lorena Benathar Ballod Tavares</p>
3-6	<p>DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO PARA DETERMINAÇÃO DE CLORANFENICOL EM ÁGUAS NATURAIS</p> <p>METHOD DEVELOPMENT SPECTROPHOTOMETRIC FOR DETERMINATION OF CHLORAMPHENICOL WATERS NATURAL Márcio Ricardo Rodrigues Gomes; Samuel De Jesus Lins Machado Filho; Anastácio Pinto Gonçalves Filho; Luciana Bitencourt Oliveira; Elaine Meneses Souza Lima</p>

3-7	<p>COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DE MUNICÍPIOS CONSORCIADOS DO AGRESTE E MATA SUL DE PERNAMBUCO</p> <p>GRAVIMETRIC COMPOSITION OF URBAN SOLID WASTE (RSU) OF CONSTITUED MUNICIPALITIES OF AGRESTE AND MATA SUL DE PERNAMBUCO</p> <p>Fernando Henrique Ferreira De Alves Melo; Derovil Antônio Dos Santos Filho; Maria Odete Holanda Mariano; Samuel De Jesus Lins Machado Filho; Anastácio Pinto Gonçalves Filho</p>
3-7	<p>ESTIMATIVA DE DADOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO A PARTIR DA MODELAGEM MATEMÁTICA: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU</p> <p>MODELING OF WATER QUALITY INDICATOR: CASE STUDY OF PIRANHAS-AÇU WATERSHED</p> <p>Danilo Duarte Costa E Silva; José Geraldo De Vasconcelos Baracuhy; Wilson Fadlo Curi; Henrique Chaves</p>
3-8	<p>A EXPANSÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ÁREA DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS</p> <p>THE EXPANSION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE IN THE PROJECT MANAGEMENT AREA</p> <p>Nayron Almeida; Ricardo Ribeiro; Isabel Sartori; Marcelo Embiruçu</p>
3-8	<p>ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO EM MANUTENÇÃO COM BASE EM PLATAFORMA BPMS</p> <p>ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF DECISION MAKING METHODS IN MAINTENANCE BASED IN BPMS PLATFORM</p> <p>Guinther Kovalski Da Costa; Reginaldo Borges; Osiris Canciglieri Júnior; Eduardo Alves Portela Santos; Eduardo De Freitas Rocha Loures</p>
3-8	<p>APLICABILIDADE DA FERRAMENTA SOLVER PARA O AUMENTO DA MARGEM MARK-UP: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE VESTUÁRIO</p> <p>APPLICABILITY OF THE SOLVER TOOL FOR INCREASING THE MARK-UP INDEX: CASE STUDY IN A CLOTHING COMPANY</p> <p>David Barbosa Souza Junior; Sergio Luiz Braga Franca.</p>
3-8	<p>ASSISTÊNCIA TÉCNICA NO VAREJO DE MÓVEIS: OTIMIZAÇÃO DO SERVIÇO POR MEIO DA GESTÃO DE PROJETOS</p> <p>TECHNICAL ASSISTANCE IN THE RETAIL OF FURNITURE: OPTIMIZATION OF THE SERVICE THROUGH PROJECT MANAGEMENT</p> <p>Vitor Nascimento De Meneses; Solana Carlos Frasão; Francisco Das Chagas Marques De Araujo Filho; Herik Geovanny De Azevedo Carvalho; Kasciano Pires De Sousa</p>

3-8	<p>CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP) PARA ANÁLISE DE ATRASOS DE ENTREGAS: UM ESTUDO EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ANÁPOLIS/GO</p> <p>STATISTICAL CONTROL OF PROCESSES (SCP) FOR ANALYSIS OF DELIVERY DELAYS: A STUDY IN A DISTRIBUTION CENTER OF ANÁPOLIS/GO Paulo Henrique Dos Santos; Solange Da Silva; Nilson Carvalho Da Mata; Simone Maria Moura Mesquita</p>
3-8	<p>FATORES CRÍTICOS EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS: UMA ABORDAGEM NA GESTÃO PÚBLICA EDUCACIONAL TECNOLÓGICA</p> <p>CRITICAL SUCCESS FACTORS IN PROJECT MANAGEMENT: AN APPROACH IN THE BRAZILIAN PUBLIC EDUCATIONAL MANAGEMENT Nayron Henrique Santana Almeida; Isabel Sartori; Marcelo Embiruçu;</p>
3-8	<p>MODELO MATEMÁTICO PARA RESOLVER O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE TURNOS DE FUNCIONÁRIOS: UM CASO REAL</p> <p>MATHEMATICAL MODEL TO SOLVE THE EMPLOYEE TIMETABLING PROBLEM: A REAL CASE Mayara Alves Barrel; Rafael Correia Moreira; Alexandre Xavier Martins</p>
3-8	<p>PRINCÍPIOS DA QUALIDADE NO SISTEMA DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO – SGSST</p> <p>QUALITY PRINCIPLES ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEM – OHSMS Linardy De M. Sousa; Pedro Luiz De O. Costa Neto; Thaís R. Ibiapino; Carla S. P. Portela; Nayquel Richel De Souza Lima</p>
3-8	<p>PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE COMAKERSHIP: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DO PERÍODO DE 1987 ATÉ 2016</p> <p>SCIENTIFIC PRODUCTION ON COMAKERSHIP: PERIOD BIBLIOMETRIC STUDY 1987 TO 2016 Paulo Henrique Dos Santos; Solange Da Silva; Nilson Carvalho Da Mata; Simone Maria Moura Mesquita</p>
3-8	<p>SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA: ANALISANDO OS MÉTODOS ADOTADOS EM UMA EMPRESA METAL MECÂNICA</p> <p>LEAN PRODUCTION SYSTEM: ANALYZING METHODS ADOPTED IN A COMPANY METAL MECHANICS Marcus Alexandre Buarque Da Silva; Manoel Messias Domingos Da Silva; Genivaldo Wanderlei Rocha; Roberto De Araujo Alécio</p>
3-8	<p>UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA PERCEÇÃO DE VALOR PELO CLIENTE: UM ESTUDO DE CASO EM UM SERVIÇO SUBSCRIÇÃO</p> <p>A METHODOLOGY FOR ASSESSING CUSTOMER-PERCEIVED VALUE CASE STUDY IN A VIRTUAL SUBSCRIPTION SERVICE Ana Luisa Dias Ribeiro; Andrea Cristina Dos Santos</p>

3-12	<p>LIMITES DE DESEMPENHO DO CONTROLE LQG/LTR PARA UMA CLASSE DE SISTEMAS DE FASE NÃO MÍNIMA</p> <p>LQG/LTR PERFORMANCE BOUNDS FOR A CLASS OF NONMINIMUM PHASE SYSTEMS</p> <p>Cleverson F. Oliveira; Fernando H. D. Guaracy; Luís H. C. Ferreira</p>
3-13	<p>APLICAÇÃO DO FILTRO DE DIFERENCIAÇÃO DE SAVITZKY-GOLAY NA DETECÇÃO DE COMPLEXOS QRS EM SINAIS DE ECG</p> <p>APPLICATION OF SAVITZKY-GOLAY DIFFERENTIATOR FILTER IN QRS COMPLEX DETECTION IN ECG SIGNALS</p> <p>Erica N. Nishida; Luis H. C. Ferreira; Odilon O. Dutra</p>
3-13	<p>ANÁLISE DE FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE UM POTENCIAL DE AÇÃO ESPONTÂNEO</p> <p>ANALYSIS OF FACTORS CONTRIBUTING TO THE GENERATION OF A SPONTANEOUS ACTION POTENTIAL</p> <p>Daniele Pires Magalhaes; Rodrigo Weber Dos Santos</p>
3-12	<p>CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DO EFEITO DA VARIAÇÃO DO PASSO NO DESEMPENHO DE HÉLICES</p> <p>Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto; Cristiane Aparecida Martins; Giuliano Gardolinski Venson</p>

EVALUATING THE USE OF TAVERNA TO IMPROVE REPRODUCIBILITY OF HTC IN SILICO EXPERIMENTS

JONATA JEFERSON ANDRADE¹; ALDEMON LAGE BONIFACIO¹; IGOR DE OLIVEIRA KNOP¹;
 CIRO DE BARROS BARBOSA¹

1 – FEDERAL UNIVERSITY OF JUIZ DE FORA

*and.jonata@gmail.com, aldemon.bonifacio@engenharia.ufff.br, igorknop@gmail.com,
 ciro.barbosa@ice.ufff.br*

Abstract – *The context of this work is the simulation of in silico experiments. In order to improve the overall simulation efficiency, we apply Workflow Management Systems (WMS) along with High-Throughput Computing (HTC) technics. The main concern here, however, is the experiment reproducibility, which has strong impact in the long-term experimentation process. We use the Taverna WMS to execute the simulation of a Dynamic System in a PBS\Cluster environment. Afterwards we make remarks regarding each item of a list of experiment reproducibility aspects. The experiment is a Mont Carlo simulation of a stochastic Dynamic System in the area of Business Management. Details on the simulated model are out of the context of this work. We expect to make clear the extent of the contribution of this tool to experimentation reproducibility, mainly considering multi-disciplinary research groups where expertise in HTC is not expected.*

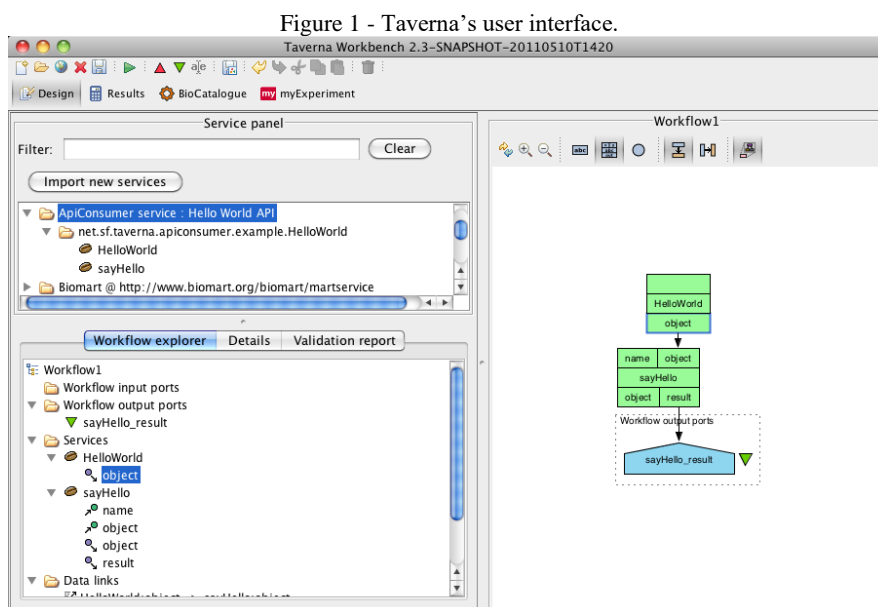
Keywords: *Experimentation Reproducibility. HTC. Scientific Workflows. Dynamic Systems. Business Management Simulation. Stochastic Simulation.*

I. INTRODUCTION

In silico experiments are becoming increasingly important mainly due to the role of computer based experiments in scientific methods nowadays

(LUDASCHER et al., 2006). More and more areas of study are using computer simulation to predict behavior of their subject of investigation, reducing costs, changing time scale or improving ethical aspects of the research. However, scientific methodology requires that theories should be subject to independent proof tests. When applying computing methods, reproducing results requires that other people have access to all the software tools and data that have been applied. This is called reproducibility in computer science. The Nature Publishing Group (2016), in the Editorial, issue 7604, shows their concerns with this respect.

The ongoing development of in silico experiments face problems of software obsolescence, complexity for integrating tools and configuring system environment. Models to capture the behavior of study can apply many different modeling technics, such as, ordinary differential equations systems (BOYCE, 1992), which need a computer representation. Scientific computer simulations usually require intensive data manipulation and processing. Orchestration of many executing tasks is also a requirement. Standards and tools are required to handle these issues.



Source: TAVERNA PROJECT, 2007.

We present here some conclusions on some reproducibility aspects, while applying a tool named Taverna (TAVERNA PROJECT, 2007), a Workflow Management System (WMS), to carry on an in silico experiment. Figure 1 shows the Taverna user interface. Taverna is available in different architectures, i.e., an online version and a command line version. We use a workbench version, that runs on a desktop environment.

In order to address execution efficiency, Taverna is configured to run tasks in a PSB\Cluster environment, that primary task is to allocate computational jobs among the available computing resources. The experiment is a Mont Carlo simulation (MOONEY, 1997) of a stochastic Dynamic System (FORRESTER, 1997) in the area of business management. We capture business management concepts and relations to build a learning environment. The details of the model (FERREIRA, 2000) and how it is applied is out of the scope of this work. However, it is important to notice that we carry an experiment were a coarse granularity task should be executed many times. The task is a System Dynamics simulator, that was implemented in Java. It will run an ODE solution method with a thousand steps. We run the task of our Mont Carlo simulation 50 times, to obtain a mean value as result. In this case, we have to apply HTC techniques to reach a good execution performance. The parallel execution of each task has to be orchestrated by Taverna, synchronizing the execution in order to calculate the average result.

High-Throughput Computing (HTC) is a computer science term, named by Lviny et al. (1997) within the Condor project (THAIN; TANNENBAUM and LIVNY, 2005), to describe the use of many computing resources over long periods of time to perform a computational task. The key metric of HTC is measured per month or year, in contrast to workloads that the metric is measured in floating-point operations per second, as in High

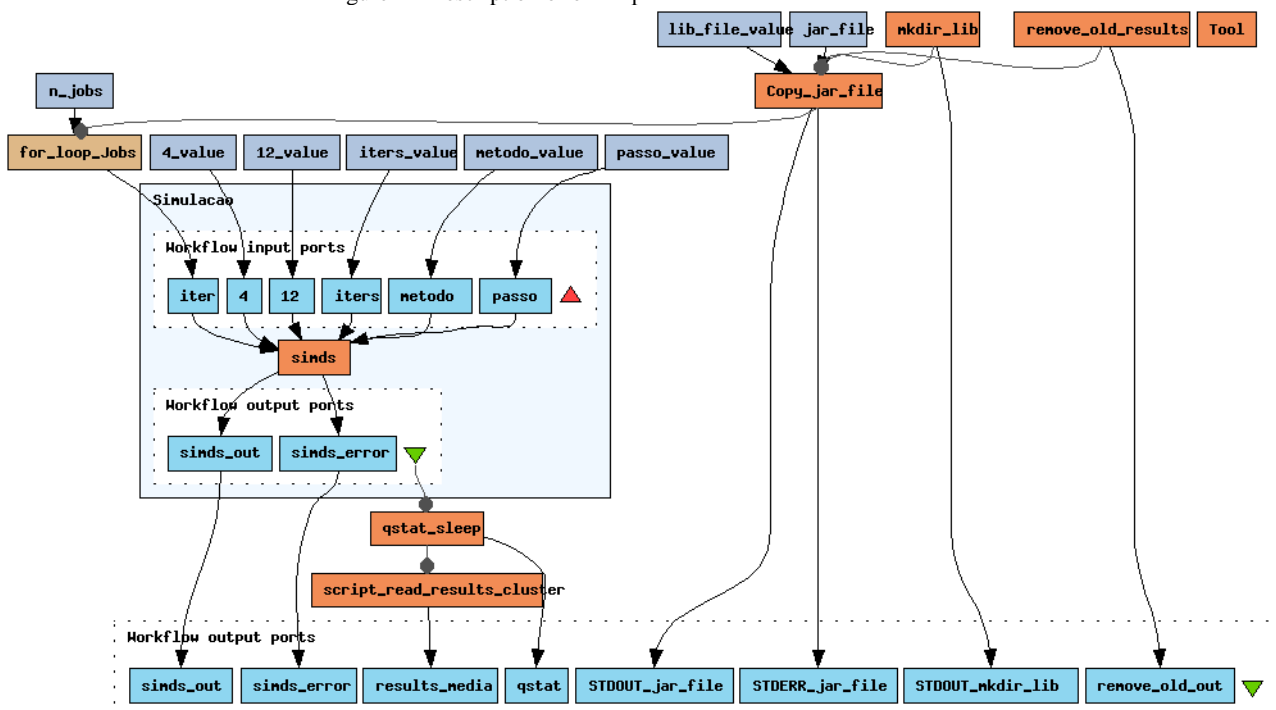
Performance Computing (HPC) (RAICU, 2009). The main difference between these computational techniques is the form that each one accomplishes the tasks. HTC main focus is to run multiple independent instances of task on multiple processors at the same time, and HPC is to run a single instance of a parallel task over many processors. Furthermore, HTC is mainly interested to efficiently harness the use of all available resources. Therefore, HTC has been employed with success on clusters, as the needed computations are more loosely coupled and scientists can use CPUs and memory easily, essentially making use of high efficiency.

Taverna offers good tools to build workflows. It is designed using a diagram that will help future maintenance of the experiment for being a user friend modeling notation. Many functionalities of Taverna, as a WMS tool, could be discussed here, such as, scheduling, exception treatment, provenience records, etc. However, we will focus on the aspects of interest, as mentioned above.

II. STRATEGY EMPLOYED AND RESULTS

Figure 2 shows the structure of workflow executed in Taverna. It is possible to see the graphical notation to specify the workflow. Execution in Taverna flows as soon as data is available. Since the many execution of the simulator do not require previous data, the 50 jobs can run in parallel. Taverna allows configuring the maximum jobs to run in parallel, just in case you are running in a standalone fashion with limited resources. In this workflow, Taverna is configured to send jobs to a cluster. Jobs are synchronized and an average calculation is done. A control link is applied when no data dependency exists. Taverna shows the running progress and eventual errors and workflow consistence. Execution data are recorded and identified as provenance data (LUDASCHER et al., 2006).

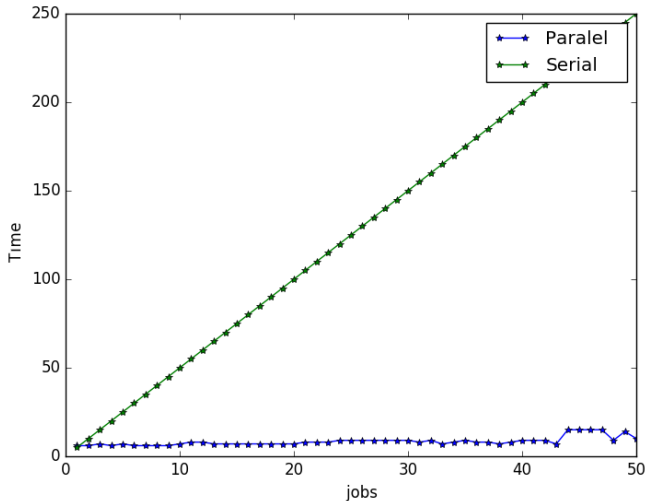
Figure 2 - Description of our experiment as a Taverna's Workflow.



Source: The authors.

Using this configuration, we have reached the speedup shown in the Figure 3. We have recorded the time after each job execution, comparing two workflows configurations. In the serial configuration, the jobs have been executed locally in sequence. The parallel version is as described above. We can notice that almost no overhead is introduced to manage the jobs.

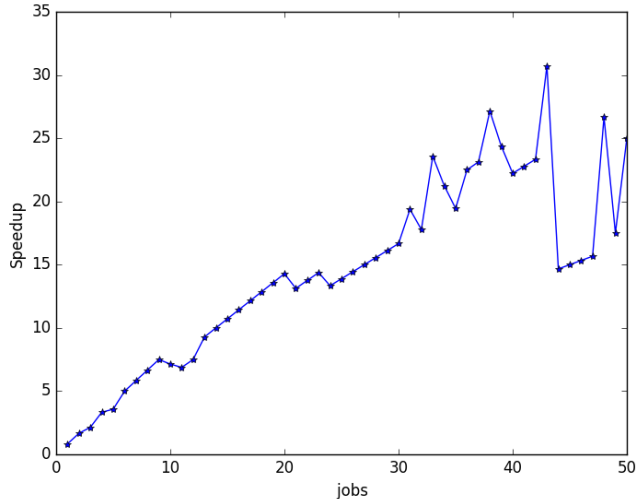
Figure 3 - Our experiment as a Taverna's Workflow.



Source: The authors.

Figure 4 shows a speedup curve for this experiment. We can conclude that Taverna is a good option to handle HTC regarding scheduling efficiency.

Figure 4 - Execution speedup.



Source: The authors.

One of the important aspects for reaching reproducibility is the ability to share experiments. If all artefacts required to run the experiment are made available through a simple reference on the internet it would be very helpful.

Taverna is integrated with a subproject called MyExperiment, which is a repository on the internet where users can upload their experiments. People may such there for projects of interest. Taverna allows us to execute tasks using script languages. The most important is called Beanshell, that allows good integration with the tool, exchanging data more easily. Script languages are stored within the workflow definition and therefore will be shared along with workflow definitions in MyExperiment. It is also

possible integrate Taverna with Web Services, which improves the sharing aspect. An issue here is that a program, like our java executable, is not recorded in MyExperiment, requiring further contact with the authors to get the code.

Taverna also captures the technical details for integration with the PBS/Cluster. As soon as the further execution has the same platform available, no trouble should happen. Taverna will ask for the required login information during execution. A drawback however, is to copy required artefacts, i.e., the java executable, to the cluster. Some scripting is required for doing that.

Other tools, like Swift (ZHAO et al., 2007), can handle that more transparently. Another point was that Taverna did not know when jobs in the cluster have finished the execution. That has required some more scripts running in the cluster. Now it is required that cluster not only runs java, but also the Python scripts. This type of restriction cannot be easily tested by the tool. Some documentation has to be made available on the workflow to help on that.

The reproducibility concept may accept the maintenance of the experiment before running it, in order to fix minor implementation issues (DRUMMOND, 2009). Researches are not expected to be experts in computer technical details, mainly regarding HTC. Therefore, the scripts mentioned above to overcome some Taverna limitations will make it difficult for multidisciplinary researches to reproduce medium size experiments.

III. CONCLUSION

Taverna offers many improvements to in silico experimentation as a whole. We have mentioned a few but important points, such as, a user-friendly modeling technique for building the workflow; the MyExperiment component for sharing purposes and well integrated script languages. The execution efficiency aspect was reached without seriously compromise further reproducibility work. Scripts may become available for future experiments avoiding some implementation complexities, such as, moving artefacts.

Unfortunately, some leaning effort is required, mainly for those not computer experts, regarding how Taverna handle some issues, to be able to make some fixes when reproducing someone else's workflow.

As future works, we intend to use Taverna's component feature to hide some complexity and evaluate the aid for data intensive workflows and data provenience support.

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico); UFJF (Federal University of Juiz de Fora); FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) and CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for financial support.

VII. REFERENCE

- BOYCE, W.E.; DIPRIMA, R.C.; and HAINES, C.W. **Elementary differential equations and boundary value problems**, New York: Wiley, v. 9, 1992.
- DRUMMOND, C. **Replicability is not reproducibility: nor is it good science**. 2009.

FERREIRA, A.J. **Jogos de Empresas: Modelo para aplicação prática no ensino de custos e administração do capital de giro para pequenas e médias empresas industriais**, MSc. Thesis, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil, 2000. (*in Portuguese*)

FORRESTER, J.W. **Industrial dynamics**. Journal of the Operational Research Society, v. 48, n. 10, p. 1037-1041, 1997.

LIVNY, M.; BASNEY, J.; RAMAN, R. and TANNENBAUM, T. **Mechanisms for high throughput computing**. SPEEDUP journal, v. 11, n. 1, p. 36-40, 1997.

LUDASCHER, B.; BOWERS, S.; MCPHILLIPS, T. and PODHORSZKI, N. **Scientific workflows: More e-science mileage from cyberinfrastructure**. 2006 Second IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing (e-Science'06), p. 145-145. IEEE, 2006.

MOONEY, C.Z. **Monte carlo simulation**, Sage Publications, v. 116, 1997.

NATURE PUBLISHING GROUP. **Reality check on reproducibility**. Editorial. Nature 533, p. 437. 2016. doi:10.1038/533437a

RAICU, I. **Many-task computing: bridging the gap between high-throughput computing and high-performance computing**. ProQuest, 2009.

TAVERNA PROJECT. **Taverna: Workflow Authoring Environment**, 2007. <http://www.taverna.org.uk>. Accessed: 2016-10-20.

THAIN, D.; TANNENBAUM, T. and LIVNY, M. **Distributed computing in practice: the Condor experience**. Concurrency and computation: practice and experience, v. 17, n. 2- 4, p. 323-356, 2005.

ZHAO, Yong et al. **Swift: Fast, reliable, loosely coupled parallel computation**. In: Services, 2007 IEEE Congress on. IEEE, p. 199-206, 2007.

VII. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

LEADER ENTERPRISE CONTENT MANAGEMENT (ECM) SYSTEMS MARKET REPORT COMPARISON

COMPARAÇÃO DE RELATÓRIOS DE MERCADO ACERCA DE EMPRESAS LÍDERES NO FORNECIMENTO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE CONTEÚDO CORPORATIVO (ECM)

OHASHI, FABIO KAZUO¹; MAURO, MARIA HELENA¹; GASPAR, MARCOS ANTONIO¹; RODRIGUES,
HUOSTON BATISTA¹; MAGALHÃES, FABIO FALCHI DE¹; CARDOSO, MARCOS VINICIUS¹
1 – UNINOVE

*kazuo@uni9.pro.br; helena_mauro@yahoo.com.br; marcos.antonio@uni9.pro.br; huoston@uni9.pro.br;
fabiosimp@gmail.com; mvcardoso@uni9.pro.br*

Abstract: *Acquire a ECM (Enterprise Content Management) tool is a long-term investment and has impact in several company's departments. In order to help decision maker's in their analyses on which tool best suit company needs there are IT (information technology) research firms specialized on analyze ECM software market. This study compare 2011 to 2015 Gartner and Forrester market research companies reports of top-ranked Enterprise Content Management (ECM) solutions providers. The results are not consistent thru out the years although three leaders' companies were ranked on both reports*

Keywords *Enterprise Content Management, ECM, Forrester Wave, Gartner Magic Quadrant*

Resumo – Adquirir um Sistema de Gerenciamento de Conteúdo Corporativo é um investimento de longo prazo e sua implementação tem impactos em vários departamentos de uma empresa. Para ajudar os tomadores de decisão a escolher a melhor solução existem relatórios de análise de Mercado de Sistemas de Gerenciamento de Conteúdo feitos por empresas especializadas em pesquisa de mercado em Ti (Tecnologia da Informação). Este artigo efetuou a comparação dos resultados dos relatórios publicados entre 2011 e 2015 pelas consultorias Gartner e Forrester acerca das empresas classificadas como líderes no fornecimento de Sistemas de Gerenciamento de Conteúdo Corporativo. Pôde-se verificar que não há consenso acerca das empresas classificadas como líderes, embora as quatro maiores fornecedoras desse tipo de solução tenham figurado em ambos os relatórios.

Palavras-chave: *Gerenciamento de Conteúdo Corporativo, Gartner Magic Quadrant, Forrester Wave.*

I. INTRODUCTION

All companies produce valuable information like reports, projects, e-mail, in many cases used only once and then they are either discarded or inaccessible for reuse. These artefacts are used to generate knowledge to others within the company (Ramana, 2003).

The amount of physical and digital information created and stored are increasing exponentially, including

unstructured content which can't be easily retrieved when needed. To manage increasing information overload and considering the structured and unstructured data complexity, many organizations have implemented enterprise content management (ECM) systems. (Alalwan & Weistroffer, 2012)

According to AIIM (Association for Information and Image Management), a non-profit organization with more than 180,000 members worldwide that provides independent research, education and certification programs to information management community, an ECM system is "The strategies, methods and tools used to capture, manage, store, preserve, and deliver content and documents related to organizational processes. (AIIM, 2016)."

Acquire an ECM tool is a long-term investment and has impact in several company's departments. In order to help decision maker's in their analyses on which tool best suit company needs there are IT (information technology) research firms specialized on analyze ECM software market.

The importance of research services has been study more than ten years ago like Firth and Swanson (2005) and Burk's (2006) research. So, IT research firms were most useful, for activities such as monitoring trends, learning about new IT innovations, identifying emergent IT standards, formulating and choosing a new IT strategy, and choosing among alternative vendors. (Burks, 2006; Firth & Swanson, 2005)

Recently (Paletta& Dias, 2014) made a research analyzing Gartner's ECM Magic Quadrant reports from 2005 to 2014. The two most respectful IT research firms are: Gartner Inc and Forrester Inc. (Michael, 2015)

Forrester Inc. is a Cambridge, MA (USA) based firm founded in 1983 with more than 1,000 employees in 27 cities around the world. The Forrester Wave is a research report of vendors in software, hardware and services that uses a transparent methodology to compare players with an Excel like spreadsheet and an offer x strategy graphic. Potential buyers can easily compare vendor's offers without spend months doing their own research. Forrester Wave stack up vendors against each other in a two axes graphic that represents a snapshot of the current market. Forrester

selection criteria are ECM vendors' suite that offers specific and robust functionality for at least one of the following content types: business, persuasive, transactional, and/or foundational; vendor is a leading provider of information management technology; vendor has a solid enterprise track record, and Forrester clients show interest in these products in the context of inquiry, advisory, and consulting (Forrester, 2016).

Gartner Inc. a Stamford, CT (USA) based firm with more than 7,600 employees founded in 1979. Gartner's Magic Quadrants offers to buyers some visual summaries reports to evaluate IT markets and vendors' software and services improving evaluations and investment decisions. Magic Quadrants are two-dimensional graphic that position vendors according to their completeness of vision and ability to execute a service on a particular market. Gartner uses highly structured methodologies to define the boundaries of a market to evaluate vendors (Gartner, 2013).

Gartner: To appear in this Magic Quadrant, a vendor must meet Gartner's criteria for revenue, geographic presence and functional capabilities. Specifically, a vendor must have at least \$10 million in total content management software revenue (licenses, updates and maintenance), (an open-source software vendor must have at least \$10 million in annual customer subscriptions); actively market its products in at least two major regions ; have ECM software commercially available, and active references that use its products in production scenarios and have an integrated content management suite.

Those two companies' reports rank vendors in ECM market. The basic structure of both reports are very similar: ECM market overview and define their core components, vendor graphic comparison and individual vendor characterization. Although they are not identical, it is possible to compare both report's main topics.

This study compare 2011 to 2015 Gartner and Forrester market research companies reports of top-ranked Enterprise Content Management (ECM) solutions providers. II.

II. METHODS AND MATERIALS

A Systematic Literature Review (SLR) method will be placed as research method. SLR is commonly used as the means of completing processes based on identifying, evaluating and interpreting all available documents focused on particular research questions or a specific investigation area. This process is not only associated exclusively with scientific environments, but also with any domain or environment such as comparative studies on software tools or technology proposals (Escalona, Domínguez-Mayo, García-García, Sánchez, & Ponce, 2015).

2.1 – Systematic literature review

The main goal of a SLR is find, using an unbiased search strategy, as many primary studies relating to the research question as possible (Jesson 2011). The process is divided in three major parts: (Budgen 2007).

– Planning the review: During this step, the research's purpose must be specified what will be searched, the information sources where the search will be executed and identified and the criteria used to select the studies that will be analyzed have to be defined. At the end of this step, a version of the protocol should be created and the feasibility of the review evaluated.

– Conducting the review: During this step studies related to the research goals and that satisfy the selection criteria are identified. This identification is executed on the selected information sources, using search strings that have been created based on the keywords defined on the protocol.

– Reporting the review: During this step identified studies are analyzed looking for answers to the research questions.

Biolchini, et. al. (2005) made a study on SLR applied in software engineering suggesting a template for using in this kind of review, this template is used in this paper (Table1).

The next step of SLR is Conducting the review where it is necessary to first gather relevant publication and then select most relevant ones (Ferreira ,Travassos 2006). This step can be skipped because the objective of this article is to review two pre-define sources documents: Gartner Magic Quadrant reports and Forrester Wave reports.

The last step of SLR is Reporting the review, chapter III will contain these results.

Table 1 describe a planning review protocol

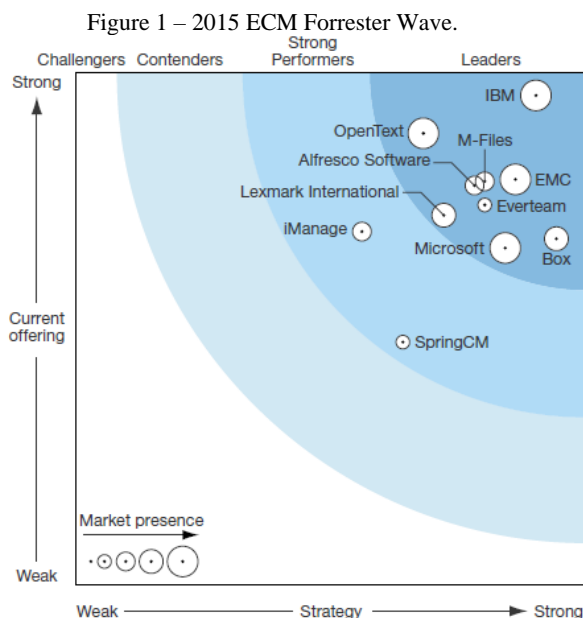
<p>Question: Can IT market study from two different companies be compared?</p> <p>Context: These evaluation approaches should be executed on ECM solutions market.</p> <p>Keywords: Enterprise Content Management, ECM, Forrester Wave, Gartner Magic Quadrant</p> <p>Sources selection criteria: Two IT market research companies</p> <p>Source List: Forrester inc. and Gartner Inc. website</p>

III. RESULTS

The key points of selected reports are described below.

3.1 – 2015 Reports

In 2015 Forrester Wave report (Forrester 2015), ECM vendors were evaluated against 31 criteria in 3 major groups: Current offering, Strategy and Market presence. The 11 vendors included in this assessment are showed in figure 1, Alfresco Software, Box, EMC, Everteam, IBM, iManage, Lexmark International, M-Files, Microsoft, OpenText, and SpringCM.



Source: Forrester (2015)

EMC, IBM and OpenText keep onto their top positions with offers for compliance-driven and collaborative customers.

This year report update its criteria on content sharing anticipating future road maps modern architectures and now Microsoft, Alfresco Software, Lexmark International, and M-Files, now cross categories from Strong Performers to Leaders.

Newer vendors Box and Everteam emerge as Leaders they offer credible solutions to the traditional suite Leaders, mainly for cloud-based and mobile-friendly costumers.

SpringCM focus on specific markets in legal, consulting and professional services. And iManage offers a lightweight ECM focus on supporting sales and marketing content management.

Since 2013 report Forrester noted that:

- Share content securely with external customers, partners or agencies are largely mainstream for ECM.
- Faceted, conceptual and semantic search using metadata to navigate or pivot through large results sets continued to evolve
- The next search innovation will be incorporate capabilities to browse through large volumes of content using heat maps, tables or calendar widgets.
- Most of ECM deployments are on-premises but in the next three to five years cloud based installations will be more common.

In Gartner Magic Quadrant 2015, the leaders are: IBM, Microsoft, OpenText, EMC, Hyland Software, Lexmark, Oracle. The difference from 2013 is the inclusion of Lexmark and Oracle that returns to the leaders and the exclusion of Perceptive Software that is not in the researches anymore.

EMC, IBM, OpenText, Microsoft, Lexmark appears in both researches as leaders. The difference from 2013 is that Microsoft and Lexmark appears from both as leaders, join EMC, IBM and OpenText.

Figure 2 – 2015 ECM Magic Quadrant.



Source: Gartner (2015)

3.2 – 2013 Reports

Gartner: the market shows continued growth. Vendors in this Magic Quadrant are addressing increased demands for better mobile and cloud capabilities, as well as more rigorous expectations for vertically specific needs.

Gartner included 23 vendors: IBM, OpenText, Microsoft, Oracle, EMC, Hyland Software, Perceptive Software, HP, Adobe, Alfresco, OpenText, SpringCM, Laserfiche, Objective, Fabasoft, Systemware, Newgen Software Technologies, Ever team, Software innovation, Sungard, Siav, Saperion.

There are some inclusion and exclusion in relation to 2011. Included: HP, M-files, Unisys. Excluded: Adobe, Xerox

The leaders in the Gartner Magic Quadrant in 2013 are: IBM, Microsoft, OpenText, EMC, Hyland Software, Perceptive Software. The difference from 2011 is the inclusion of Perceptive Software between the leaders and Oracle, that changed from the leader quadrant for the challengers quadrant.

Figure 3 – 2013 ECM Magic Quadrant.

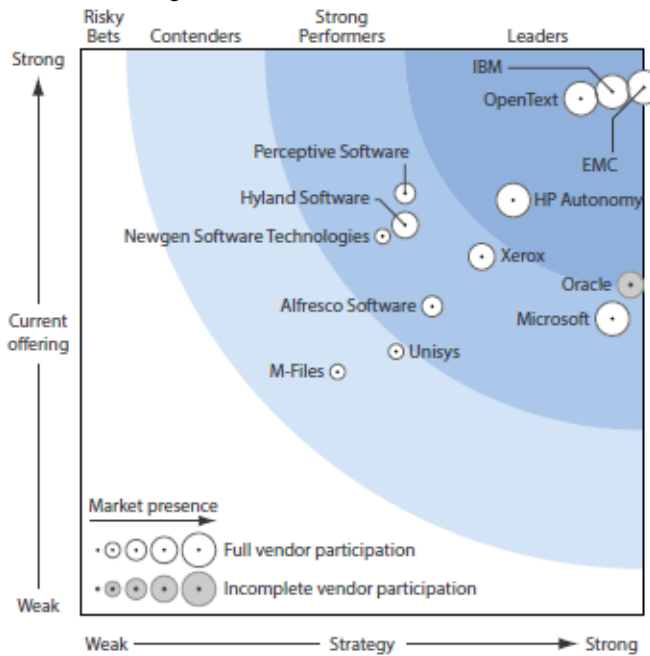


Source: Gartner (2013)

Forrester: The enterprise content management (ECM) market has continued to diversify, with vendors turning to solutions focused on business and transactional content technologies. End users are looking for ways to better manage and utilize their content, returning a faster, more definable return on investment (ROI).

Forrester included 13 vendors in the assessment: Alfresco Software, EMC, HP Autonomy, Hyland Software, IBM, M-Files, Microsoft, Newgen Software Technologies, OpenText, Oracle, Perceptive Software, Unisys, and Xerox. There are inclusions and exclusions related to 2011. Included M-files, Newgen, Unisys; Excluded: ASG, Laserfiche,

Figure 4– 2013 ECM Forrester Wave.



Source: Forrester (2013)

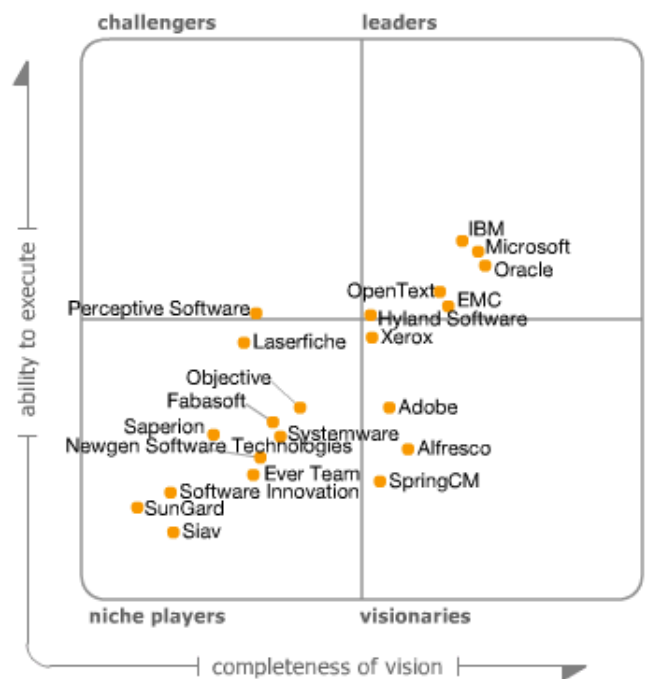
For the Forrester Wave, EMC, IBM, OpenText, continue to lead the pack across all ECM technologies. The Leaders each deliver a comprehensive suite of ECM functionality that addresses all aspects of the four ECM technologies. The change from 2011 is that in 2013 Oracle sits on the border between Leader and Strong Performer categories. The inclusion is HP Autonomy. HP's acquisition of Autonomy moves it to a Leader position for overall and business content.

EMC, IBM, OpenText, appears in both researches as leaders. Microsoft and Highland Software and Perceptive appear only in Gartner quadrant as leaders. For Forrester they are between the strong performances. HP is between the leaders in Forrester Wave and in the Niche players for Gartner.

3.3 – 2011 Reports

Gartner: included 22 vendors: IBM, OpenText, Microsoft, Oracle, EMC, Hyland Software, Perceptive Software, Xerox, Adobe, Alfresco, OpenText, SpringCM, Laserfiche, Objective, Fabasoft, Systemware, Newgen Software Technologies, Ever team, Software innovation, Sungard, Siav, Saperion. The leaders in the Gartner Magic Quadrant are : IBM, Microsoft, Oracle, OpenText, EMC, Hyland Software

Figure 5 – 2011 ECM Magic Quadrant.

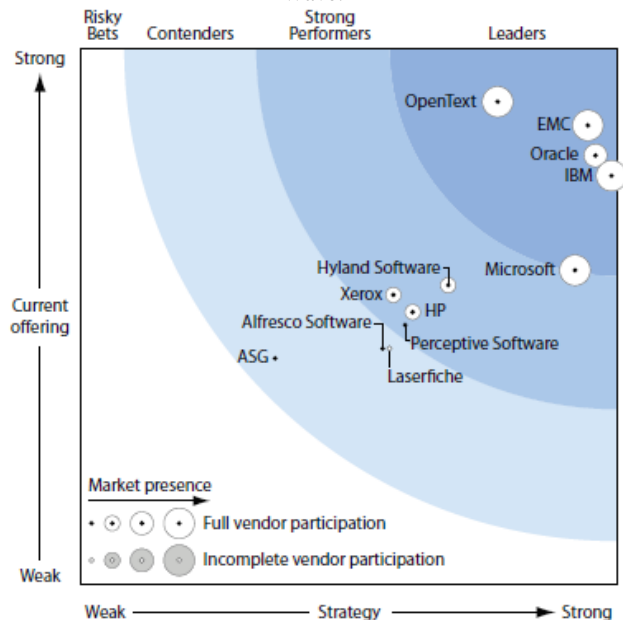


As of October 2011

Source: Forrester (2011)

Forrester included 12 vendors in the assessment: Alfresco, ASG, EMC, HP, Hyland Software, IBM, Laserfiche, Microsoft, OpenText, Oracle, Perceptive, and Xerox. In 2011 Forrester's 66-criteria evaluation of enterprise content management (ECM) vendors, EMC, IBM, OpenText, and Oracle lead the pack because of their abilities to address all four content-centric technology areas.

Figure 6 – 2011 ECM Forrester Wave.



Source: Gartner (2011)

Comparison related to the vendor selection criteria, Forrester wave included 12 vendors in its assessment and Gartner 22 vendors EMC, IBM, OpenText, and Oracle appears in both researches as leaders. Microsoft and

Highland Software appears only in Gartner quadrant as leaders.

Table 2 summarizes the results of 2011 to 2015. On the upper part are the number of companies analyzed for Gartner (G) and Forrester (F) and the number of companies classified as leader in that year. On the bottom are cited companies in the leader quadrant, and below each year report, “X” means that company is classified as leader.

Table 2 – Report comparison.

Gartner/Forrester	2015		2013		2011	
	G	F	G	F	G	F
n of companies	20	11	23	13	22	12
n of leaders	7	9	6	5	6	4
Alfresco		x				
Box		x				
EMC	x	x	x	x	x	x
Evertteam		x				
HP				x		
Hyland	x		x		x	
IBM	x	x	x	x	x	x
Lexmark	x	x				
M-Files		x				
Microsoft	x	x	x		x	
OpenText	x	x	x	x	x	x
Oracle	x			x	x	x
Perceptive			x			

Source: The authors

IV. CONCLUSION

Gartner take into account in their assessment the vendors' current offerings and overall strategies, as well as their planned initiatives and product road maps. They consider too how well vendors are driving market changes and adapting to changing market requirements. They use in its evaluation criteria: the Ability to Execute, that measures how well a vendor sells and supports its ECM products and services on a global basis and the Completeness of Vision that focuses on potential change by accurately perceiving market trends and exploiting technology. Leaders have the highest combined scores for Ability to Execute and Completeness of Vision. In the context of ECM, they have strong channel partners, presence in multiple regions, consistent financial performance, broad platform support and good customer support. In addition, they dominate in one or more technology or vertical market. Leaders deliver a suite that addresses market demand for direct delivery of the majority of core components, though these are not necessarily owned by them, tightly integrated, unique or best-of-breed in each area. Leaders should drive market transformation.

Forrester consider in the evaluation criteria: current offer, strategy, market presence. They consider that leaders need to deliver a comprehensive suite of ECM functionality that addresses all aspects of the four ECM technology areas. Their ability to address the wide range of technologies

encompassing the content spectrum provides a one-stop shop for ECM functionality from a single vendor.

Gartner Magic Quadrant and Forrester Wave has different research methodology. Both are well founded but results has no similarities in terms of determinant who are the leaders on this market although tree leaders companies were ranked in both reports trough 2011 to 2015. Nevertheless this results don't invalidate the utility of market reposts to aid decision makers on choose between various solutions among vendors, it just means it not possible to compare the rank of one vendor in Gartner report with the rank of the same vendor in Forrester report.

V. REFERENCES

- AIIM. (2016). **What is Enterprise Content Management (ECM)?** Retrieved May 12, 2016, from <http://www.aiim.org/What-is-ECM-Enterprise-Content-Management>
- Alalwan, J. A., & Weistroffer, H. R. (2012). **Enterprise content management research: a comprehensive review.** *Journal of Enterprise Information Management*, 25(5), 441–461. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/17410391211265133>
- Biolchini, J., Mian, P. G., Candida, A., & Natali, C. (2005). **Systematic Review in Software Engineering.** *Engineering*, 679(May), 1–31. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-70621-2>
- Budgen, D., & Brereton, P. (2007). **Performing systematic literature reviews in software engineering.** *Proceeding of the 28th International Conference on Software Engineering - ICSE '06*, 2(4ve), 1051. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Burks, T. D. (2006). **Use of Information Technology Research Organizations.** In *Proceedings of the 2006 Southern Association for Information Systems Conference* (pp. 8–14).
- Escalona, M. J., Domínguez-Mayo, F. J., García-García, J. A., Sánchez, N., & Ponce, J. (2015). **Evaluating enterprise content management tools in a real context.** *Journal of Software Engineering and Applications*, 8(August), 431–453. Retrieved from http://file.scirp.org/pdf/JSEA_2015082814315038.pdf
- Firth, D. R., & Swanson, E. B. (2005). **How useful are IT research and analysis services?** *Business Horizons*, 48(2), 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2004.10.018>
- Forrester. (2011). **The Forrester Wave: Enterprise Content Management, Q4 2011.** Retrieved from http://mimage.opentext.com/alt_content/binary/pdf/The-Forrester-Wave2013.pdf
- Forrester. (2013). **The Forrester Wave: Enterprise Content Management, Q3 2013.** Retrieved from http://mimage.opentext.com/alt_content/binary/pdf/The-Forrester-Wave2013.pdf
- Forrester. (2015). **The Forrester Wave: ECM Business Content Services, Q3 2015.** Retrieved from http://www.project-consult.de/files/Forrester_Wave_ECM_Business_Content_Services_Q3_2015.pdf

Forrester. (2016). **Forrester Wave Methodology Guide**. Retrieved September 11, 2016, from <https://www.forrester.com/marketing/policies/forrester-wave-methodology.html>

Gartner. (2011). **Magic Quadrant for Enterprise Content Management ECM in 2011 Driving Business Effectiveness in Today's Global Market**, (October). Retrieved from http://www.gartner.com/technology/about/ombudsman/omb_guide2.jsp

Gartner. (2013). **Gartner Magic Quadrants and MarketScopes_ How Gartner Evaluates Vendors**. Retrieved September 11, 2016, from <https://www.gartner.com/doc/2560415>

Gartner. (2013). **Magic Quadrant for Enterprise Content Management**. Retrieved from http://www.project-consult.de/files/Gartner_MQ_ECM_Enterprise_Content_Management_2013.pdf

Gartner. (2015). **Magic Quadrant for Enterprise Content Management**. Retrieved from http://www.project-consult.de/files/Gartner_MQ_ECM_Enterprise_Content_Management_2015.pdf

Jesson, J., Matheson, L., & Lacey, F. M. (2011). **Doing your literature review**. London: SAGE Publications.

Paletta, F. C., Paulo, U. D. S., & Dias, D. (2014). **Gestão eletrônica de documentos e conteúdo**. *Prisma*, (25), 126–152.

RAMANA, R. From Unstructured Data To Business Intelligence. **IT Professional**, v. 5, n. 6, p. 29–35, 2003.

VI. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

UMA ANÁLISE QUALITATIVA DOS MODELOS T-SHAPED E C.H.A.

QUALITATIVE ANALYSIS OF T-SHAPED AND K.S.A MODELS

ANTONIO CARLOS DA SILVA¹, IVANIR COSTA¹, ERNANI MARQUES DA SILVA¹, HUOSTON RODRIGUES BATISTA¹, MARCOS VINICIUS CARDOSO¹, FÁBIO LUÍS FALCHI DE MAGALHÃES¹

¹UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA E GESTÃO DO CONHECIMENTO - SÃO PAULO/SP – BRASIL

acarsil@gmail.com, icosta11@live.com, ernani@athem.net.br, huoston@uni9.pro.br, mvcardoso@uni9.pro.br, f.magalhaes@uni9.pro.br

Resumo. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma análise comparativa entre o modelo C.H.A. (conhecimento, habilidade e atitude) e o modelo T-SHAPED, ferramentas utilizadas na área de gestão de pessoas. Utiliza-se a pesquisa bibliográfica e o método comparativo, de abordagem qualitativa. Conclui-se que ambos os modelos C.H.A. e T-Shaped podem trabalhar de maneira compartilhada, ampliando as possibilidades de avaliadores atenderem as necessidades organizacionais durante a seleção de um profissional de mercado.

Palavras-chave: Gestão de pessoas, Gestão do conhecimento, Análise qualitativa, habilidades e competências.

Abstract. The objective of this work is to develop a comparative analysis between the KSA model (knowledge, skill and attitude) and the T-SHAPED model, tools used in people management. Bibliographical research and the comparative method, with a qualitative approach, are used. It is concluded that both KSA and T-Shaped can work in a shared way, expanding the possibilities for evaluators to meet organizational needs during the selection of a market professional.

Keywords: Human resources management, knowledge management, qualitative analysis, skills and competences.

I. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a realidade do mercado de trabalho é completamente diferente ao de antigamente quando, um currículo com várias páginas, certificados e diplomas, eram garantias de que o contratante encontrara o profissional com competência para produzir bons resultados, durante o tempo que prestará seus serviços à organização.

Dentro desse contexto, os departamentos de recursos humanos das empresas utilizam ferramentas e modelos para identificar os profissionais que possuem as competências necessárias para se desenvolver e que possam ter uma atuação eficaz e eficiente em suas áreas de atuação.

Segundo Fleury e Fleury (2000) o conceito de competência é pensado como um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes (isto é, conjunto de capacidades humanas) que justifica um alto desempenho, acreditando-se que os melhores desempenhos estão fundamentados na inteligência e personalidade das pessoas.

Embora o foco de análise seja o indivíduo, a maioria dos autores americanos dessa temática sinaliza a

importância de se alinharem as competências às necessidades estabelecidas pelos cargos ou posições existentes nas organizações (FLEURY, 2000).

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise qualitativa entre o modelo C.H.A. e o modelo T-Shaped, ferramentas utilizadas para medir a competência.

Länsisalmi *et al.* (2004) defendem que o índice de conhecimento, habilidades e atitudes dos colaboradores estão relacionados a capacidade de inovação da organização.

No entanto, para Yang (2012), a capacidade de inovação da organização está relacionada ao crescimento da organização ao longo prazo.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No dicionário Aurélio a competência é definida como qualidade de quem é capaz de apreciar e resolver certo assunto, fazer determinada coisa, capacidade, habilidade, aptidão e idoneidade.

Competência em sua essência original, vem do latim *competentia* e significa “a qualidade de quem é capaz de apreciar e resolver certo assunto, fazer determinada coisa, capacidade, habilidade, aptidão e idoneidade” (FERREIRA, 1995, p. 353).

Segundo Dutra (2004), o conceito de competência foi proposto pela primeira vez em 1973, quando McClelland (1973) buscava uma abordagem mais efetiva que os conhecidos testes de inteligência utilizados nos processos de seleção de pessoas para as organizações. Este conceito foi rapidamente ampliado para orientar as ações de desenvolvimento organizacional, além de dar suporte aos processos de avaliação. Contudo, essa definição de competência passou por constantes atualizações e ainda é uma tarefa em execução por parte da Academia.

Para Gramigna (2007 *apud* Coelho e Fuerth, 2009, p. 10), competência é “um conjunto de ferramentas que, reunidas, formam uma metodologia de apoio à gestão de pessoas. [...] As pessoas encontram-se em alta, uma vez que a riqueza das empresas e das nações depende do conhecimento e das habilidades de suas equipes”.

Gramigna (2002) afirma que a competência é um termo usado para designar repertórios de comportamentos e capacitações que algumas pessoas ou organizações

dominam melhor que outras, fazendo-as eficazes em uma determinada situação.

Para Leme (2005) competência é um conjunto de Conhecimentos, Habilidades e Atitudes, que afetam a maior parte do trabalho de uma pessoa, e que se relacionam com seu desempenho no trabalho.

Em complemento, Ruas (2005, p. 49) afirma que a “capacidade é tudo o que desenvolve e explora sob a forma de potencial e que é mobilizada numa ação a qual associamos à noção de competência”. Ou seja, não se trata de considerar as pessoas competentes, mas sim suas ações. As capacidades são em geral, compostas por conhecimentos, habilidades e atitudes. Além das capacidades, algumas ações vão requerer outros recursos instrumentais ou sistêmicos.

O conceito de competência é pensado como um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes (isto é, conjunto de capacidades humanas) que justifica um alto desempenho, acreditando-se que os melhores desempenhos estão fundamentados na inteligência e personalidade das pessoas. Em outras palavras, a competência é percebida como o repositório de recursos que o indivíduo detém. Embora o foco de análise seja o indivíduo, a maioria dos autores americanos dessa temática sinaliza a importância de se alinharem as competências às necessidades estabelecidas pelos cargos ou posições existentes nas organizações (FLEURY; FLEURY, 2000).

Para algumas empresas a ideia de competência é vista como atribuição definida no dicionário Aurélio como responsabilidade própria de um cargo ou função, “competência”, prerrogativa.

2.1 Modelo C.H.A.

Segundo Durand (1998; 1999 *apud* VIEIRA, 2002) a competência pode ser representada por três pilares correlacionados resumidos no acrônimo C.H.A. (Conhecimentos, Habilidades e Atitudes). Para McClelland (1973), a competência baseia-se nos conhecimentos, nas habilidades e nas atitudes que uma pessoa possui.

Segundo Nonaka e Takeuchi (1997), o conhecimento é um processo dinâmico de justificação da crença pessoal com relação à verdade. Dessa perspectiva, destacam a importância de se gerar crenças, compromissos, situações e interações apropriadas nas organizações, para que as informações sejam convertidas em conhecimento e possam circular livremente. Gerir o conhecimento numa organização, pois, implica em criar um ambiente de aprendizagem contínuo, e quando isso acontece estabelece-se as condições para que sejam desenvolvidas as competências profissionais.

A junção das três iniciais (C.H.A.) é tudo o que uma função ou cargo de uma empresa exige de um profissional para que o serviço ou produto seja bem administrado e de boa qualidade. No entanto, tais atribuições precisam estar bem definidas e atualizadas. Rabaglio (2001) define significados para cada letra do acrônimo C.H.A., apresentado a seguir:

- A letra ‘C’ representa o conhecimento e refere-se ao saber. É o que é aprendido nas áreas acadêmicas e nas literaturas. Toda informação absorvida, assimilada e acumulada no decorrer da vida, causando impacto sobre seus julgamentos ou comportamento.

- A letra ‘H’ representa a habilidade, que é o saber fazer, é a aplicação de forma produtiva de todos os nossos conhecimentos do dia-a-dia.
- A letra ‘A’ representa atitude, ou seja, o comportamento humano ou tipo de conduta assumida pela pessoa em situações distintas e na sociedade, ou seja, representa as emoções, os valores e os sentimentos das pessoas – o querer fazer.

A competência também pode ser dividida em técnica e comportamental. Competência técnica é o que o profissional ou colaborador precisa saber para desempenhar sua função. Já competência comportamental é tudo que o profissional precisa demonstrar como seu diferencial competitivo, gerando impacto em seus resultados finais. Criatividade, flexibilidade, planejamento e liderança são exemplos desse tipo de competência. A Figura 1 sintetiza a proposta de Rabaglio (2001).

Figura 1 - Dimensões da competência e seus significados.

O CHA da Competência		
CHA		
C	H	A
CONHECIMENTO	HABILIDADE	ATITUDE
Conhecimentos adquiridos de maneira formal ou não, pela leitura, estudos, aulas, etc.	Prática, e aplicação dos conhecimentos na prática. Como e onde usar os conhecimentos	Postura e comportamento diante do conhecimento e a habilidade
SABER	SABER FAZER	QUERER FAZER

Fonte: Rabaglio (2001)

2.2 Modelo T-Shaped

O conceito T-Shaped é utilizado no mundo corporativo desde a década de 1990, e foi mencionado pela primeira vez por David Guest (1991) num artigo discutindo o futuro dos postos de trabalho com computador.

Em seguida foi defendido por Brown (2010), CEO da empresa de design IDEO, como uma abordagem para contratar o talento certo para construir equipes interdisciplinar com capacidade de resolver as demandas que surgem repentinamente, em decorrência das mudanças de mercados e cenários.

Lee e Choi (2003) definem T-Shaped como a habilidade profunda (a barra ‘|’ vertical do ‘T’) e ampla (o traço ‘-’ horizontal do ‘T’), ou seja, seus possuidores podem explorar domínios de conhecimento específicos e suas diversas aplicações em produtos específicos.

Por exemplo, pessoas com habilidades em forma de T não só têm um conhecimento profundo de uma disciplina (como Engenharia de Software), mas também sabem como sua disciplina interage com outras disciplinas (tal como modelagem de banco de dados).

Hansen e Oetinger (2001) sugerem que os profissionais T-Shaped compartilhem conhecimento livremente em toda a empresa (efetivando a parte horizontal do ‘T’) e mantendo-se empenhados em unidades de negócios individuais (realizando a parte vertical do ‘T’).

Na área acadêmica, Brooks (2012) discorre que um grande desafio para as universidades está no fato de que o tema exige T-shaped *professionals* (profissionais com o perfil ‘T’), ou ainda, o ‘especialista generalista’.

No caso, a barra horizontal do ‘T’ é a formação básica, que deve ser suficientemente ampla para que o profissional desenvolva as habilidades para influenciar pessoas, atuar em equipes multidisciplinares, vislumbrar oportunidades e encontrar soluções para problemas complexos.

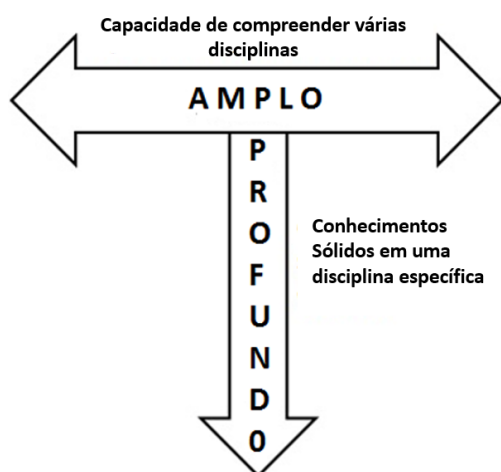
Em complemento, Kos (2015) afirma que a habilidade vertical significa ser bom em algo que muitas pessoas do mercado não são, ou seja, ser bom em alguma coisa em que a demanda é alta, porém a mão-de-obra ainda é rara.

Ou seja, é a combinação das duas características, conforme demonstrado na Figura 2, sendo um especialista em algum tema específico e um generalista em outros temas, gerando assim uma poderosa combinação capaz de fornecer um maior valor sobre os serviços executados por este tipo de profissional.

Para um maior esclarecimento da habilidade em T, pode-se destacar a ideia das pequenas equipes ágeis e multidisciplinares (*cross-functional* e *self-organizing*) aplicadas ao desenvolvimento de software.

Dessa forma, então, todos os membros precisam ter algumas competências específicas, mas todos os membros também precisam de competências gerais que lhes permitem entregar tudo por si mesmos e trabalhar em conjunto de forma eficiente.

Figura 2 - Competência T-Shaped.



Fonte: Adaptado de Rubin e Innolution (2015).

III. METODOLOGIA

O método de pesquisa empregado neste estudo foi a pesquisa bibliográfica por meio de livros, artigos em periódicos e eventos científicos nacionais e internacionais de elevada expressão, bem como dissertações e teses de Programas de Pós-graduação de cursos de grande reputação.

Segundo Vianna (2001), a pesquisa bibliográfica é especialmente útil quando o pesquisador busca:

“proporcionar o avanço em um campo do conhecimento, sendo preciso primeiro conhecer o que já foi realizado por outros pesquisadores e quais são as fronteiras do conhecimento naquele campo”.

A pesquisa bibliográfica realizada foi indispensável para a delimitação do problema e para propiciar a obtenção de uma ideia mais precisa sobre o estado atual dos conhecimentos sobre um tema em especial, sobre suas lacunas e acerca da contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento, Lakatos e Marconi (2010).

Como evolução da temática abordada, será desenvolvida a comparação dos modelos teóricos (C.H.A. e T-Shaped) com os tipos de avaliações executadas no mercado profissional brasileiro.

Foi utilizado também o método comparativo, o qual possibilita analisar o dado concreto, deduzindo do mesmo os elementos constantes, como também os abstratos e gerais. Este método constitui numa verdadeira ‘experimentação indireta’, de forma que, obteremos resultados para validar se um modelo é mais eficiente ou eficaz em relação ao outro (SCREIBER, 2013).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta sessão, realiza-se um comparativo do modelo C.H.A. com o modelo T-Shaped.

A seguir, no quadro 1 é demonstrado uma comparação entre esses dois modelos que se parecem na forma de avaliar a competência de um profissional de mercado.

Note que o T-Shaped definido como amplitude do conhecimento e domínio e profundidade teórico e experiencial está integralmente ligado ao Conhecimento do modelo CHA, desconsiderando os pilares habilidade e atitude.

Quadro 1 - Comparativo CHA x T-Shaped.

CHA: Referenciais utilizados para mensurar a competência de uma pessoa		T-SHAPED: Amplitude do Conhecimento / Domínio e profundidade teórico e experiencial
Conhecimento	Instrução, tecnologia, treinamento	Eterno aprendiz Solucionador de problemas Analítico Colaborativo Por um Mundo Melhor Empatia
Habilidade	Lógica, idiomas, abstração, dedução	
Atitude	Iniciativa, criatividade, coerência, transparência	

Fonte: Autores.

Não foi encontrada evidência, na pesquisa bibliográfica, de que um modelo seja mais eficiente ou eficaz em relação ao outro.

De todo modo, pode-se concluir que ambos podem funcionar de maneira compartilhada, ampliando a possibilidades da avaliação mais alinhada às necessidades organizacionais quando se pensa no quesito seleção de profissional de mercado.

Os modelos podem ser utilizados, também, não no quesito de seleção de profissional adequado à posição vaga na organização, mas como ferramentas que ajudam na delineação de uma carreira, seja para o profissional identificar seus próprios *gaps* (lacunas) ou para um superior ajudar seu colaborador na definição de um plano de crescimento.

Todavia, esse auxílio necessita ser efetuado com acompanhamento de um profissional qualificado e experiente na área de recursos humanos.

Dessa forma percebe-se implicações gerenciais positivas para os gestores de áreas ao ajudar a equipe na definição de *gaps* importantes na própria área e como sobrepujá-los através de planos de ação através da utilização dos modelos de maneira combinada.

Por outro lado, na academia, existe a possibilidade efetiva da utilização dos modelos em âmbito empresarial de forma a comparar resultados, *gaps* e diferenças entre possíveis planos de melhoria de competências e habilidades.

Um ponto a ser destacado, para ambos os modelos, é a questão da atitude que vai bem além de questões de lacunas de conhecimento ou técnica. Ultrapassar lacunas técnicas é mais simples, em termos, que ultrapassar lacunas relacionadas à atitude do profissional.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho retratou que ambos os modelos C.H.A. e T-Shaped podem trabalhar de maneira compartilhada, ampliando as possibilidades de avaliadores atenderem as necessidades organizacionais durante a seleção de um profissional de mercado.

Como contribuição, essa pesquisa, permite que o avaliador de recursos humanos amplie o seu diagnóstico na seleção do profissional, buscando aquele que possui amplitude do conhecimento, além do domínio e profundidade teórico e experiencial.

A limitação desta pesquisa está relacionada com a falta de material em termos de revisão de literatura, artigos e de comparação de resultados no qual se fizesse o uso dos dois modelos aqui expostos.

Como trabalhos futuros, será proposto a construção de um modelo único que possua todas as características dos modelos C.H.A e T-Shaped. Esse modelo será submetido para testes em organizações brasileiras para seus ajustes e melhorias.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKS, K. *Career success starts with a "T"*. Psychology Today, 2012. Disponível em: <http://www.psychologytoday.com/blog/career-transitions/201204/career-success-starts-t> Acesso em: 19.12.2014.
- BROWN, T. *T-Shaped Stars: The Backbone of IDEO's Collaborative Culture*. 2010. Disponível em: <http://chiefexecutive.net/ideo-ceo-tim-brown-t-shaped-stars-the-backbone-of-ideoae%E2%84%A2s-collaborative-culture>. Acesso em: 10/04/2016.
- COELHO, M. P. C.; FUERTH, L. R. *A influência da Gestão por Competência no desenvolvimento profissional*. Revista Cadernos de Administração. São Paulo, v. 7, n. 3, janeiro e junho, 2009.
- DURAND, T. *Forms of incompetence*, in Fourth International conference on Competence-Based Management. Oslo: Norwegian School of Management, 1998.
- DURAND, T. *L'alchimie de la compétence*. Revue Française de Gestion. n. 127, 1999.
- DUTRA, J. S. *Competências: conceitos e instrumentos para a gestão de pessoas na empresa moderna*. São Paulo: Atlas, 2004.
- FERREIRA, A. B. H. *Novo Dicionário Aurélio*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- FLEURY, A. C. C.; FLEURY, M. T. L. *Estratégias empresariais e formação de competências*. São Paulo: Atlas, 2000.
- GUEST, D. *The Hunt is on for the Renaissance Man of Computing*. London: The Independent, 1991.
- GRAMIGNA, M. R. *Modelo de Competências e Gestão dos Talentos*. 2a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- GRAMIGNA, M. R. *Modelo de competências e gestão dos talentos*. São Paulo: Makron Books, 2002.
- LEE, H.; CHOI, B. *Knowledge Management Enablers, Processes, and Organizational Performance: An Integrative View and Empirical Examination*. Journal of Management Information Systems, 20:1, p. 179-228, 2003.
- HANSEN, M. T; OETINGER, B. V. *Introducing T-shaped managers. Knowledge management's next generation*. Harvard Business Review. p. 107-116, 2001.
- KOS, B. *Career & Work, 2015 - T-shaped skills in every area of your life*. 2015. Disponível em <http://agileleanlife.com/t-shaped-skills-every-area-life>. Acesso em 22/03/2016.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de Metodologia Científica*. São Paulo: Atlas, 2010.
- LÄNSISALMI, H; MIKA K.; MARKO, E. *Is underutilization of knowledge, skills, and abilities a major barrier to innovation?*. Psychological reports 94.3, p. 739-750, 2004.
- LEME, R. *Aplicação prática de gestão de pessoas: mapeamento, treinamento, seleção, avaliação e mensuração de resultados e treinamento*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- MCCLELLAND, D. C. *Testing for competence rather than for "intelligence"*. American Psychologist, 28, 1-14. 1973.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- RABAGLIO, M. O. *Seleção por Competências*. São Paulo: Educator, 2ª edição, 2001.
- RUAS, R. *Gestão por competências: uma contribuição à estratégia das organizações*. In: RUAS, R.; ANTONELLO, C. S.; BOFF, L. H. Os novos horizontes da gestão: aprendizagem organizacional e competências. Porto Alegre: Bookman. p. 34-55, 2005.
- RUBIN, K. S.; INNOLUTION, L. L. C. 2015. Disponível em <http://www.innolution.com/blog/t-shaped-skills-negative-covariance>. Acesso em: 10/04/2016.
- SCREIBER, D. (Organizador). *Inovação e Aprendizagem organizacional*. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- VIANNA, I. O. A. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: E.P.U., 2001.
- VIEIRA, F. P. *Gestão, baseada nas competências, na ótica dos gestores, funcionários e clientes, na empresa de assistência técnica e extensão rural do estado de Rondônia – Emater, RO*. Dissertação de mestrado apresentada na Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- YANG, J. *Innovation capability and corporate growth: An empirical investigation in China*. Journal of Engineering and Technology Management. v. 29. p 34-46, 2012.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

MODELING ELECTRICAL DISCHARGES IN DRY AIR

LUCAS W S CRISPIM¹; HALLAK, P. H.¹; MAIKEL Y BALLESTER²

1 – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA; 2 – DEPARTAMENTO DE FÍSICA, ICE, UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

lucaskrispim@hotmail.com; maikel.ballester@ufff.edu.br; patriciahallak@yahoo.com

Resumo – Este trabalho visa a modelagem numérica de descargas elétricas no ar, em condições que se assemelham a uma vela de ignição comercial. O domínio de simulação consiste em duas regiões, com e sem elétrons livres. Efeitos de transporte, ou seja, transferência de calor e massa, são considerados em ambas as partes, enquanto colisões entre elétrons e moléculas na mistura acontecem apenas na região de descarga. Um submodelo discreto para colisões entre elétrons e espécies e entre as espécies é utilizado através da ferramenta de análise de plasma zero dimensional ZDPlaskin. A distribuição inicial entre nitrogênio e oxigênio (8:2) representa uma idealização do ar atmosférico seco. Devido ao alto custo computacional, o trabalho no domínio é decomposto utilizando API de programação paralela (MPI). Perfis temporais e espaciais para a temperatura, pressão e densidade de espécies são obtidos.

Palavras-chave: Combustão. Colisões eletrônicas. Misturas gasosas. Transferência de calor. Transferência de massa. Métodos numéricos.

Abstract - This work aims at numerically models electric discharges on air, mimicking conditions of a commercial spark-plug. The simulation domain is divided into two parts, with and without free electrons. Transport effects, i.e. heat and mass transfer, are considered in both parts, while electronic collisions with molecular species in the mixture are accounted only in the discharge region. A discrete sub-model for the electron-species and species-species collisions is used in the frame of ZDPlasKin, a zero dimensional plasma analysis tool. Idealized dry air, composed by molecular nitrogen and oxygen (8:2) is the initial mixture in the simulation. Due to the high computational cost, a domain decomposition with Message Passing Interface (MPI) is used for paralleling of the calculations. Spatio-temporal profiles for the gas temperature, pressure and species density are here calculated and reported.

Keywords: Combustion. Electronic collisions. Gas mixtures. Heat transfer. Mass Transfer. Numerical methods.

I. INTRODUCTION

Several technologies are today related to the application of electrical discharges in gas mixtures. These phenomena have a broad scope of interest from electrical discharges in spark plug (AIDA et al. 2011) to medical applications (FRIDMAN et al. 2008). The demand for renewable fuels can be included in this context (CHUM & OVEREND 2001). Such problems have motivated studies about the behavior of gases subjected to electric discharge. A corner stone in the investigation of an electric discharge is the statistical analysis of the distribution of electron velocities. Electrons collide with different species present in

the gas, and then several events take place, in brief: the creation of new species and the transfer of energy to the system (CAPITELLI et al. 2013). In the modeling of that type of problem, fluid mechanics can be used to deal with the macroscopic phenomenon. The gas mixture is usually made up of different components, which behave like a non compressible fluid (REDDY & GARTLING 2010). Chemical reactions between gas components must also be considered.

This study presents a methodology for the analysis of spatial and temporal variation of temperature, pressure and concentration of species in conditions similar than those produced by the electric discharge inside an engine's combustion chamber. For such a task, several properties, obtained from electrical discharges produced by a commercial spark plug, are here used (OLIVEIRA et al. 2012). Geometrical dimension of the realistic situation is also considered.

In plasma kinetics, the Boltzmann equation is used to perform local balance of energy (HAGELAAR & PITCHFORD 2005). A plasmo-chemical cycle (FLITTI & PANCHESHNYI 2009) was used to simulate the mass interaction between the different species present in the mixture including electrons. Reaction rates for the interaction between the electrons and the other species present in the mixture were obtained through cross section calculations (MORGAN 2003). Advection-diffusion-reaction equations were used to model the macroscopic behavior of the temperature and species. The uni-dimensional domain was separated into discharge and outer regions. Finite volume techniques was employed to numerically solve the equations. Separation of operators was necessary to simplify the resolution of the equations. High-performance computing methods were used to accelerate the simulations.

II. THE MODEL

The equations for the model here proposed are:

$$\begin{aligned}
 \nabla \cdot \vec{u} &= 0, & \text{in } \Omega \\
 \nabla \cdot (\rho \vec{u} \vec{u}) &= \nabla \cdot \mu \nabla \vec{u} - \nabla P, & \text{in } \Omega \\
 \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \nabla \cdot (\vec{u} T) &= \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \dot{q}, & \text{in } \Omega \\
 T(x, t = t_0) &= T_0, & \text{in } \Omega \\
 \nabla T \cdot \vec{n} &= 0, & \text{in } \Gamma \\
 \frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{u} \rho_n) &= \nabla \cdot (D \nabla \rho_n) + \dot{M}_n, & \text{in } \Omega \quad n = 1, \dots, n_{esp} \\
 \rho_n(x, t = t_0) &= \rho_n(t_0), & \text{in } \Omega \\
 \nabla \rho_n \cdot \vec{n} &= 0, & \text{in } \Gamma
 \end{aligned} \tag{1}$$

where ρ is the density of the gas mixture, P is the pressure, \vec{v} is the fluid velocity, C_p is the heat capacity at constant pressure, T is the temperature, ρ_n is the n th component of the density of the mixture, λ is the energy diffusion coefficient, D is the mass diffusion coefficient, n_{esp} is the total number of species present in the gas, \dot{g} is the energy source term (see later) and \dot{M}_n is the mass source term in the n th mixture.

III. SOURCE TERM

The energy source term of the system in (1) is given by:

$$\dot{g} = e[N_e]v_e E - \frac{3}{2} \frac{d([N_e]T_e)}{dt} - \sum_i Q_i \frac{d[N_i]}{dt} \quad (2)$$

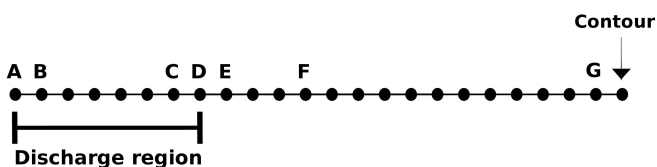
where e is the elementary charge, $[N_e]$ is the electron density, v_e is the drift velocity of electrons, E is the reduced field, T_e is the effective electron temperature, $E_{ext} = e[N_e]v_e E$ is the electronic energy deposited in the test volume, $E_{elc} = \frac{3}{2} \frac{d([N_e]T_e)}{dt}$ is the translational energy of the electrons, $E_{qui} = \sum_i Q_i \frac{d[N_i]}{dt}$ is the Energy released in chemical reactions. Similarly the mass source term is given by:

$$\dot{M} = \sum_{j=1}^J v_{ij} r_j \quad (3)$$

Where $v_{ij} = (v''_{ij} - v'_{ij})$ an stoichiometric coefficients, $r_j = k_j(T) \prod_{i=1}^I [N_i]^{\mu_{ij}}$ is the proportional to the product of the concentrations.

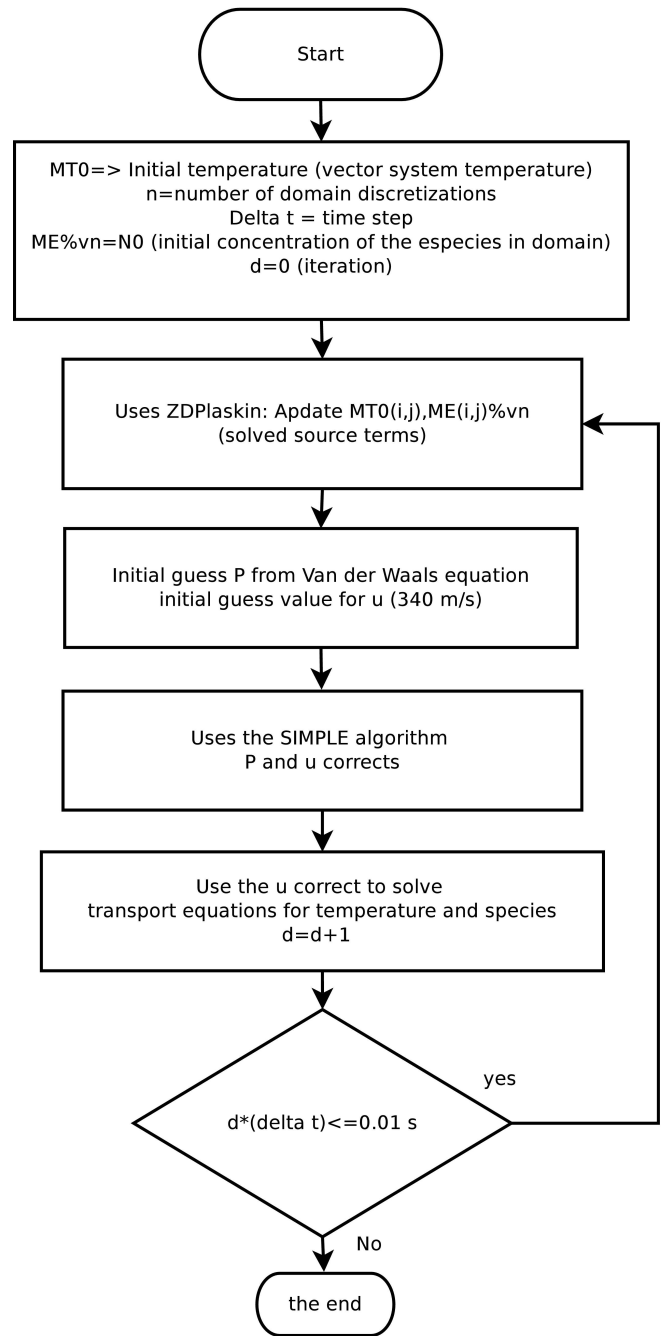
The equations for the model shown in equation (1) is discretized using finite volume method. The resolution equations of continuity and momentum conservation is obtained by the SIMPLE method (PATANKAR & SPALDING 1972). The resolution of transport equation for temperature, and concentration of species is obtained using the upwind scheme known as *Powerlaw* (PATANKAR 1980), this scheme upwind was necessary because the velocity field obtained in SIMPLE method has high mesh *Peclet* number. The way the domain was discretized is shown in Figure (1). A method of splitting the original operators into two operators was used for facilitate the resolution of the problem (LADICS 2012). The operator-splitting method was used to separate the source terms in partial differential equations, and the resolution of the source terms was carried out by plasma analysis tool ZDPlaskin (PANCHESHNYI et al. 2008).

Figure 1 - Domain division: discharge region and external, the nodes that are labeled with letters (A-F) were chosen for temporal analysis of temperature, pressure and concentration of species.



The sequence of operations in simulations is given in figure (2).

Figure 2 - Sequence of operations in simulation.



IV. CONVERGENCE TESTS

In this session is presented a test carried out to verify the convergence of the finite volume method applied to the transport equations. This test consists in the imposition of an initial condition in the field, and applies the finite volume method with fully implicit time integration in order to check the evolution of hypothetical interest variable in the field. The data of this simulation are shown below:

- $L = 1.0 \times 10^{-2} m$ (Length of the domain)
- Experiment Time $8.0 \times 10^{-6} s$
- $u = 500 m/s$

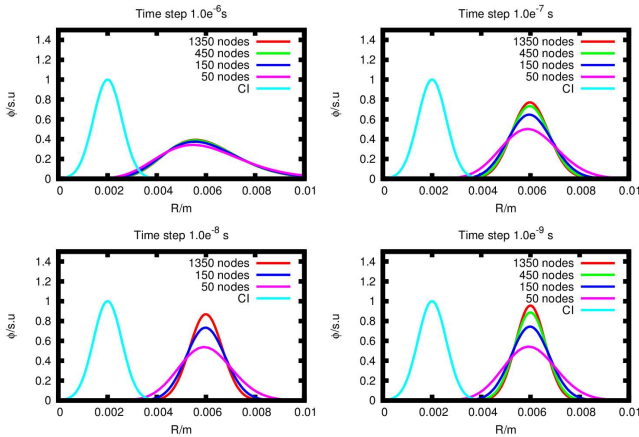
Nodes Number	Δx	Δt
50 nodes	$2.00 \times 10^{-4} m$	$1.0 \times 10^{-6} s$
150 nodes	$6.66 \times 10^{-4} m$	$1.0 \times 10^{-7} s$
450 nodes	$2.22 \times 10^{-4} m$	$1.0 \times 10^{-8} s$
1350 nodes	$7.40 \times 10^{-4} m$	$1.0 \times 10^{-9} s$

The results shown refer to all spatial discretizations subjected to respective Δt . For $\Delta t = 1.0 \times 10^{-6} s$, the result for all timesteps are shown in Figure (3). The caption "CI" in the graph of experiments refers to the initial condition of the experiment and denotes equation (4). In this case we have:

$$f(x) = A \times \exp^6 \left(\left(\frac{x - x_0}{x_0} \right)^2 \right) \quad (4)$$

were $A=1.0$ and $x_0 = 2.0 \times 10^{-3} m$.

Figure 3 - Convergence test.



The discretization errors calculated in the respective time steps were calculated according to the following comparative function:

$$error = \sum_{i=1}^{nodes} (f_r - f_g)^2 \quad (5)$$

Where f_r is a function value evaluated in fine mesh, f_g is function value evaluated in coarse mesh. The comparison is made at the points where the meshes coincide and the reference value used is the finest grid. The error value is computed between the meshes with smaller and larger Δx (50 and 1350 nodes).

Table 2 - Error value because of the Δt used.

Δt	error
$1.0 \times 10^{-6} s$	0.73
$1.0 \times 10^{-7} s$	2.33
$1.0 \times 10^{-8} s$	3.30
$1.0 \times 10^{-9} s$	3.09

We choose the less computing time demanding final assay, with $\Delta x = 2.0 \times 10^{-4} m$ and $\Delta t = 1.0 \times 10^{-6} s$. Of course this is a coarse grain approximation; yet we have now an estimate value of the error related to the grid selection and warrant that a refined assay will produce more accurate results.

V. INITIAL CONDITIONS

The number of species used in $N_2 - O_2$ is 53 connected through 430 chemical reactions (FLITTI & PANCHESHNYI 2009). Among the species, we have excited molecules $N_2(X^1, v = 0 - 8)$, $N_2(A^3, B^3, a^1, C^3)$, $O_2(X^3, v = 0 - 4)$, $O_2(a^1, b^1, a^1, 4.5eV)$, radicals and high-reactive species O_3 , NO , excited and non-excited atoms $N(^4S, ^2D, ^2P)$, $O(^3P, ^1D, ^1S)$, positive ions N^+ , N_2^+ , O^+ , O_2^+ , negative ions O^- , O_2^- , NO^- , and others.

The initial estimate for the number of particles per unit volume is obtained by the van der Waals equation for the temperature 300K. Considering the state of balance initially in the sample, one can apply the distribution of *Boltzmann* to populate the states of higher energy oxygen and nitrogen (ICHIMARU 2004). The distribution of *Boltzmann* applied in the molecules of O_2 and N_2 is shown below:

$$\frac{N_i}{N} = \frac{e^{-\frac{E_i}{k_b T}}}{\sum_j e^{-\frac{E_j}{k_b T}}} \quad (6)$$

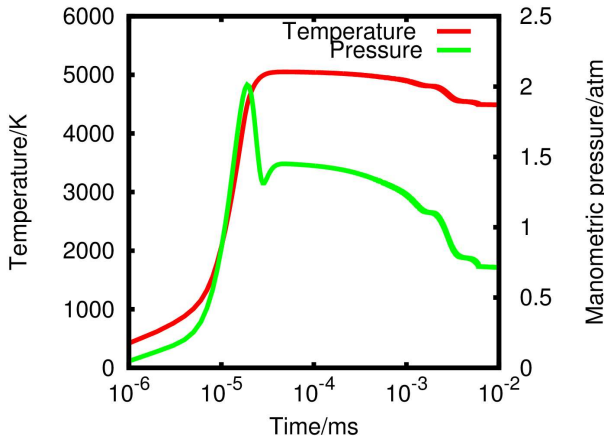
Certain initial populations of species of nitrogen and oxygen, can be specified by splitting between the discharge region and outside it. The discharge region has dimension $2 \times 10^{-3} m$ counted from the domain boundary. This difference between the discharge region and the outer region it is of utmost importance because in this region we have an electron density, and its properties such as temperature of the electrons and reduced electric field. These properties are of high importance because with them we calculate the energy of the electrons present in the discharge region (as shown in term $e[N_e]v_e E$). The electron density, the reduced electric field (electric field by neutral particle), electronic temperature and the size of the discharge region used in this study were obtained from experimental data (OLIVEIRA et al. 2012).

VI. DISCHARGE REGION

As previously mentioned, there is a region where is the electrical discharge. Using data obtained from experiments functions were fitted to represent the required properties, as shown in Figure (3). In this chart, we used cubic splines to interpolate experimental data on electron density in working regime 10%¹.

¹ is the percentage of time in which a device or component is in operation. Therefore, an electronic discharge duty cycle refers to the percentage of time the ignition that the electronic discharge is active.

Figure 4 - Eletronic density N_e (duty cicle de 10%)



For the same work scheme is shown in Figure (4) the reduced electric field in the discharge area ², and the Figure (5) electronic temperature.

Figure 5 - Reduce electric field E (duty cycle 10%)

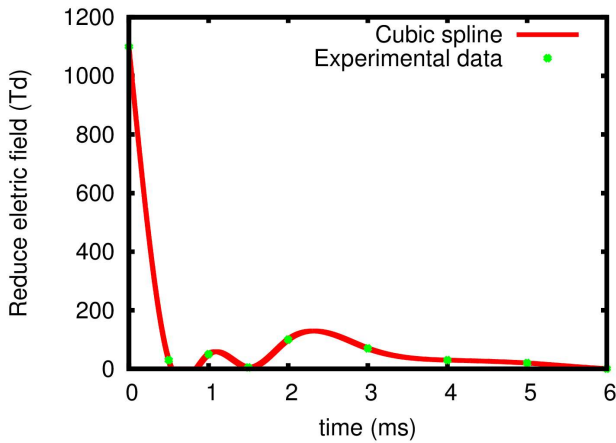
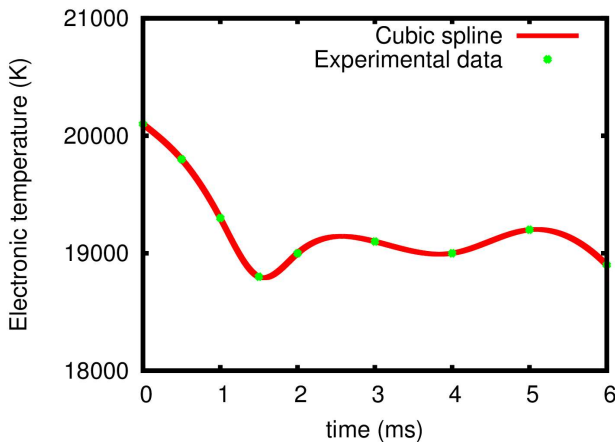


Figure 6 - Eletronic temperature T_e (duty cycle 10%)



These values are used to calculate the energy of electrons in the discharge region through the equation (2). It should also be shown the domain division scheme in discharge and outer region. This scheme is shown in figure (1). Points A, B, C, D, E, F and G will be used to analyze the temporal evolution of species, temperature and pressure.

It should also be shown the domain division scheme in discharge and outer region. This scheme is shown in figure (1). Points A, B, C, D, E, F and G will be used to analyze the temporal evolution of species, temperature and pressure.

VII. RESULTS

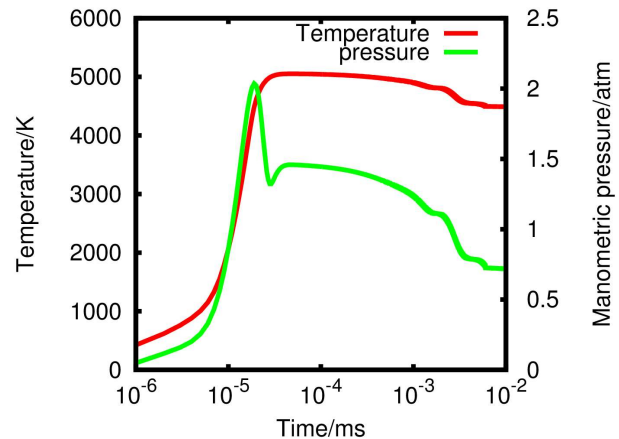
($N_2 - O_2$ for duty cycle of 10%)

In previous sessions we were explained many aspects related to simulation and, in this section, we present some results. The spatial and temporal configurations of the simulation are shown below:

- Experiment Time $10^{-2} s$
- $\Delta t = 10^{-6} s$
- Domain size $2 \times 10^{-2} m$
- Number of domain discretization 100
- 53 species
- $\nabla \rho_n \cdot \vec{n} = 0$ and $\nabla T \cdot \vec{n} = 0$

The temporal evolution of the temperature and pressure at node "A" is shown in Figure (7).

Figure 7: Time evolution of temperature and pressure in "A" node



Similarly the temporal evolution of the temperature and pressure in the nodes B, C, D and E, is shown in Figures (8), (9), (10) and (11).

²The chart (4) presents values the functions that interpolate the reduced electric field data and the functions assume negative values, it was postulated that the value of the represented quantity is zero.

Figure 8: Time evolution of temperature and pressure in "B" node

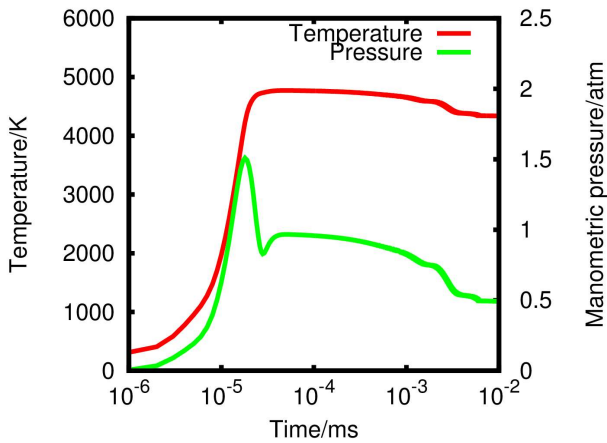


Figure 11: Time evolution of temperature and pressure in "E" node

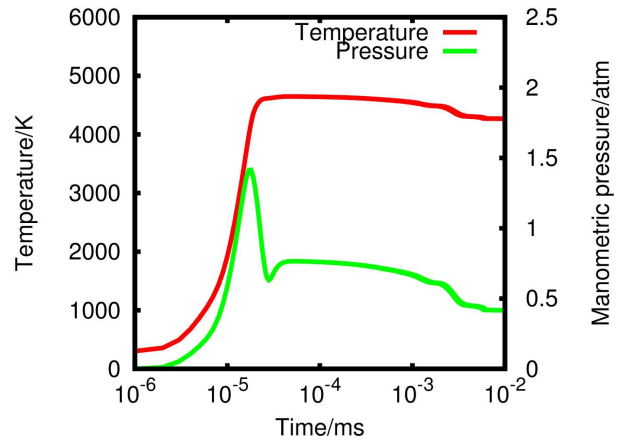
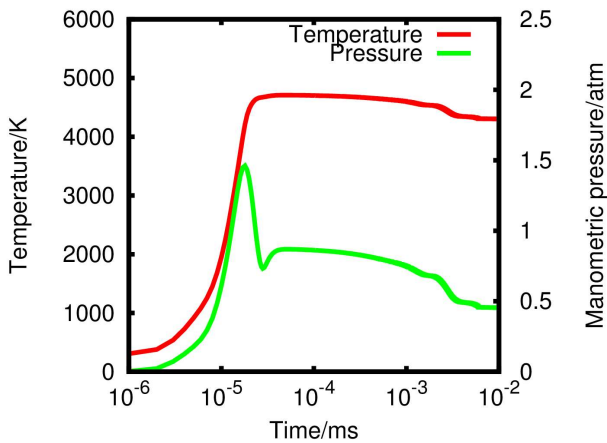


Figure 9: Time evolution of temperature and pressure in "C" node



Several species are also analyzed in these points, and are shown below:

Figure 12: Temporal evolution of some species in "A" node

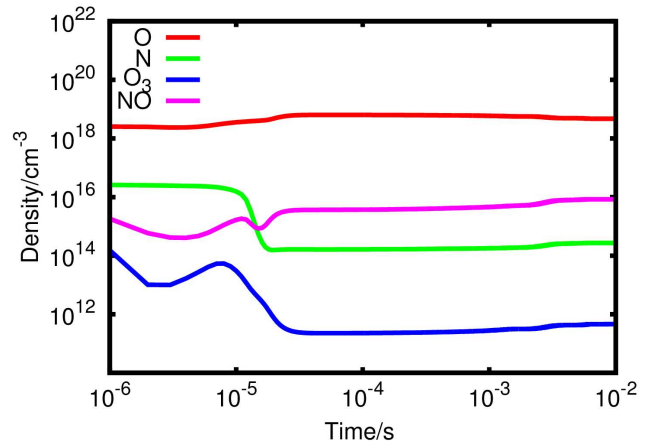


Figure 10: Time evolution of temperature and pressure in "D" node

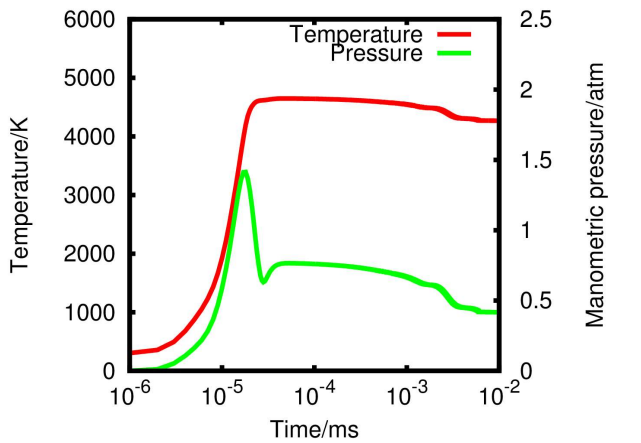
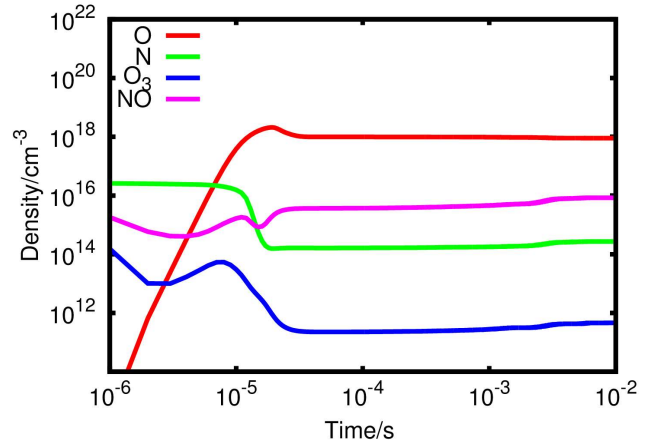


Figure 13: Temporal evolution of some species in "F" node



From Figures 12 and 13, is possible to verify the atomic species "O" and "N" have a similar temporal

evolution in nodes A and F. This may be rationalized as follows: There is certain stability attained between the production of such species in the discharge region and their subsequent transport and consumption in the external region to discharge. Notice further, atomic oxygen is more efficiently formed in the discharge region, there is also a delay in Figure 13 related to its transport to the outer region. Temporal evolution of the concentration for other species, presented in Figures 12 e 13 shown a more complex pattern. A detailed discussion on this issue is indeed relevant but requires deeper analysis on the plasm-chemical model used and it is out of the scope of this paper.

VIII. CONCLUSIONS

In this work, a one-dimensional physical model to study electric discharge in air was introduced. A computational methodology to solve such a model was also presented. Test were carried out to verify convergence of the domain discretization. Specifically, the electric discharge in dry air produced by a vehicular spark plug was studied. From this work, is possible to obtain spatio-temporal evolution of all chemical species present in the discharge and around the discharge region. Temperature and pressure evolution can also be obtained. Different plasm-chemical models can be tested using such a methodology, and few specific experimental data from real spark-plug discharge. Of course, generalization for a three-dimensional model to obtain more realistic predictions are required. The here reported methodology represents an step towards a full modelling of electric discharges produced by comercial spark plug in gas mixtures.

IX. BIBLIOGRAPHY

- AIDA, Futoshi; OKUDA, Hiroshi; NARUSE, Yusuke. **Plasma ignition system**. U.S. Patent n. 8,025,040, 27 set. 2011.
- CAPITELLI, Mario et al. **Plasma kinetics in atmospheric gases**. Springer Science & Business Media, 2013.
- CHUM, Helena L.; OVEREND, Ralph P. Biomass and renewable fuels. **Fuel processing technology**, v. 71, n. 1, p. 187-195, 2001.
- FLITTI, A.; PANCHESHNYI, S. Gas heating in fast pulsed discharges in N₂-O₂ mixtures. **The European Physical Journal Applied Physics**, v. 45, n. 2, p. 21001, 2009.
- FRIDMAN, Gregory et al. Applied plasma medicine. **Plasma Processes and Polymers**, v. 5, n. 6, p. 503-533, 2008.
- HAGELAAR, G. J. M.; PITCHFORD, L. C. Solving the Boltzmann equation to obtain electron transport coefficients and rate coefficients for fluid models. **Plasma Sources Science and Technology**, v. 14, n. 4, p. 722, 2005.
- ICHIMARU, Setsuo. **Statistical plasma physics**. Westview, 2004.
- LADICS, Tamás. Application of operator splitting to solve reaction-diffusion equations. **Proc. 9th Coll. QTDE**, v. 9, p. 1-20, 2012.
- MORGAN, L. Kinema Research & Software. LLC <http://www.kinema.com/sigmalib>. Dat, 2003.

OLIVEIRA, C. et al. Optical and electrical diagnostics of a spark-plug discharge in air. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 45, n. 25, p. 255201, 2012.

PANCHESHNYI, Sergey et al. ZDPlasKin: a new tool for plasmachemical simulations. **Bulletin of the American Physical Society**, v. 53, 2008.

PATANKAR, Suhas V.; SPALDING, D. Brian. A calculation procedure for heat, mass and momentum transfer in three-dimensional parabolic flows. **International journal of heat and mass transfer**, v. 15, n. 10, p. 1787-1806, 1972.

PATANKAR, Suhas. **Numerical heat transfer and fluid flow**. CRC press, 1980.

REDDY, Junuthula Narasimha; GARTLING, David K. **The finite element method in heat transfer and fluid dynamics**. CRC press, 2010.

X. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank CNPq (305175/2013-0), Project of Support to Research Groups of PROPPI/UFJF, FAPEMIG (TEC APQ 00103-12) and CAPES for their support.

XI. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

ANUÁRIO MATA ATLÂNTICA: Subsidiando políticas e ações de proteção para desenvolvimento sustentável e recuperação do bioma

ATLANTIC FOREST YEARBOOK: Subsidizing policies and actions of protection for sustainable development and recovery of the biome

ELIANA C. MORAES-SANTOS¹; CLAYTON F. LINO²

1 – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP-FEG; 2– Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – CNRBMA.

eliana.moraes@feg.unesp.br

Resumo – O projeto Anuário Mata Atlântica, realização conjunta entre o Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (C.N.R.B.M.A.) e diversas instituições governamentais e não governamentais de âmbito federal e estadual resultou num importante documento que subsidia políticas públicas, dando base para diversos projetos, assim como se apresenta como uma importante atualização dos dados referentes ao bioma Mata Atlântica. O projeto contou com recursos do Ministério do Meio Ambiente através do "Programa de Consolidação das Reservas da Biosfera no Brasil" e do Programa MaB "Man and Biosphere" da UNESCO. As informações foram coletadas em diversas instituições governamentais e não governamentais e englobam os 17 estados brasileiros e a descrição de cada um de seus municípios que estão total ou parcialmente inseridos nos domínios do bioma Mata Atlântica.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Anuário. Sustentabilidade.

Abstract - The Atlantic Forest Yearbook project, joint realization of the National Council of the Biosphere Reserve of the Atlantic Forest (CNRBMA) and several governmental and non-governmental institutions of the federal and state level has resulted in an important document that subsidizes public policies, providing basis for various projects, and presents itself as an important update of data for the Atlantic Forest biome. The project received funds from the Ministry of Environment through the "Biosphere Reserves of the Consolidation Program in Brazil," the Mab Program "Man and Biosphere" of UNESCO. The information was collected from various governmental and non-governmental institutions and includes the 17 Brazilian states and the description of each of the municipalities that are wholly or partially inserted in the domains of the Atlantic Forest biome.

Keywords: Atlantic forest. Yearbook. Sustainability.

I. INTRODUÇÃO

As florestas da Mata Atlântica foram as primeiras a serem percorridas pelos portugueses na chegada ao Brasil. Assim foram, exploradas e ocupadas em todo o país. Mas desse imenso território original, restam pouco mais de 7% de florestas, sendo que quase toda ela está fragmentada e ocupada pelos populosos centros urbanos. Apesar dessa proximidade, nem sempre adequada, com o homem, a Mata Atlântica continua quase desconhecida, até mesmo para quem vive nos seus domínios. Sua extensão gigantesca

abrange 17 estados brasileiros, desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte. Sendo que, nesse bioma, estão localizadas importantes Unidades de Conservação, áreas que ainda conservam esses remanescentes.

Criado em 1999, atualmente o Anuário da Mata Atlântica integra um programa permanente da ONG Reserva da Biosfera e tem o objetivo de consolidar, atualizar e disponibilizar informações sistemáticas e periódicas sobre o bioma da Mata Atlântica (MMA, 2016).

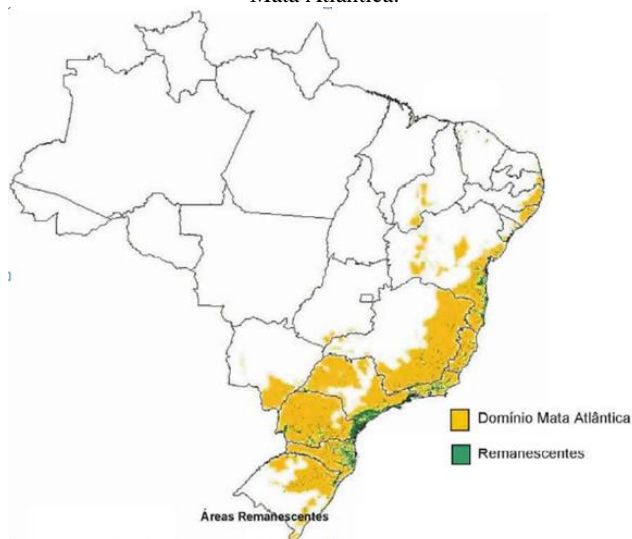
A restauração ecológica é uma estratégia para a reconstrução desse bioma e deve incluir não só o restabelecimento das espécies, mas também das complexas interações e funções ecológicas que essas interações fornecem ao ecossistema (SILVA, 2015).

Provável detentora da maior biodiversidade do planeta, a Mata Atlântica é um dos 25 ecossistemas apontados pela ONG Conservation International como um *hotspot*, conceito que designa regiões de grande importância ecológica mundial, mas já muito devastadas pela ação humana. O *Hotspots*, documento que apresenta a Mata Atlântica como uma das regiões mais ricas e ameaçadas do planeta, estando no quarto lugar nessa classificação, possui 20.000 diversidades de plantas vasculares, sendo aproximadamente 8.000 endêmicas.

A grande ameaça tanto para as espécies vegetais, animais, como para a significativa perda de solo em todas essas áreas é o desflorestamento.

A Figura 1 apresenta o mapa do Brasil, o Domínio Mata Atlântica e o Remanescente do bioma Mata Atlântica.

Figura 1 – Mapa do Brasil, o DMA e os Remanescentes do bioma Mata Atlântica.



Fonte: INPE e SOS Mata Atlântica, 2015.

A Tabela 1 apresenta os 10 municípios brasileiros que mais perderam Mata Atlântica no período de 2005 a 2010, seus estados correspondentes e as informações dos remanescentes florestais em área e em percentagem.

Tabela 1 – Municípios brasileiros que mais perderam Mata Atlântica no período de 2005 a 2010.

Municípios	UF	Área do Município(em hectares)	Remanescentes florestais (em hectares)	% Remanescentes florestais
1-Jequitinhonha	MG	352.549	84.066	24%
2-Itaiópolis	SC	129.853	42.528	33%
3-Bom Jesus da Lapa	BA	400.276	12.755	8%
4-Cândido Sales	BA	162.631	9.811	6%
5-Vitória da Conquista	BA	320.303	16.358	5%
6-Águas Vermelhas	MG	125.999	23.437	19%
7-Teófilo Otoni	MG	325.066	51.702	16%
8-Prudentópolis	PR	233.517	40.697	17%
9-Pedra Azul	MG	162.300	35.548	22%
10-Santa Cecília	SC	115.063	15.257	13%

Fonte: Atlas dos municípios da SOS Mata Atlântica, adaptada pela autora.

As florestas dependem de vários fatores para a sua manutenção, desde a aplicação das leis que lhe são próprias, como a efetiva fiscalização e a implementação da educação ambiental nas escolas, até a ampla divulgação de informações técnicas e científicas para apoiar as políticas públicas regionais e locais.

Deve-se considerar a importância da presença dos fragmentos florestais e corredores, que com a precipitação das chuvas, possibilita a melhor infiltração da água no solo, restabelecendo as espécies vegetais e animais, e todas as suas funções e interações dentro de um ecossistema.

Os fragmentos de Mata Atlântica dependem diretamente da precipitação, a floresta nativa, entre os ecossistemas vegetais, atua no ciclo hidrológico de maneira mais significativa, pois proporciona melhores condições de infiltração da água da chuva. (OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS, 2005).

Acredita-se então que a Gestão do Recursos Hídricos está intimamente ligada à Gestão Ambiental, onde a Gestão de RH seria uma consequência da eficaz gestão ambiental (BRITO, S. A; ROCHA, J. M.).

Em todas as três abordagens, o Brasil tem posição de destaque. É o país campeão de Megadiversidade, tendo maior número de espécies do que qualquer outra nação. Possui também o maior bloco de área verde do planeta, a Floresta Amazônica. Além disso, em território brasileiro podem ser encontrados dois *Hotspots* importantes, a Mata Atlântica e o Cerrado.

A Reserva da Biosfera é um instrumento de conservação que favorece a descoberta de soluções para problemas como o desmatamento das florestas tropicais, a desertificação, a poluição atmosférica, o efeito estufa, entre outros.

A Reserva privilegia o uso sustentável dos recursos naturais nas áreas assim protegidas. A UNESCO mantém um sistema de informações que assegura o equacionamento de seus problemas, segundo a melhor tecnologia disponível. A Mata Atlântica é um importante bioma das Reservas da Biosfera.

O Projeto Anuário Mata Atlântica reuniu, sistematizou e disponibilizou informações sobre este bioma envolvendo diversos temas, fontes e indicadores, contribuindo para uma constante avaliação e subsidiar políticas e ações de proteção, desenvolvimento sustentável e recuperação da Mata Atlântica.

II. PROCEDIMENTOS

Neste trabalho foi analisado, através do programa *EstatCart* do IBGE – Sistema de Recuperação de Informações Georeferenciadas, dados do remanescente da Mata Atlântica nos 17 estados brasileiros. Os estados de RS, SC, PR, SP, GO, MS, RJ, ES, MG, BA, SE, AL, PE, PB, CE, PI e RN e a descrição de cada municípios inseridos Parcial ou Totalmente no Domínio da Mata Atlântica-DMA. A Tabela 2 apresenta o remanescente do bioma Mata Atlântica nos 17 estados brasileiros.

Tabela 2 - Remanescentes do bioma Mata Atlântica nos 17 estados brasileiros.

Regiões	Area Total (Km²)	Area do DMA (Km²)	Áreas Remanescentes (Km²)	Áreas Remanescentes nas Regiões (%)
Nordeste	1.219.021,63	255.245,00	20.633,00	8,1
Centro-Oeste	697.257,55	62.223,00	461,00	0,7
Sudeste	924.573,79	568.978,00	42.329,00	7,4
Sul	576.300,78	420.366,00	39.032,00	9,3
TOTAIS	3.417.153,75	1.306.812,00	102.455,00	7,8

Fonte: Anuário Mata Atlântica, 2003, SOS Mata Atlântica, adaptada pela autora.

Os dados da Tabela 1 foram utilizados, em forma de mapa, para o tratamento dos *layers* que foram sobrepostos para resultar nas informações apresentadas na Figura 2, que são os municípios do estado de São Paulo que estão inseridos Parcialmente, Totalmente ou Fora do DMA.

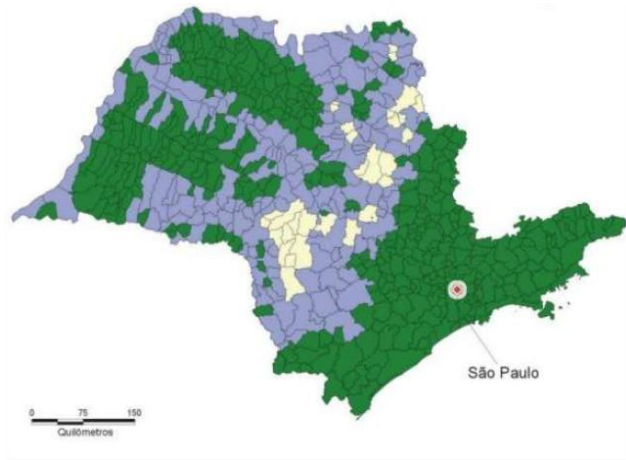
A mesma metodologia foi utilizada para o resultados dos dados para o número de habitantes inseridos Parcialmente, Totalmente ou Fora do DMA nos 17 estados brasileiros abrangidos.

III. RESULTADOS

3.1 – Divisões municipais e DMA

Os dados, com a utilização do programa *StartCard* e base de informações municipais do IBGE, foram tratados nos 17 estados inseridos no DMA. Na Figura 2 é apresentado o mapa do estado de São Paulo com as divisões municipais e a legenda indicando quais municípios estão inseridos Parcialmente, Totalmente ou Fora do DMA.

Figura 2 – Mapa do DMA - e as divisões municipais, municípios inseridos total ou parcialmente no DMA.



Fonte: IBGE - Base de Informações Municipais, Anuário Mata Atlântica, 2003.

Todos os 17 estados brasileiros no DMA tiveram os mesmos tratamentos dos dados. A Tabela 3 apresenta os dados sobre o estado de São Paulo.

Tabela 3 – Dados dos municípios inseridos Total ou Parcialmente inseridos no DMA do estado de São Paulo.

Municípios	
Totalmente inseridos no DMA	430
Parcialmente inseridos no DMA	185
Fora do DMA	30
Total	615 municípios

Fonte: MMA, Anuário Mata Atlântica, 2003 e IBGE, adaptada pela autora.

3.2 – Habitantes no DMA

A Tabela 4 apresenta o número de habitantes residentes parcial ou totalmente em cada uma das regiões brasileiras abrangidas pelo bioma Mata Atlântica, sendo as regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul brasileiras.

Tabela 4 – Número de habitantes residentes (parcial ou totalmente) em cada uma das regiões brasileiras abrangidas pelo bioma Mata Atlântica.

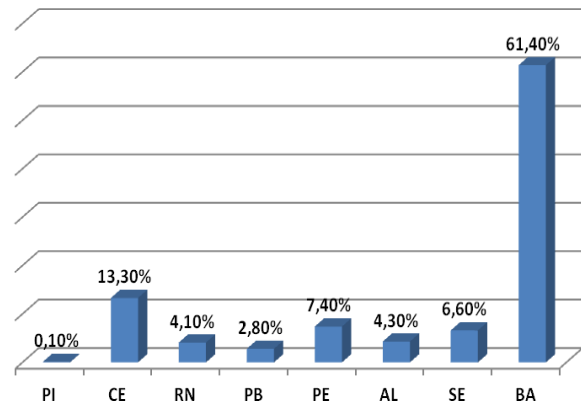
Região Administrativa	População Total na Região Administrativa	População Residente nos município parcial ou Totalmente abrangidos pelo DMA	População Residente Parcial ou Totalmente no DMA (%)
Nordeste	42.090.236	24.305.205	58
Centro-Oeste	7.081.229	1.304.985	18
Sudeste	72.412.411	68.423.533	94
Sul	25.107.616	24.042.821	96
Totais	148.691.492	118.076.544	80

Fonte: MMA, Anuário Mata Atlântica, 2003 e IBGE, adaptada pela autora.

3.3 – Remanescentes do DMA por região

A distribuição dos Remanescentes da Mata Atlântica nos 17 estados brasileiros pode ser observada nos gráficos, por Regiões. A Figura 3 apresenta o Gráfico com a porcentagem de remanescente em cada estado da Região Nordeste.

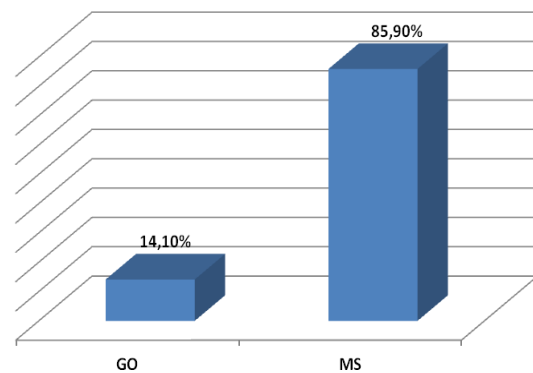
Figura 3 – Gráfico dos Remanescentes da Mata Atlântica na região Nordeste.



Fonte: MMA, Anuário Mata Atlântica, 2003 e IBGE, adaptada pela autora.

A Figura 4 apresenta o Gráfico com a porcentagem de remanescente em cada estado da Região Centro-Oeste.

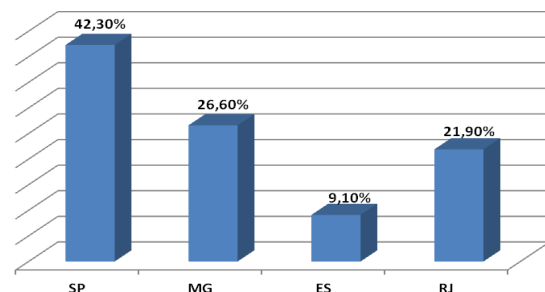
Figura 4 – Gráfico dos Remanescentes da Mata Atlântica na região Centro-Oeste.



Fonte: MMA, Anuário Mata Atlântica, 2003 e IBGE, adaptada pela autora.

A Figura 5 apresenta o Gráfico com a porcentagem de remanescente em cada estado da Região Sudeste.

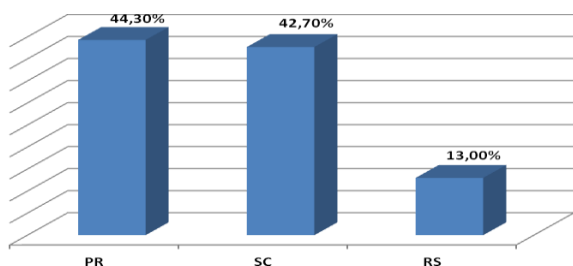
Figura 5 – Gráfico dos Remanescentes da Mata Atlântica na região Sudeste.



Fonte: MMA, Anuário Mata Atlântica, 2003 e IBGE, adaptada pela autora.

A Figura 6 apresenta o Gráfico com a porcentagem de remanescente em cada estado da Região Sul.

Figura 6 – Gráfico dos Remanescentes da Mata Atlântica na Região Sul.



Fonte: MMA, Anuário Mata Atlântica, 2003 e IBGE, adaptada pela autora.

Infelizmente, o remanescente do bioma Mata Atlântica mostra-se bastante reduzido, os dados apresentados variam entre 7 e 7,3% da floresta original. Portanto, na Região Sul é onde ainda resta a maior porcentagem, são 9,3%, seguida da Região Nordeste com 8,1%, depois a Região Sudeste com 7,4% e finalmente a Região Centro-Oeste com apenas 0,7% de remanescentes da Mata Atlântica.

3.4 – Resultados e propostas

Outro importante resultado pelo projeto foi o *workshop* "Anuário Mata Atlântica" ocorrido e que teve como objetivo aprimorar a estrutura e dar maior confiabilidade e transparência nas informações.

O *workshop* foi dividido em duas partes: o primeiro dia com palestras sobre temas referentes à estrutura e aos conteúdos do Anuário e os dois últimos dias dedicados a trabalhos em grupo. Os trabalhos em grupo visaram construir, de forma participativa, a metodologia, os indicadores e as prioridades do Anuário; assim como apresentar e discutir a versão preliminar do Anuário.

O projeto Anuário Mata Atlântica, criado no ano de 1999, consolidado em 2003, foi transformado, no ano de 2010, no Programa Anuário Mata Atlântica. A partir da última Conferência das Partes, realizada no Japão em 2010, para avaliação da Convenção sobre a Diversidade Biológica das Nações Unidas (CDB), a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – RBMA - definiu que o foco principal do seu Programa Anuário Mata Atlântica será o monitoramento e a divulgação dos resultados, do cumprimento ou não, das Metas de Aichi¹ – CDB 2020, em um dos mais ameaçados e ricos biomas Brasileiros, o Bioma Mata Atlântica e em suas regiões costeiras e marinhas adjacentes.

Este é o maior desafio, do Projeto Anuário Mata Atlântica: Monitoramento das Metas de Aichi - CDB 2020 iniciado em 2011, por meio da REDE RBMA, que envolve diretamente cerca de 250 Instituições, governamentais e não governamentais, de 17 Estados Brasileiros, além de colaboradores e parceiros estratégicos.

O Projeto objetiva fazer, de maneira integrada com a política nacional, coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente, o acompanhamento e a avaliação do cumprimento dessas metas, com um recorte biomático. Mais do que isso, pretende contribuir para criar mecanismos e fomentar ações, nacionais e subnacionais, no sentido de cumprir e implementar os Objetivos e Metas de Aichi¹ no Domínio Mata Atlântica e em suas regiões marinhas adjacentes (MMA, 2016).

¹ Aichi é a província do Japão cuja capital é a cidade de Nagoya.

IV. CONCLUSÃO

O Projeto Anuário Mata Atlântica, criado em 1999, que atualmente integra um programa permanente da RBMA, reuniu, sistematizou e disponibilizou informações sobre este bioma envolvendo diversos temas, fontes e indicadores, contribuindo para uma constante avaliação, e ainda busca subsidiar políticas e ações de proteção, desenvolvimento sustentável e recuperação da Mata Atlântica.

Este trabalho técnico e científico oferece um extenso material para base e roteiro de diversos projetos, propõe uma leitura objetiva na educação ambiental, assim como apresenta uma importante atualização dos dados ambientais, sociais e econômicos referentes ao bioma Mata Atlântica e a população que vive no seu entorno.

Deve-se salientar que os resultados apresentam o enorme desflorestamento que ainda ocorre em todas as regiões brasileiras abrangidas pelo bioma Mata Atlântica e que ações favoráveis à manutenção das florestas devem ser tomadas com urgência.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASE DE DADOS TROPICAL – BDT, **Informações Científicas- Diversidade de Espécies, sobre as espécies arbóreas da Mata Atlântica** - Projetos e informações específicas sobre MA, Desenvolvimento Sustentável e Conservação. Disponível em: www.bdt.fat.org.br. Acesso em jan 2016.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Base de Informações Municipais**. Sistema de Recuperação de Informações Georeferenciadas, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Ed.). coord. Técnica e Científica: Moraes-Santos, E.C, coord. Geral: LINO, C. F. **Anuário Mata Atlântica**. São Paulo, 2003.

BRITO, S. A; ROCHA, J. M. Gestão de recursos hídricos: a política nacional de recursos hídricos x prosamim. **Revista Sodebras [on line]**. v. 09, n.100, Abr./2014, p. 191-194. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N100.pdf>>. Acesso em 04 out. 2016.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL - **Projeto de Avaliação e Ações Prioritárias para Conservação dos Biomas: Floresta Atlântica e Campos Sulinos**. Disponível em www.conservation.org.br, Acesso em out 2003.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITA - **Projetos de preservação e educação na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)** - Mata do Sossego, em Minas Gerais, e da Estação Biológica de Canudos, na Bahia. Quem faz o que pela Mata Atlântica. Disponível em www.biodiversitas.org Acesso em jan 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS e FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, **O Domínio Mata Atlântica e os Remanescentes do bioma no Brasil**, 2015.

MITTERMEIER, R. *et al*, **HOTSPOTS**, Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions, Conservation International do Brasil, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.C. e DIAS, H.C.T., Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica, **Revista Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.9-15, 2015.

SILVA, FERNANDA RIBEIRO, **Redes mutualísticas na avaliação da restauração da Mata Atlântica**, Tese de Doutorado, Unicamp, 2015.

Disponível em
<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000950468> , Acesso em set 2016.

UICN, WWF-BRASIL e IPÊ. **Metas de Aichi: Situação atual no Brasil**. Ronaldo Weigand Jr; Danielle Calandino da Silva; Daniela de Oliveira e Silva. Brasília, DF: UICN, WWF-Brasil e IPÊ, 2011.

VI. AGRADECIMENTOS

Ao Ministério do Meio Ambiente, Ao CNRBMA, Ao Programa MaB "Man and Biosphere" pelo apoio financeiro e ao **Prof. Dr. Joaquim da Costa Britto**, *in memoriam*, pela valiosa dedicação e colaboração na elaboração do projeto.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ANÁLISE DAS CHUVAS MÁXIMAS DIÁRIAS E DE 24 HORAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

ANALYSIS OF THE MAXIMUM ONE-DAY RAINFALL AND THE 24-HOUR MAXIMUM RAINFALL IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO

FABÍOLA DE SOUZA FREITAS¹; MÔNICA DE AQUINO GALEANO MASSERA DA HORA²;
BRUNO PIRES DUMAS³

1 – MESTRANDA EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL PELA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE; 2 – COORDENADORA DO MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE; 3 – TÉCNICO EM METEOROLOGIA DO CEMADEN-RJ

fabiola.freitas@defesacivil.rj.gov.br; dahora@vm.uff.br; bruno.dumas@defesacivil.rj.gov.br

Resumo – Este trabalho buscou determinar as precipitações máximas de um dia (P1dia) e de 24 horas (P24h) para a cidade do Rio de Janeiro com o objetivo de alcançar uma relação entre ambas. Foram analisados os dados oriundos de 17 estações pluviométricas operadas pela Fundação Instituto de Geotécnica, no âmbito do Sistema Alerta Rio. Como a cidade do Rio de Janeiro apresenta grande variabilidade espacial das chuvas, buscou-se verificar a viabilidade da adoção de um único valor representativo desta relação, dado que a duração dos eventos de chuva é essencial no dimensionamento de projetos para controle de enchentes e de mitigação dos efeitos das inundações. Os resultados encontrados mostraram valores distintos ao preconizado pela literatura, confirmando a variabilidade espacial das chuvas na cidade do Rio de Janeiro, justificada pelas suas distintas formas de relevo.

Palavras-chave: Precipitação. Desagregação de chuvas. Eventos extremos.

Abstract - This study aimed to determine the maximum one-day rainfall (P1dia) and 24 hours maximum rainfall (P24) to the city of Rio de Janeiro in order to achieve a relationship between them. Data were analyzed from 17 rain gauge stations operated by the Institute of Geotechnical under the Rio Alert System. As the city of Rio de Janeiro has large spatial variability of precipitation, it is important to check whether viable the adoption of a single representative value, given that the duration of rainfall events is essential in the design of projects for flood control and to mitigate the effects of floods. The results showed different values than the recommended in the literature, confirming the spatial variability of rainfall in the city of Rio de Janeiro, justified by its distinctive relief forms.

Keywords: Precipitation. Rainfall disaggregation. Extreme events.

I. INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (1993), a ocupação da bacia hidrográfica pela população gera duas diferentes preocupações: o impacto do meio sobre a população através das enchentes e o impacto do homem sobre a bacia interferindo na preservação do meio ambiente, de maneira que, o planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é

uma necessidade numa sociedade com usos crescente da água, e que tende a ocupar espaços com riscos de inundação, além de danificar o seu meio.

Sob este aspecto, o conhecimento das características da precipitação e sua relação no ciclo hidrológico são de grande importância para estudos estratégicos associados ao planejamento ao meio ambiente (BACK, OLIVEIRA e HENN, 2012). Cardoso, Ullmann e Bertol (1998) mencionam que o conhecimento da distribuição e das variações da chuva, tanto temporal quanto espacial, subsidia estudos hidrológicos e o planejamento do uso dos recursos hídricos.

As características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuição temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não tiver ligado a uma duração (TUCCI, 1993). Os estudos observacionais sobre mudanças nos extremos de clima (chuvas, temperaturas, tempestades) são poucos e os resultados têm sido comprometidos devido à qualidade ou ausência de informação climatológica diária confiável (MARENGO e VALVERDE, 2007).

De acordo com Tucci (1993), é essencial lembrar que a aquisição de dados de chuva de boa qualidade é difícil, embora a medição e os aparelhos sejam simples. Portanto, é muito raro encontrar uma série de dados pluviométricos confiável. O objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos (ou o estudo da variação das intensidades de chuva ao longo das tormentas). Em qualquer caso pode ocorrer a existência de períodos sem informações ou com falhas nas observações, devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto. Os dados coletados devem ser submetidos a uma análise antes de serem utilizados.

Este trabalho buscou determinar as máximas precipitações anuais com duração de um dia (P1dia) e de 24 horas (P24h) para a cidade do Rio de Janeiro, com o objetivo de alcançar uma relação entre ambas, tal como preconizado por CETESB (1986) e Cardoso, Ullmann e Bertol (1998). Para tanto, foram analisados

os dados oriundos de 17 estações pluviométricas distribuídas pela cidade e operadas pela Fundação Instituto de Geotécnica (Fundação GEO-RIO), no âmbito do Sistema Alerta Rio.

II. PROCEDIMENTOS

Para mitigar os efeitos das inundações, as obras hidráulicas são dimensionadas com base na vazão máxima, seja esta observada estatisticamente ou com base no emprego de modelos chuva-vazão (MELLO *et al.*, 2003; DAMÉ *et al.*, 2010). Em pequenas bacias, o método racional, que depende da intensidade máxima da chuva (Teixeira *et al.*, 2011), é amplamente utilizado. A intensidade máxima de uma chuva é obtida a partir da relação intensidade-duração-frequência e sua determinação depende de registros de precipitação. Entretanto, nem todos os pluviômetros são dotados de sensores que permitam o conhecimento da intensidade da chuva em intervalo de tempo subdiário, como por exemplo, 5 minutos, 15 minutos, 1 hora, 12 horas e 24 horas.

Algumas metodologias foram desenvolvidas visando à obtenção das chuvas de menor duração, a partir dos dados pluviométricos diários (BACK, OLIVEIRA e HENN, 2012). Os dados diários podem ser estimados a partir de fatores de proporcionalidade, processo denominado de desagregação da chuva diária.

A desagregação se inicia a partir da relação entre as alturas pluviométricas das chuvas máximas de P24h e de P1dia, que segundo Cardoso, Ullmann e Bertol (1998) é uma relação quase constante, independentemente do período de retorno, cujo valor encontrado no Brasil é de 1,14 (CETESB, 1986), semelhante ao valor preconizado pelo U.S. Weather Bureau, que é igual a 1,13 (TUCCI, 1993). Relações constantes entre chuvas de diferentes durações também foram verificadas no Brasil, com valores bem próximos dos adotados pelo U.S. Weather Bureau (ASSAD, MASUTOMO e ASSAD, 1992; MEHL *et al.*, 2001; VIEIRA, LOMBARDI NETO e SANTOS, 1994; PINTO *et al.*, 1996).

Entretanto, segundo Dereczynski, Oliveira e Machado (2009), a cidade do Rio de Janeiro apresenta grande variabilidade espacial da precipitação. Nesse sentido, é importante verificar se é viável a adoção de um único valor representativo da relação entre as chuvas máximas de 24 horas e de 1 dia, dado que a duração dos eventos de chuva são essenciais no dimensionamento de projetos para controle de enchentes.

No que diz respeito ao monitoramento realizado na cidade do Rio de Janeiro, a rede pluviométrica é operada, desde 1996, pela Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, ou ainda, Fundação Geo-Rio, no âmbito do Sistema Alerta Rio. De acordo com Dereczynski, Oliveira e Machado (2009), a localização dos postos pluviométricos da Fundação Geo-Rio visa atender ao sistema e alerta de chuvas intensas e as estações não são homoganeamente distribuídas.

Atualmente, a rede é composta por 33 postos pluviométricos automáticos, cujas informações de localização, endereços e ficha técnica estão disponíveis na página <http://alertario.rio.rj.gov.br/documentos/relatorios-de-chuva/>.

A Tabela 1 relaciona os postos, o período de observação e a existência de falhas nas séries históricas.

Tabela 1 – Estações do Sistema Alerta Rio.

Nº	Estação	Período de Observação		
		Inicial	Final	Falhas
1	Vidigal	01/2001	12/2015	Não
2	Urca	01/2001	12/2015	Não
3	Rocinha	01/2001	12/2015	Sim
4	Tijuca	01/2001	12/2015	Sim
5	Santa Teresa	01/2001	12/2015	Sim
6	Copacabana	01/2001	12/2015	Não
7	Grajaú	01/2001	12/2015	Não
8	Ilha do Governador	01/2001	12/2015	Sim
9	Penha	01/2001	12/2015	Não
10	Madureira	01/2001	12/2015	Sim
11	Irajá	01/2001	12/2015	Não
12	Bangu	01/2001	12/2015	Não
13	Piedade	01/2001	12/2015	Não
14	Jacarepaguá/Tanque	01/2001	12/2015	Sim
15	Saúde	01/2001	12/2015	Não
16	Jardim Botânico	01/2001	12/2015	Não
17	Itanhangá	01/2001	12/2015	Sim
18	Jacarepaguá/Cidade de Deus	01/2001	12/2015	Não
19	Barra/Riocentro	01/2001	12/2015	Sim
20	Guaratiba	01/2001	12/2015	Não
21	Estr. Grajaú/Jacarepaguá	01/2001	12/2015	Não
22	Santa Cruz	01/2001	12/2015	Não
23	Grande Méier	01/2001	12/2015	Não
24	Anchieta	01/2001	12/2015	Sim
25	Grota Funda	01/2001	12/2015	Não
26	Campo Grande	01/2001	12/2015	Não
27	Sepetiba	01/2001	12/2015	Sim
28	Alto da Boa Vista	01/2001	12/2015	Não
29	Av. Brasil/Mendanha	01/2001	12/2015	Não
30	Recreio dos Bandeirantes	01/2001	12/2015	Sim
31	Laranjeiras	01/2001	12/2015	Não
32	São Cristóvão	01/2001	12/2015	Sim
33	Tijuca/Muda	01/2011	12/2015	Sim

Inicialmente, foram levantadas as informações disponíveis nos Relatórios Anuais de Chuva elaborados pela Fundação Geo-Rio. Em seguida, foi estabelecido o critério de seleção do maior período sem falhas na série histórica disponível, observada entre os anos de 2001 a 2015.

De acordo com a Tabela 1, das 33 estações operadas apenas 20 atenderam ao critério, a saber: Vidigal, Urca, Copacabana, Grajaú, Penha, Irajá, Bangu, Piedade, Saúde, Jardim Botânico, Jacarepaguá/Cidade de Deus, Guaratiba, Estrada Grajaú/Jacarepaguá, Santa Cruz, Grande Méier, Grota Funda, Campo Grande, Alto da Boa Vista, Av. Brasil/Mendanha e Laranjeiras. Por conseguinte, foram descartadas as estações de São Conrado, Santa Teresa, Tanque, Anchieta, Itaúna, Sepetiba, Tijuca, Riocentro, Madureira, Itanhangá, Ilha do Governador e São Cristóvão. Vale destacar que a estação Tijuca/Muda teve início de operação em 2011, portanto também não foi considerada nos estudos.

Além disso, nos relatórios analisados, quanto à denominação e localização dos postos pluviométricos, foram observadas duas situações distintas: estações que não mudaram de endereço e estações que mudaram de endereço.

Na primeira situação, estão inseridas 17 estações: Vidigal, Urca, Copacabana, Grajaú, Penha, Irajá, Bangu, Piedade, Saúde, Jardim Botânico, Jacarepaguá/Cidade de Deus, Guaratiba, Santa Cruz, Grande Méier, Grota Funda,

Campo Grande e Laranjeiras. A Tabela 2 e a Figura 1 apresentam o endereço e a localização das mesmas.

Tabela 2 – Estações que não apresentam mudança de endereço.

Nº	Estação	Endereço
1	Vidigal	Hotel Sheraton
2	Urca	Instituto Militar de Engenharia
6	Copacabana ¹	Hotel Sofitel
7	Grajaú	Reserva Florestal do Grajaú
9	Penha	Irmadade de N. Sra da Penha de França
11	Irajá	Ceasa
12	Bangu	Cassino Bangu
13	Piedade	Sociedade Universitária Gama Filho
15	Saúde	Rádio Tupi
16	Jardim Botânico	Jóquei Clube
18	Jacarepaguá/Cidade de Deus ³	Telemar
20	Guaratiba	Campo de Provas Marambaia
22	Santa Cruz	IBECOMB
23	Grande Méier ⁴	Paróquia Sto. Antônio de Pádua
25	Grota Funda	Base Operacional da Transoeste
26	Campo Grande ²	Centro Universitário Moacyr Sreder Bastos
31	Laranjeiras	1ª C.I.P.M.

1 O endereço da estação Copacabana permanece o mesmo apesar do nome do hotel ter passado de Rio Palace para Sofitel.

2 O endereço da estação Campo Grande permanece o mesmo apesar do nome da faculdade ter passado de Moacyr Sreder Bastos para Centro Universitário Moacyr Sreder Bastos.

3 A estação Cidade de Deus passou a se chamar Jacarepaguá/Cidade de Deus em 2013.

4 A estação Cachambi passou a se chamar Grande Méier em 2010.

Figura 1 – Mapa das estações que não apresentam falhas nem mudança de endereço.



Fonte: Os autores, 2016.

Com relação à segunda situação, foram identificadas 3 estações: Estrada Grajaú/Jacarepaguá, Alto da Boa Vista e Avenida Brasil/Mendanha.

A estação Estrada Grajaú/Jacarepaguá era anteriormente denominada de Gericinó e estava localizada na Fábrica da Cogumelo (Av. Brasil, 44.879). Em 2010, a estação foi transferida para novo local, Hospital Cardoso

Fontes (Av. Menezes Cortes, 3245), cuja distância é de 28 km do endereço inicial.

A estação Alto da Boa Vista era anteriormente denominada de Sumaré e estava localizada na Torre de Transmissão da TV Globo (Estrada do Sumaré s/nº). Em 2010, a estação foi transferida para novo local (Rua Boa Vista, 196), cuja distância em relação ao endereço inicial é de apenas 4,5 km, entretanto instalada em outra vertente da bacia hidrográfica.

A estação Av. Brasil/Mendanha era anteriormente localizada na Serra do Mendanha (Estrada de Furnas s/nº), em altitude de 724 m. Em 2010, a estação foi transferida para a Escola Municipal Casimiro de Abreu (Estrada do Mendanha, 4842), cuja distância é de apenas 4,0 km do endereço inicial, mas em altitude de 29 m.

Em virtude dos motivos expostos, todas as 3 foram descartadas dos estudos.

O tratamento dos dados foi feito de forma a determinar os maiores acumulados diários e de 24 horas para cada uma das 17 estações selecionadas para cada mês durante os anos de 2001 até 2015. Os maiores valores acumulados em nível diário (P1dia) foram obtidos contabilizando os dados de 00:00h até 23:59h de cada dia e selecionando-se os maiores eventos em cada mês de cada ano. Os maiores valores de 24 horas (P24h) foram contabilizados pela soma móvel de 24 horas e selecionados os maiores eventos em cada mês de cada ano.

III. RESULTADOS

Na Tabela 3 são apresentados os valores máximos de P1dia para cada mês da série histórica de 2001 a 2015.

Tabela 3 – Valores máximos de P1dia.

Posto	Mês/Ano	Valor (mm)
Vidigal	Abr./2010	215,6
Urca	Abr./2010	148,2
Copacabana	Abr./2010	193,4
Grajaú	Abr./2010	151,4
Jardim Botânico	Abr./2010	235,0
Jacarepaguá/ Cidade de Deus	Abr./2010	125,4
Grande Méier	Abr./2010	142,8
Grota Funda	Abr./2010	192,8
Laranjeiras	Abr./2010	180,0
Penha	Dez./2013	141,8
Irajá	Dez./2013	178,2
Piedade	Dez./2013	148,0
Campo Grande	Out./2007	142,8
Santa Cruz	Out./2007	177,6
Saúde	Out./2007	159,6
Guaratiba	Fev./2010	143,2
Bangu	Jan./2013	129,0

Das 17 estações pluviométricas avaliadas, 9 registraram os maiores acumulados diários P1dia no ano de 2010, especificamente no mês de abril. Os valores variaram entre 125,4 mm (Jacarepaguá/Cidade de Deus) até 235 mm (Jardim Botânico).

Em fevereiro de 2010, foi observado o maior valor de P1dia (143,2 mm) na estação de Guaratiba.

Já em 2013, 3 estações analisadas (Penha, Irajá e Piedade) registraram os maiores acumulados de P1dia em dezembro, respectivamente, 141,8 mm, 178,2 mm e 148,0 mm. Em janeiro do mesmo ano, na estação Bangu foi registrado o maior acumulado P1dia (129,0 mm).

Em 2007, os maiores valores acumulados de P1dia foram registrados no mês de outubro para 3 estações (Saúde, Santa Cruz e Campo Grande), respectivamente, 159,6 mm; 177,6 mm e 142,8 mm.

Na Tabela 4 são apresentados os valores máximos de P24h para cada mês da série histórica de 2001 a 2015, com os respectivos horários de início e fim do evento.

Tabela 4 – Registro da ocorrência e valores máximos de P24h.

Posto	Mês/Ano	Início	Fim	Valor (mm)
		Dia - Hora	Dia - Hora	
Vidigal	Abr./2010	05 - 17:33	06 - 17:33	264,6
Urca	Abr./2010	05 - 17:48	06 - 17:48	177,6
Copacabana	Abr./2010	05 - 17:49	06 - 17:49	221,2
Grajaú	Abr./2010	05 - 17:16	06 - 17:16	227,0
Penha	Abr./2010	05 - 08:17	06 - 08:17	226,2
Saúde	Abr./2010	05 - 17:46	06 - 17:46	189,4
Jardim Botânico	Abr./2010	05 - 17:49	06 - 17:49	303,0
Jacarepaguá/Cidade de Deus	Abr./2010	05 - 17:11	06 - 17:11	164,6
Grande Meier	Abr./2010	05 - 17:17	06 - 17:17	257,8
Grota Funda	Abr./2010	05 - 16:56	06 - 16:56	232,6
Laranjeiras	Abr./2010	05 - 17:49	06 - 17:49	227,0
Campo Grande	Jan./2013	2 - 18:00	03 - 18:00	156,4
Irajá	Dez./2013	10 - 21:15	11 - 21:15	190,4
Piedade	Dez./2013	10 - 17:00	11 - 17:00	185,0
Guaratiba	Mar./2003	17 - 11:52	18 - 11:52	171,0
Santa Cruz	Out./2007	23 - 23:07	24 - 23:07	179,4
Bangu	Dez./2009	30 - 12:38	31 - 12:38	146,6

Das 17 estações pluviométricas avaliadas, 11 registraram os maiores acumulados de P24h em abril de 2010. Os valores variaram entre 164,6 mm (Jacarepaguá/Cidade de Deus) até 303,0 mm (Jardim Botânico).

Em 2013, no mês de janeiro foi registrado o maior P24h na estação Campo Grande (156,4 mm) e no mês de dezembro nas estações Irajá (190,4 mm) e Piedade (185,0 mm).

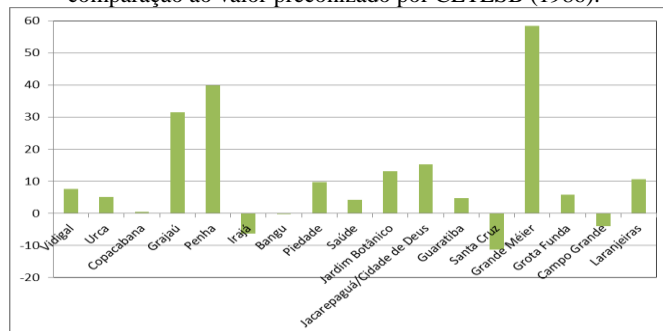
Em março de 2003, foi observado o valor máximo de P 24h na estação Guaratiba (171,0 mm). A estação Santa Cruz teve em seu registro o maior acumulado de P 24h em outubro de 2007 (179,4 mm). Em dezembro de 2009, na estação Bangu foi registrado o maior acumulado P 24h (146,6 mm).

No que tange às relações entre P24h e P1dia, foram elaboradas a Tabela 5 e a Figura 2 que consolidam os valores encontrados.

Tabela 5 – Relação entre P24h e P1dia.

Estação	Relação Encontrada
Vidigal	1,23
Urca	1,20
Copacabana	1,14
Grajaú	1,50
Penha	1,60
Irajá	1,07
Bangu	1,14
Piedade	1,25
Saúde	1,19
Jardim Botânico	1,29
Jacarepaguá/Cidade de Deus	1,31
Guaratiba	1,19
Santa Cruz	1,01
Grande Méier	1,81
Grota Funda	1,21
Campo Grande	1,10
Laranjeiras	1,26

Figura 2 – Diferença percentual entre as relações P24h e P1dia em comparação ao valor preconizado por CETESB (1986).



Fonte: Os autores, 2016.

Da análise dos resultados, pode-se observar que não há um valor único de relação que represente a cidade do Rio de Janeiro. As estações pluviométricas apresentam relações muito distintas àquela preconizada por CETESB (1986), podendo a diferença atingir até 58%.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados das análises mostraram valores diferentes das relações P24h/P1dia aos preconizados na literatura, indicando que a relação não é única e tampouco constante. As relações são específicas para cada localidade, confirmando a variabilidade espacial das chuvas na cidade do Rio de Janeiro, justificada pelas suas distintas formas de relevo.

Dada a considerável variação das diferenças percentuais no entorno da constante 1,14, usualmente adotada na desagregação da chuva diária em chuva de 24 horas, recomenda-se que sua adoção, especificamente na cidade do Rio de Janeiro, seja feita de forma cautelosa, principalmente, nas avaliações das vazões de dimensionamento de estruturas hidráulicas para controle de cheias.

Deve-se ressaltar que as relações encontradas no âmbito do presente estudo se constituem em mais uma opção de consulta.

Para estudos futuros, recomenda-se a atualização da série histórica e a revisão das relações P24h/P1dia, a cada período, por exemplo, 10 anos, ou quando houver disponibilidade de dados de precipitação superiores a 30 anos de série histórica, atendendo ao recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E. D.; MASUTOMO, R.; ASSAD, M. L. L. Estimativa das precipitações máximas prováveis com duração de 24 horas e de 30 minutos, caso dos cerrados brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, 27:677-686, 1992.

BACK, A. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 391-398, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400009>.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 131-140, 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000100018>.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986, 466p.

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000100003>.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S.; ROSSKOFF, J. L. C. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 2010, vol.14, n.1, pp.46-54. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100007>.

FUNDAÇÃO GEO-RIO - Fundação Instituto Geotécnica. **Dados Pluviométricos**. Disponível em <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/download/dados-pluviometricos/>. Acesso em 12 de janeiro de 2016.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudança de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, v. 8, p.5-28, 2007.

MEHL, H. U.; ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; DIDONE, I. A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2001, vol.25, n.2 [cited 2016-10-29], pp.475-483. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200023>.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M.; FERREIRA, D.; OLIVEIRA, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 121-128, 2003. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662003000100020>.

PINTO, F. A.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F.; ALVES, A. R.; CECON, P. R. Estimativa de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais utilizando registros diários. **Eng. Agr.**, 16: 8-21, 1996.

SISTEMA ALERTA RIO. **Dados Meteorológicos - Dados Pluviométricos**. Disponível em <http://www.alertario.rio.rj.gov.br/download/dados-pluviometricos/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

SISTEMA ALERTA RIO. **Documentos. Relatórios Anuais de Chuva**. Disponível em <http://alertario.rio.rj.gov.br/documentos/relatorios-de-chuva/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; SIQUEIRA, G. A.; BACELAR, L. C. S. D. Vazão máxima de projeto: Metodologia para dimensionamento de bueiros em áreas agrícolas. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.17, p.49-56, 2011.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 1ª. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS e EDUSP, 1993. v. 1. 912 p.

VIEIRA, D. B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R.P. Análise das intensidades máximas de chuva em Pindorama (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 18: 255-260, 1994.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

AVALIAÇÃO DO DANO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO A PARTIR DE UMA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL BASEADA NO MODELO DE MAZARS

DAMAGE ASSESSMENT IN CONCRETE STRUCTURES FROM A COMPUTER SIMULATION BASED ON THE MODEL OF MAZARS

LAHIS SOUZA DE ASSIS¹; MICHÈLE CRISTINA RESENDE FARAGE¹; FLÁVIA DE SOUZA BASTOS¹;
ALDEMON LAGE BONIFACIO¹
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

lahis.assis@engenharia.ufff.br, michele.farage@ufff.edu.br, flavia.bastos@ufff.edu.br,
aldemon.bonifacio@engenharia.ufff.br

Resumo – O concreto – mistura heterogênea formada basicamente por cimento, água e agregados – é atualmente um dos materiais mais presentes na indústria da construção civil, sobretudo no Brasil. Apesar de ser um material simples, a previsão do comportamento de concretos é bastante complicada, uma vez que alterações na microestrutura do material implicam em mudanças em suas propriedades macroscópicas. Buscando avaliar o comportamento do concreto quando submetido a condições extremas – como grandes deformações provocadas por carregamento térmico, mecânico ou ambos – surge o conceito de dano, que pode ser definido de uma forma geral como a redução da rigidez do material. Dentro desse contexto, vários modelos – isotrópicos e anisotrópicos – foram propostos para descrever como ocorre a degradação do material, entre eles modelo de Dano de Mazars (1984) – escolhido para a análise realizada. De forma geral, este modelo considera que o processo de dano tem início quando o material atinge uma deformação limite, que corresponde à máxima tensão obtida em um ensaio de tração uniaxial. Para a realização da análise proposta considerou-se uma geometria bidimensional utilizando o programa comercial de elementos finitos ABAQUS, que permite ao usuário descrever modelos constitutivos específicos de materiais, incorporando ao mesmo requisitos de um problema particular. Para isso, implementou-se uma sub-rotina – chamada UMAT – desenvolvida em FORTRAN, a fim de avaliar o comportamento de estruturas de concreto sob condições extremas.

Palavras-chave: UMAT, Concreto, Dano, sub-rotina, Mazars.

Abstract - Concrete – mixture formed basically by cement, water and aggregates – is currently one of the most common materials in the construction industry, especially in Brazil. Although to be a simple material, concrete behavior prediction is complicated since changes in the microstructure of the material imply changes in their macroscopic properties. Seeking to evaluate the behavior of concrete when subjected to extreme conditions – such as large deformation caused by heat, mechanical loading, or both – arises the concept of damage, which can be defined in general as the reduction of rigidity of the material. In this context, various models-isotropic and anisotropic – have been proposed to describe the degradation of the material, including Damage model of Mazars (1984) – chosen for the analysis. In General, this model considers that the process of damage begins when the material reaches a deformation limit, which corresponds to the maximum voltage obtained in a uniaxial tensile test. To perform

the proposed analysis is considered a two-dimensional geometry using commercial finite element program ABAQUS, which allows the user to describe the constituent material-specific models, incorporating the same requirements for a particular problem. For that, it was implemented a subroutine – call UMAT – developed in FORTRAN, in order to evaluate the behavior of concrete structures under extreme conditions.

Keywords: UMAT, Concrete, Damage, subroutine, Mazars.

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 – Introdução e Objetivos

O concreto é um material heterogêneo e poroso largamente utilizado na indústria da construção civil, sobretudo no Brasil. Tal fato pode ser explicado por determinadas características específicas do material – como o baixo custo, a rapidez na execução, a não exigência de mão-de-obra com alto nível de especialização e a versatilidade de formar que o material pode assumir.

Apesar de ser um material relativamente simples, a previsão do comportamento do concreto é bastante complicada, o que se justifica, em parte, por sua heterogeneidade. Isso ocorre uma vez que, devido à sua microestrutura particular, o concreto está sujeito a sofrer alterações físicas e químicas quando submetido a situações extremas – como, por exemplo, elevadas temperaturas ou deslocamentos. Tais situações podem ocorrer acidentalmente – como no caso de incêndios – ou serem características próprias da estrutura construída – como em elementos de usinas nucleares ou repositórios de rejeitos radioativos.

Sendo assim, embora o concreto seja de uso muito difundido e com inúmeras observações experimentais que apontam para o seu comportamento não linear (Manzoli, 2010), existe uma lacuna para estudos de simulação numérica envolvendo essas leis constitutivas.

Tendo em vista a importância do concreto e as características particulares do material descritas acima, este artigo pretende simular o dano de um elemento de concreto, empregando o modelo de Dano de Mazars (1984) em um programa de elementos finitos.

1.2 – O Concreto

De acordo com Pedroso (2009), o concreto é o material construtivo mais utilizado pelo homem. Tal material é obtido, resumidamente, pelo endurecimento de uma mistura composta por cimento Portland, agregado graúdo, agregado miúdo e água.

Quando se trata de concretos, é importante salientar que as características mecânicas do material – módulo de Young e coeficiente de Poisson – são iguais para o material submetido à tração e à compressão. No entanto, o comportamento do material quando solicitado por um ou outro esforço é bastante distinto, principalmente no que se refere à resistência e à curva tensão-deformação.

II. O DANO

2.1 – A Mecânica do Dano

Segundo Álvares (1993) a teoria da mecânica do dano descreve a evolução do processo de degradação de um material partindo de uma configuração inicial íntegra até um estado no qual podem ser observadas micro e microfissuras.

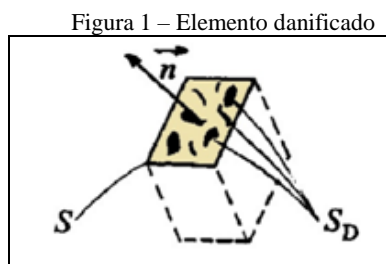
No caso de concretos, os modelos isotrópicos consideram que a variável dano é descrita por outras variáveis escalares relacionadas à tração e à compressão. A diferenciação dessas variáveis pretende representar o distinto comportamento do concreto para cada esforço. Cabe ressaltar que esses modelos apresentam certas limitações, uma vez que o concreto pode ser considerado isotrópico somente quando se comporta elasticamente.

A variável dano (D) varia de 0 a 1 e pode ser definida a partir da área disponível em um determinado elemento do material.

Sendo (S) a área da seção íntegra de um elemento de volume do material e (S_E) a área efetiva que resiste aos esforços, a equação (1) mostra que a área danificada (S_D) pode ser definida como:

$$S_D = S - S_E \quad (1)$$

A equação (1) pode ser representada graficamente pela Figura 1.



Fonte: Amaral, 2014.

Por definição, tem-se que:

$$D = S_D / S \quad (2)$$

A equação (1) e a equação (2) definidas acima mostram que quanto maior o dano ao qual o material está submetido maior a sua área danificada e, conseqüentemente, menor a sua área efetiva.

A partir da Lei de Hooke e da definição das áreas específica e danificada, segue que:

$$\sigma = (1-D)E \cdot \varepsilon \quad (3)$$

Com a equação (3), pode-se concluir que o aumento da variável dano implica diretamente em uma redução do módulo de Young do material, até um momento em que este se torna insignificante e a estrutura se rompe.

2.2 – O Modelo de Dano de Mazars

Como citado anteriormente, neste trabalho será adotado o modelo de Dano de Mazars (1984). Tal modelo foi escolhido sobretudo por sua simplicidade, uma vez que o mesmo foi elaborado com o objetivo de representar características experimentais observadas em ensaios uniaxiais de corpos de prova de concreto e, além disso, os parâmetros do modelo (A_t , A_c , B_t , B_c e ε_{d0}) são determinados facilmente através das curvas tensão-deformação do concreto.

Para que este modelo seja válido algumas hipóteses precisam ser consideradas. São elas:

- as deformações plásticas serão desprezadas, considerando-se assim apenas o regime elástico. Neste modelo, tais deformações serão substituídas por uma perda de rigidez do material através da redução do seu módulo de elasticidade pela variável dano;
- admite-se que o dano é isotrópico. No entanto, considera-se o diferente comportamento do concreto quando submetido à tração e à compressão;
- o dano é representado por uma variável escalar e começa a ocorrer quando um determinado valor limite da deformação equivalente (ε_{eq}) é atingido.

Como dito acima, o modelo de dano de Mazars (1984) considera que uma estrutura começa a ser danificada quando a deformação equivalente (ε_{eq}) – definida na equação (4) – sofrida pela mesma atinge um determinado valor limite (ε_{d0}), que é considerado um parâmetro do modelo. Em outras palavras, neste modelo a degradação ocorre pela microfissuração da estrutura, causada basicamente por tensões de tração.

$$\varepsilon_{eq} = \sqrt{(\varepsilon_1)_+^2 + (\varepsilon_2)_+^2 + (\varepsilon_3)_+^2} \quad (4)$$

De acordo com as hipóteses consideradas no modelo, consideram-se leis de dano distintas para tração e compressão, como mostram a equação (5) e a equação (6), respectivamente.

$$D_t = 1 - \left[\frac{\varepsilon_{d0}(1-A_t)/\varepsilon_{eq}}{A_t / \exp[B_t(\varepsilon_{eq} - \varepsilon_{d0})]} \right] \quad (5)$$

$$D_c = 1 - \left[\frac{\varepsilon_{d0}(1-A_c)/\varepsilon_{eq}}{A_c / \exp[B_c(\varepsilon_{eq} - \varepsilon_{d0})]} \right] \quad (6)$$

A variável dano (D) será então uma combinação linear de (D_t) e (D_c), como mostra a equação (7).

$$D = \alpha_t D_t + \alpha_c D_c \quad (7)$$

O parâmetro β é utilizado para melhorar o comportamento ao cisalhamento do modelo e seu valor sugerido pela literatura é 1.06, para o concreto. Os valores α_t e α_c são obtidos a partir da equação (8) e equação (9), respectivamente.

$$\alpha_t = \sum H_i [\varepsilon^t_{(i)} (\varepsilon^t_{(i)} + \varepsilon^c_{(i)}) / \varepsilon_{eq}] \quad (8)$$

$$\alpha_c = \sum H_i [\varepsilon^c_{(i)} (\varepsilon^c_{(i)} + \varepsilon^t_{(i)}) / \varepsilon_{eq}] \quad (9)$$

III. METODOLOGIA

As análises foram realizadas utilizando o programa comercial de elementos finitos ABAQUS 6.11, que permite ao usuário descrever ou modificar modelos constitutivos específicos de materiais. Para isso, implementou-se uma sub-rotina – chamada UMAT desenvolvida em FORTRAN – a fim de modelar estruturas de concreto sob condições extremas e avaliar o efeito do dano mecânico quando deslocamentos são aplicados. O fluxograma dessa sub-rotina pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da Sub-rotina



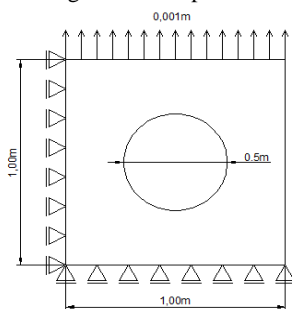
Fonte: Autores, 2016.

IV. PROBLEMAS ANALISADOS

4.1 – Chapa Vazada

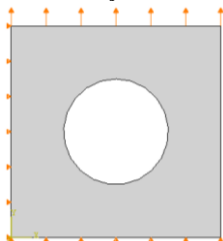
Inicialmente, foi proposta uma geometria bidimensional vazada com 1m de lado e um furo central de raio 0.5m. Foram consideradas restrições de deslocamento na aresta lateral esquerda e inferior e um deslocamento positivo de 0.001m foi aplicado na aresta superior, como mostram a Figura 3 e a Figura 4.

Figura 3 – Chapa Vazada



Fonte: Autores, 2016.

Figura 4 – Condições de Contorno



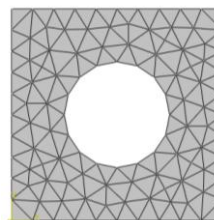
Fonte: Autores, 2016.

Para fins de realização da análise, a geometria proposta foi discretizada em 174 elementos triangulares planos de 3 nós, como pode ser observado na Figura 5.

Como parâmetros do material foram adotados módulo de elasticidade de 30000MPa e coeficiente de Poisson de

0.2. Como parâmetros do modelo foram adotados os valores mostrados na Tabela 1.

Figura 5 – Malha Proposta



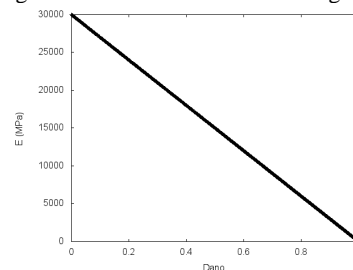
Fonte: Autores, 2016.

Tabela 1 – Parâmetros do Modelo.

Parâmetro	Valor Adotado
A_t	0.8
B_t	20000
A_c	1.4
B_c	1850
ε_{d0}	0.0001

A partir desses dados, analisou-se a curva $E \times D$ mostrada na Figura 6, que capta a linearidade na evolução de E com os incrementos de dano, indicando a eficácia da UMAT implementada, que foi capaz de reproduzir adequadamente o comportamento adotado para o material.

Figura 6 – Curva Módulo de Young X Dano

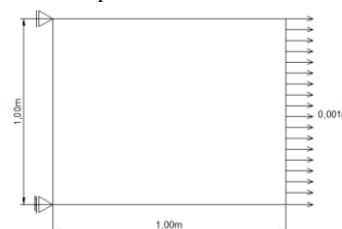


Fonte: Autores, 2016.

4.2 – Chapa em Estado Plano de Tensão

Para que fosse possível a validação da UMAT implementada através da comparação dos resultados obtidos com a literatura, analisou-se a configuração geométrica proposta por Penna (2011). Tal geometria, que é uma chapa em estado plano de tensão, pode ser vista na Figura 7.

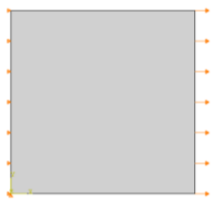
Figura 7 – Chapa em Estado Plano de Tensão



Fonte: Autores, 2016.

Em relação às condições de contorno, na borda esquerda o deslocamento na vertical e na horizontal foi restringido. Já na borda direita foi aplicado um deslocamento de 0,001m, como mostra a Figura 8.

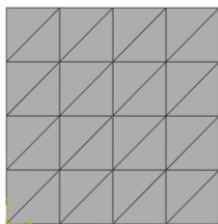
Figura 8 – Condições de Contorno



Fonte: Autores, 2016.

A geometria proposta foi discretizada em 32 elementos triangulares planos de 3 nós, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Discretização proposta



Fonte: Autores, 2016.

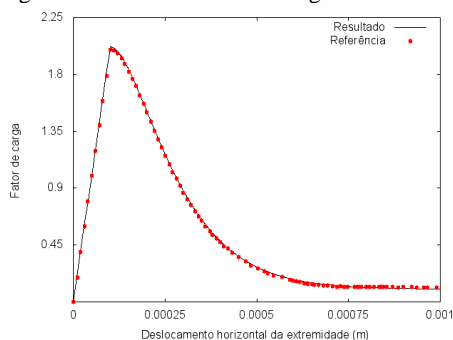
Como parâmetros do material foram adotados módulo de elasticidade de 20000MPa e coeficiente de Poisson de 0.2. Como parâmetros do modelo foram adotados os valores mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros do Modelo.

Parâmetro	Valor Adotado
A_t	0.95
B_t	10000
A_c	1.0
B_c	3000
ϵ_{d0}	0.0001

Primeiramente analisou-se a relação entre o fator de carga e o deslocamento horizontal da extremidade. Espera-se que essa relação seja linear até o momento em que o material começa a sofrer dano. Os resultados encontrados por Penna (2011) e os resultados obtidos neste trabalho podem ser vistos na Figura 10.

Figura 10 – Curvas Fator de Carga X Deslocamento

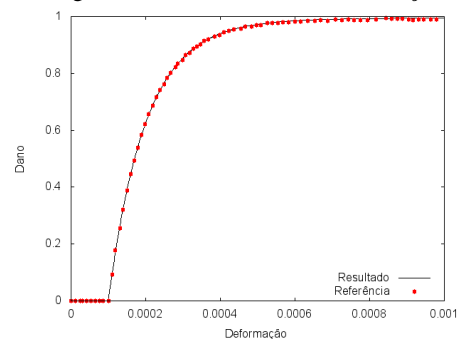


Fonte: Autores, 2016.

Outros parâmetros a serem avaliados foram a relação entre o dano e a deformação e entre a integridade e a deformação. Espera-se que com o aumento do dano – ou com a diminuição da integridade – as deformações aumentem de forma cada vez mais rápida.

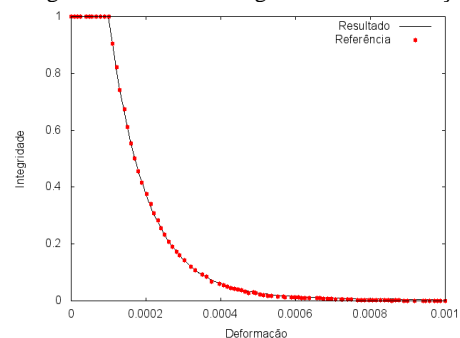
Os resultados encontrados por Penna (2011) e os resultados obtidos neste trabalho podem ser vistos nas Figura 11 e na Figura 12.

Figura 11 – Curvas Dano X Deformação



Fonte: Autores, 2016.

Figura 12 – Curvas Integridade X Deformação



Fonte: Autores, 2016.

A observação das curvas mostradas indica que os resultados encontrados neste trabalho foram idênticos aos encontrados na literatura, comprovando assim a validade da UMAT implementada.

4.3 – Viga em Estado Plano de Tensão

A título de ilustração, empregou-se o modelo aqui implementado para analisar o problema proposto por Penna (2011), consistindo em uma viga biapoada em estado plano de tensão com 150mm de largura, mostrada na Figura 13.

Neste caso, o autor teve por objetivo representar a ocorrência de fissuras na região tracionada da viga, conforme indicado na Figura 13.

Figura 13 – Curvas Integridade X Deformação



Fonte: Autores, 2016.

Na referência utilizada, os resultados foram obtidos a partir do controle do deslocamento vertical do nó central inferior, sendo que o máximo deslocamento atingido foi de aproximadamente 1.35mm. Como forma de simular essa situação, aplicou-se deslocamentos em todos os nós, obedecendo à equação da linha elástica para essa configuração, de forma que a flecha máxima fosse de 1.35mm, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Condições de Contorno

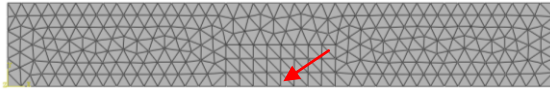


Fonte: Autores, 2016.

V. CONCLUSÃO

A geometria proposta foi discretizada em 538 elementos triangulares planos de 3 nós, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Discretização Proposta



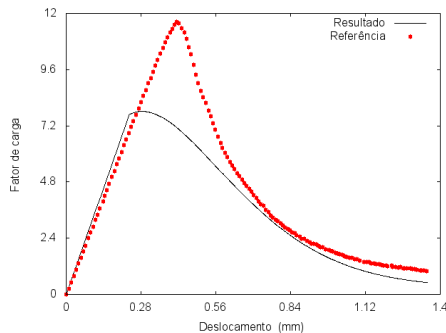
Fonte: Autores, 2016.

Como parâmetros do material foram adotados módulo de elasticidade de 20000MPa e coeficiente de Poisson de 0.2. Como parâmetros do modelo foram adotados os valores mostrados na Tabela 1, com a exceção que na região fissurada considerou-se ϵ_{d0} igual a 0.00008.

Como mencionado, os resultados foram analisados em relação ao nó inferior central. No entanto, em uma UMAT não é possível obtermos valores nodais, mas sim valores médios em cada elemento. Dessa forma, neste trabalho os resultados foram analisados em relação ao elemento indicado na Figura 15.

A partir dos dados apresentados, foi analisada a relação entre o fator de carga e o deslocamento, como mostra a Figura 16.

Figura 16 – Curvas Fator de Carga X Deslocamento



Fonte: Autores, 2016.

As diferenças entre resultados aqui obtidos e os da referência podem ser justificadas pelos seguintes motivos:

- Penna (2011) adotou o Modelo de Mazars Simplificado, que emprega apenas dois parâmetros do material, enquanto o presente trabalho usa o Modelo de Mazars com 6 parâmetros;
- A modelagem geométrica adotada pode ter gerado diferenças nas dimensões da região fissurada da viga – que, em ambas as aplicações, é representada como se fosse composta por um material diferente do restante da estrutura;
- Empregaram-se aqui elementos triangulares de 3 nós, enquanto na referência foram adotados quadriláteros de 8 nós.

Pretende-se, como continuidade deste trabalho, estabelecer uma relação entre os parâmetros adotados nos dois modelos – Mazars (1984) e Mazars Simplificado (1984) - através de um ajuste de parâmetros. Tal experimento pode ser realizado com a ajuda de ferramentas como o SWADE, desenvolvido no PGMC da UFJF por Bonifácio et al. (2014).

As análises realizadas neste estudo preliminar têm por objetivo verificar a eficácia da implementação da sub-rotina UMAT que incorpora o modelo de Dano de Mazars.

Nos dois primeiros problemas implementados, foi possível observar claramente através dos resultados apresentados que a sub-rotina implementada foi capaz de representar as características do modelo considerado. No entanto, para o terceiro caso percebe-se que há a necessidade de um ajuste nos parâmetros considerados para que os resultados encontrados no Modelo de Dano de Mazars (1984) se aproximem dos resultados obtidos na literatura para o Modelo de Dano de Mazars Simplificado (1984).

Pretende-se, em uma segunda etapa deste estudo, adaptar o programa para análise de programas termo-mecânicos com a ocorrência de dano.

VI. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Juiz de Fora e à FAPEMIG, à CAPES e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVARES, M.. **Um modelo de dano para o concreto: formulação, identificação paramétrica e aplicação com o emprego do método dos elementos finitos**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos (USP), São Carlos, 1993.

AMARAL, R. O.. **Análise computacional termo-mecânica de estruturas de concreto sujeitas a temperaturas elevadas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

BONIFÁCIO, A. L., AMARAL, R. O., ROOKE, F., BARBOSA, C. B., FARAGE, M. C. R.. **Implementação de uma heurística para ajuste de parâmetros de um modelo de mecânica computacional usando um sistema de workflow científico distribuído**. XI Simpósio de Mecânica Computacional. Juiz de Fora, SIMMEC, 2014.

MANZOLI, O., RODRIGUES, E., CLARO, G., MOTTA, C.. **Simulação do comportamento não linear de materiais quase-frágeis via elementos finitos com fissura embebida**. Mecânica Computacional 29, 5341-5356, 2010.

MAZARS, J.. **Application de la mécanique de l'endommagement au comportement non linéaire et à la rupture du béton de structure**. Tese de Doutorado, Université Pierre et Marie Curie, France, 1984.

PEDROSO, F.. **Concreto : as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Concreto e Construções 53, 14-19, 2009.

PENNA, S.. **Formulação multipotencial para modelos de degradação elástica: unificação teórica, proposta de novo modelo, implementação computacional e modelagem de estruturas de concreto**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2011.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS SÍSMICOS

BEHAVIOR OF GRAVITY WALLS WHENB SUBJECTED TO SEISMIC LOADS

SIEIRA, A. C. C. F.¹; KURZ, T. P. G.², SANTOS DA SILVA, J. G.¹

1 - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO; 2 - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

sieira@eng.uerj.br; engenheira_tatiana@yahoo.com.br; jgss@uerj.br

Resumo – Muros de gravidade são estruturas dimensionadas para resistir às tensões horizontais a partir do peso próprio. Em regiões sujeitas a ação de terremotos, faz-se necessária a análise do efeito do carregamento dinâmico no comportamento da estrutura. O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de um muro de gravidade quando submetido a carregamentos sísmicos. Foi realizada uma análise paramétrica submetendo o modelo a dois carregamentos sísmicos reais, obtidos no banco de dados de terremotos da U.S. Geological Survey (USGS). As análises numéricas foram executadas com o programa computacional Plaxis, de elementos finitos. Como principais conclusões, destaca-se a potencialidade do Plaxis, principalmente quanto a sua capacidade de utilização dos acelerogramas disponibilizados em arquivos previamente programados para essa finalidade.

Palavras-chave: Muros de Gravidade, Sismos, Análise Dinâmica, Análises Paramétricas, Modelagem Numérica.

Abstract - Gravity walls are structures dimensioned to support the horizontal tensions arising from the backfill own weight. In areas subjected to earthquakes action, in many situations of the design practice is necessary to evaluate the effect of the dynamic loadings on the behaviour of the investigated structural system. This way, this research work aims to analyse the behaviour of a gravity wall, when subjected to seismic loadings. To do this, extensive parametric analyses were performed, by simulating two real seismic loading situations, obtained in the earthquakes data of US Geological Survey (USGS), considering a developed finite element model. The numerical analyses were performed based on the use of the finite element program Plaxis. The potential of Plaxis was evaluated positively, especially regarding their ability to use available accelerograms in files previously programmed for this purpose. As main conclusions, the authors would like to emphasize that the developed analysis methodology proved to be able to predict the behavior of gravity walls when subjected to seismic loads.

Keywords: Gravity Walls, Earthquakes, Numerical Modeling, Parametric Analyses.

I. INTRODUÇÃO

O colapso de estruturas de contenção devido a fenômenos sísmicos é um problema geotécnico significativo em regiões onde a incidência de terremotos é frequente. O oeste da América do Sul é uma das regiões de maior incidência de terremotos, concentrando aproximadamente 85% dos terremotos que ocorrem neste Continente.

A engenharia sísmica geotécnica tem por objetivo analisar esses casos, estimando a magnitude dos deslocamentos e verificando a influência dos parâmetros de projeto na estabilidade do sistema formado entre a estrutura e o solo adjacente.

Segundo Menezes (1990), o colapso total resultante de ações sísmicas em muros de contenção situados acima do nível freático parece ser pouco frequente. Entretanto, a possibilidade de ocorrerem deslocamentos significativos devidos ao aumento das pressões laterais deve ser levada em consideração durante a fase de dimensionamento. Além disso, Menezes (1990) acrescenta que as estruturas de contenção que se prolongam abaixo do nível freático são as que mais sofrem com os efeitos dinâmicos, visto que o colapso deve ocorrer, provavelmente, pelo efeito combinado de três fatores: o aumento das pressões laterais na parte posterior do muro, a diminuição da pressão de água à frente do muro e a diminuição da resistência ao cisalhamento do solo suportado devido ao aumento das poropressões gerado pela excitação sísmica.

A ruptura de um muro de contenção pode causar danos econômicos, financeiros e sociais significativos, além de eventual perda de vidas. Logo, diante de uma alta probabilidade de ocorrência de terremotos e de suas inegáveis consequências à segurança e durabilidade de um muro de contenção, faz-se necessário que o engenheiro efetue o dimensionamento do muro considerando os carregamentos dinâmicos oriundos do fenômeno sísmico.

A Engenharia Sísmica Geotécnica é uma especialidade dentro da Engenharia Geotécnica, que compreende o estudo de obras geotécnicas que resistam aos efeitos de sismos. É uma área multidisciplinar, que exige conhecimento de geologia, geotecnia, sismologia e engenharia sísmica.

Segundo Day (2002), a análise de um projeto no âmbito da engenharia sísmica geotécnica envolve diversas atividades. Em se tratando de muros de contenção, pode-se citar: (a) Determinação dos parâmetros do terremoto de projeto, ou seja, previsão numérica de um terremoto padrão de acordo com as características locais; (b) Determinação do valor do carregamento dinâmico causado pelo terremoto de projeto; (c) Previsão dos deslocamentos verticais devidos ao assentamento da estrutura submetida ao terremoto de projeto; (d) Verificação dos parâmetros de projeto para a fundação, tais como a tensão admissível do solo de fundação e a capacidade de carga, de modo que a fundação não

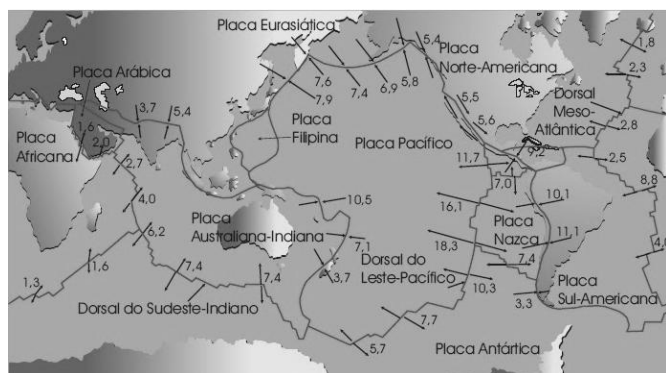
apresente falha de capacidade de suporte quando da atuação do terremoto de projeto; (e) Investigação da estabilidade de taludes para as forças e empuxos adicionais impostos ao solo, decorrentes do terremoto de projeto; (f) Investigação dos efeitos do movimento do solo devido às forças sísmicas sobre a estrutura projetada, e determinação de parâmetros de projeto adequados aos deslocamentos previstos; e (g) Investigação da possibilidade de liquefação do solo quando submetido ao terremoto de projeto.

1.1. Incidência de Terremotos no Brasil

O USGS (*U.S. Geological Survey*, o Instituto de pesquisas geológicas dos EUA) registrou a ocorrência de mais de 16.000 terremotos em todo mundo no ano de 2013. A maioria dos terremotos ocorre nas regiões próximas às zonas de contato entre as placas tectônicas, mas também ocorrem terremotos em regiões intraplacas, como o Brasil.

O oeste da América do Sul apresenta a maior incidência de terremotos do continente, concentrando em torno de 85% dos casos. O Brasil encontra-se a leste, localizando-se no interior da placa tectônica da América do Sul (ou placa Sul-americana), como apresentado na Figura 1. A localização do país, entretanto, não impede a ocorrência de tremores de terra causados por terremotos.

Figura 1 - Placas tectônicas

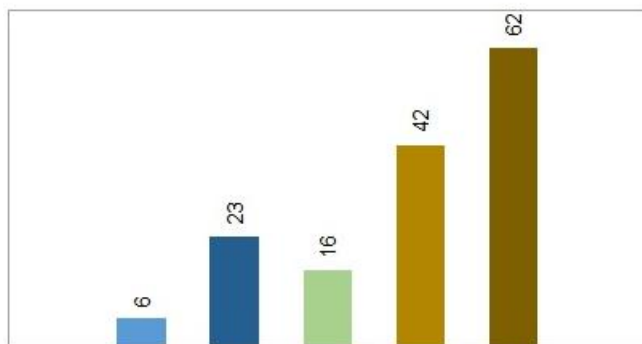


Fonte: SIS/UnB

O banco de dados do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (SISBRA) apresenta a ocorrência de 149 terremotos no Brasil entre os anos de 2009 e 2013 (Figura 2).

Figura 2 - Terremotos no Brasil. Período: 2009 a 2013

■ 2013 ■ 2012 ■ 2011 ■ 2010 ■ 2009



EVENTOS POR ANO
Fonte: SIS/UnB

A sismicidade observada no Brasil é menor do que em outras regiões intraplacas semelhantes, como são os casos

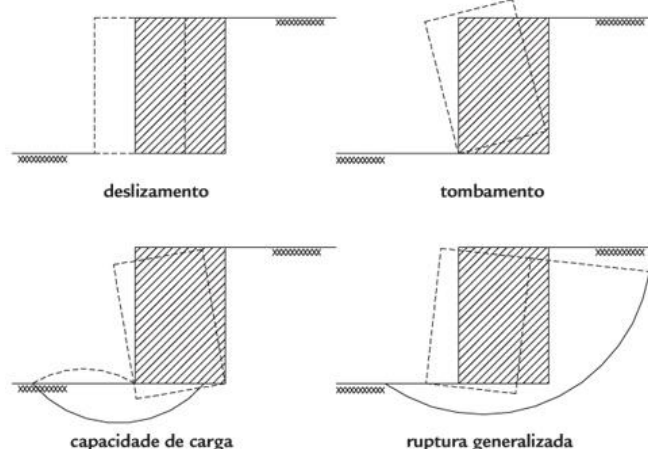
do leste da América do Norte, Índia, África e Austrália. Nessas regiões, já foram observados grandes terremotos, como, por exemplo, os de Nova Madri (EUA), em 1811 e 1812, com magnitudes 8.2 e 8.0, respectivamente (adaptado de Johnston, 1989).

Os eventos registrados no Brasil apresentam-se em baixa quantidade e, principalmente, intensidade, se comparados com outras regiões da Terra. Por esse motivo, os estudos na área de engenharia sísmica no Brasil não são expressivos, e ocorrem em especial para aplicação em grandes projetos como usinas nucleares e hidroelétricas que, em geral, obedecem a normas internacionais específicas. Cabe ressaltar que no Brasil, a norma regulamentadora quanto ao projeto de estruturas submetidas a sismos é a ABNT NBR 15421: 2006.

1.2. Muros de Gravidade Submetidos a Carregamentos Sísmicos

Muros de gravidade são estruturas dimensionadas para resistir aos esforços atuantes através de seu peso próprio. A estabilidade externa do muro é verificada segundo 4 critérios: (1) possibilidade de deslizamento na base do muro, (2) possibilidade de tombamento do muro, (3) capacidade de carga do terreno de fundação, e (4) ruptura global, ilustrados na Figura 3.

Figura 3 - Critérios de estabilidade de muros de gravidade



A distribuição dos empuxos no paramento do muro, bem como a distância da resultante do empuxo com relação à base do muro, sofre alteração quando submetidos a efeitos sísmicos. Se estes efeitos não são mensurados na ocasião de projeto, a estabilidade do muro pode ser comprometida.

Métodos pseudo-estáticos são largamente utilizados no dimensionamento de muros de gravidade submetidos a carregamentos sísmicos. O mais tradicional é o método de Mononobe-Okabe, desenvolvido por Mononobe e Matsuo (1929) e Okabe (1926). A teoria é baseada no método de Coulomb, acrescentando ao sistema de forças as componentes pseudo-estáticas que são calculadas a partir de coeficientes sísmicos horizontais e verticais. As forças atuantes no paramento do muro e seus respectivos pontos de aplicação são calculadas, permitindo determinar um fator de segurança à ruptura da estrutura. A limitação do método é não fornecer as deformações devidas ao carregamento dinâmico.

Segundo Fernandes (2011), nas regiões onde a ação sísmica ocorre de forma elevada ou moderada o dimensionamento de muros de gravidade é, geralmente,

condicionado pelas ações sísmicas e não pelos carregamentos estáticos.

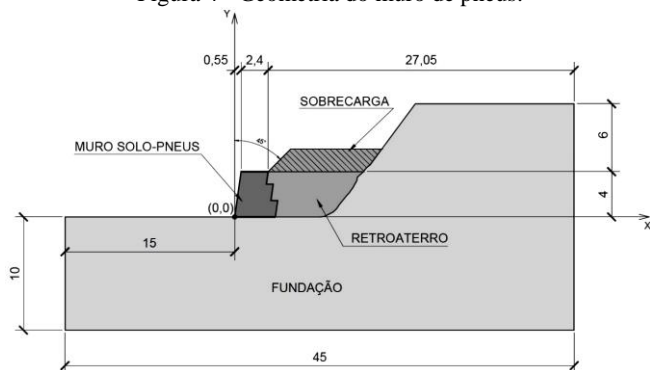
Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de carregamentos sísmicos na estabilidade de muros de gravidade. Para tanto, foi executada uma análise numérica com o programa computacional Plaxis, de elementos finitos.

II. CASO DE ESTUDO INVESTIGADO

Sieira (1998) analisou numericamente o comportamento de um muro de gravidade constituído de pneus e solo. Este muro foi escolhido para as análises por se tratar de um muro de gravidade flexível instrumentado. O muro apresenta uma seção transversal constituída de 6 pneus na base (3,6 m) e 4 pneus no topo (2,4 m), como ilustra a Figura 4, e é formado por pneus inteiros, preenchidos com solo compactado e amarrados com corda de polipropileno.

O processo construtivo do muro foi reproduzido numericamente a partir do programa Plaxis (Brinkgreve, 1998), de elementos finitos, confrontando-se os deslocamentos horizontais medidos pelos inclinômetros com os deslocamentos previstos pelo programa.

Figura 4 - Geometria do muro de pneus.



Fonte: Sieira (1998)

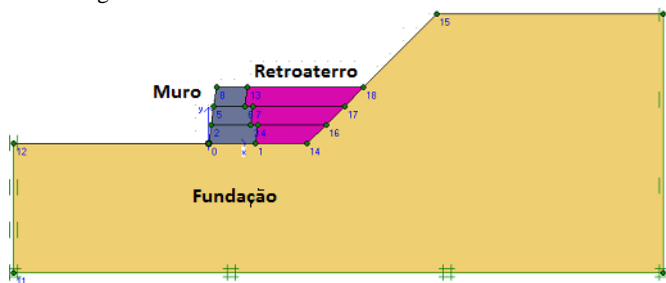
Os parâmetros adotados no estudo estão apresentados na Tabela 1. Estes parâmetros foram definidos por Sieira (1998) com base em ensaios de campo e laboratório executados no local, e a partir de retroanálises dos dados da instrumentação de campo. A Figura 5 apresenta a geometria adotada nas análises numéricas.

Tabela 1. Parâmetros geotécnicos e modelos constitutivos adotados

Material	Modelo	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	ν
Muro de pneus	Linear Elástico	15,5	-	-	1,8	0,30
Retroaterro	Mohr Coulomb	17,0	13	35	6,0	0,35
Fundação	Mohr Coulomb	17,0	20	28	35	0,35

Legenda: γ = peso específico natural; c' = coesão do solo, ϕ' = ângulo de atrito do solo; E = módulo de deformabilidade, ν = coeficiente de Poisson.

Figura 5 - Geometria adotada nas análises numéricas.



Fonte: Sieira (1998)

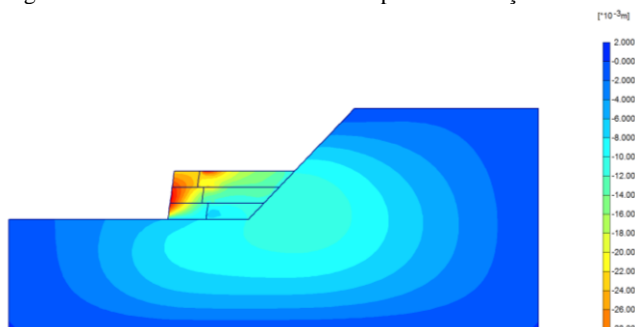
A Figura 6 confronta os deslocamentos horizontais previstos numericamente e os medidos em campo (inclinômetros), no final de construção do muro. Observa-se uma concordância adequada entre os resultados, indicando que os modelos constitutivos e os parâmetros geotécnicos adotados são representativos da condição de campo. A partir desta etapa, procedeu-se à análise do comportamento de muros de gravidade flexíveis submetidos a carregamentos sísmicos.

III. ANÁLISES NUMÉRICAS COM SISMOS

Em uma fase preliminar, o modelo numérico foi submetido a uma análise estática, de forma a avaliar o comportamento do empuxo atuante no modelo estático e o incremento causado pela ação do terremoto.

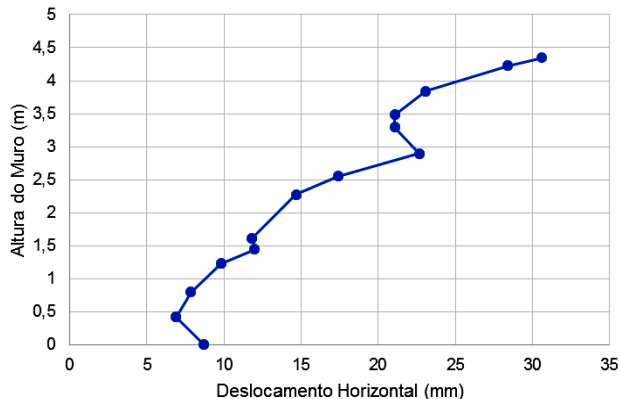
As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, os deslocamentos horizontais após a execução do muro, e uma vertical dos deslocamentos horizontais no tardoz do muro. Os resultados indicam deslocamentos horizontais máximos de 30 mm.

Figura 6 - Deslocamentos horizontais após a construção do muro.



Fonte: Kurz (2014)

Figura 7 - Deslocamentos horizontais (mm) vs Altura (m) atrás do muro.



Fonte: Kurz (2014)

Posteriormente, o modelo inicial foi submetido a carregamentos sísmicos gerados por dois terremotos reais, ocorridos em março de 2014, mediante análise dinâmica. O terremoto de menor magnitude de momento ($M_w=3,6$) ocorreu em Berkeley, na Califórnia, no dia 21 de abril de 2006. Por outro lado, o terremoto com maior magnitude ($M_w=6,8$) ocorreu em 10 de março de 2014, a oeste-noroeste de Ferndale (cidade localizada no estado americano da Califórnia, no Condado de Humboldt). A magnitude de momento M_w é a escala moderna de classificação de terremotos, e mede a energia liberada pelo terremoto, em escala logarítmica, representando de forma adequada os danos que possam ser causados devido ao sismo.

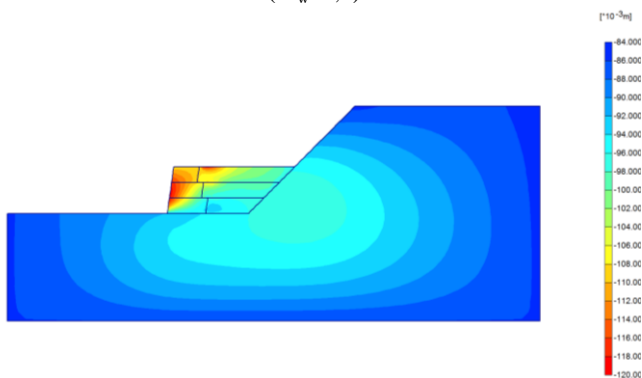
O banco de dados da USGS (*US Geological Survey*) disponibiliza tipos diferentes de registros ao longo do tempo, tais como registros de aceleração, velocidade ou deslocamento. São registrados terremotos com magnitude de momento com valor acima de 3,5.

Os arquivos de dados (de extensão.SMC) apresentam dados importantes para a caracterização de um terremoto, como sua localização, a magnitude de momento, a distância epicentral (distância entre o epicentro e o local do sismo) e a máxima aceleração ocorrida durante o carregamento sísmico. A taxa de amostragem de dados é, em geral, de 200 registros por segundo e o valor das acelerações é registrado em cm/s^2 .

O programa de elementos finitos adotado (programa Plaxis) introduz os carregamentos sísmicos através dos acelerogramas, efetuando automaticamente a leitura de dados de arquivos com as leituras de acelerações horizontais ao longo do tempo. Foram utilizados os arquivos com dados corrigidos de aceleração horizontal ao longo do tempo (*correct acceleration data*), ou seja, acelerogramas onde foram eliminadas possíveis interferências causadas pelos instrumentos de medição ou possíveis contaminações devido a ruídos.

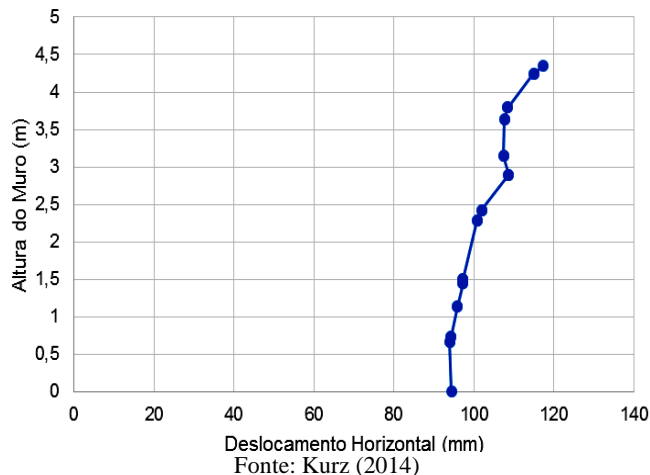
Deste modo, a Figura 8 apresenta as deformações horizontais no sistema fundação-muro-retroaterra após o tempo de 60 segundos de sismo. O valor do deslocamento horizontal máximo é da ordem de 120 mm, conforme pode ser observado com clareza na Figura 9.

Figura 8 - Deslocamentos horizontais após 60 s de sismo ($M_w=3,6$).



Fonte: Kurz (2014)

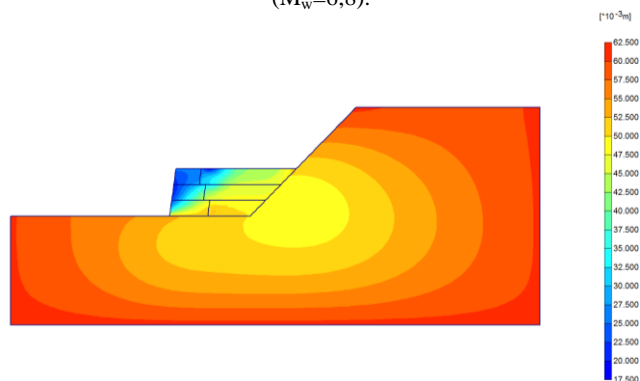
Figura 9 - Deslocamentos horizontais (mm) vs Altura (m) atrás do muro ($M_w = 3,6$).



Fonte: Kurz (2014)

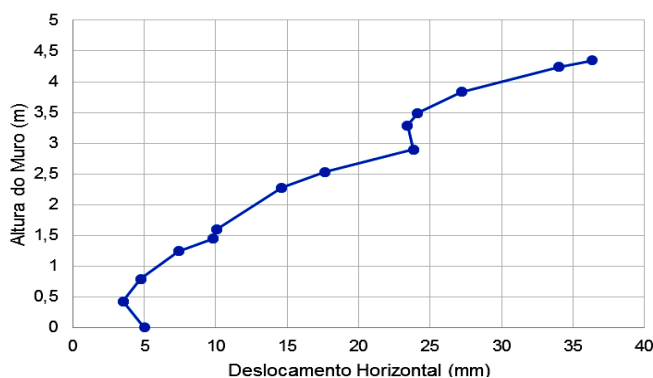
Na sequência do estudo, a Figura 10 apresenta as deformações horizontais no sistema fundação-muro-retroaterra, com referência ao terremoto $M_w = 6,8$. Pode-se verificar a inversão do sentido dos deslocamentos, ocasionado pelos movimentos sísmicos, gerando deformações, ao final dos 60 s, que apresentam valores inferiores aqueles obtidos na análise estática apresentada anteriormente (Figuras 6 e 7); e, também, com relação à análise numérica associada ao terremoto de $M_w = 3,6$ (Figuras 8 e 9). Neste caso, o valor do deslocamento horizontal máximo é da ordem de 37 mm (Figura 11).

Figura 10 - Deslocamentos horizontais após 60 s de sismo ($M_w=6,8$).



Fonte: Kurz (2014)

Figura 11 - Deslocamentos horizontais (mm) vs Altura (m) atrás do muro ($M_w = 6,8$).



IV. CONCLUSÕES

Este trabalho de pesquisa analisou numericamente, via Método dos Elementos Finitos (MEF), com base emprego do programa Plaxis, o comportamento estrutural de um muro de gravidade submetido a carregamentos sísmicos.

Após a validação de um modelo numérico inicial, o muro de gravidade foi submetido a carregamentos sísmicos gerados com base no emprego de dois terremotos reais ocorridos em março/2014. O terremoto de menor magnitude de momento ($M_w=3,6$) ocorreu em Berkeley/Califórnia, e o terremoto com maior magnitude ($M_w=6,8$) ocorreu a oeste-noroeste de Ferndale/Califórnia (Condado de Humboldt).

O programa Plaxis, mostrou-se uma ferramenta capaz de prever o comportamento de muros de gravidade sujeitos a carregamentos sísmicos. O programa permite a utilização de acelerogramas disponibilizados em arquivos previamente programados.

Os resultados obtidos em relação aos valores dos deslocamentos horizontais foram coerentes com o esperado, com uma inversão no sentido dos deslocamentos, ocasionada pelos movimentos sísmicos mais acentuados.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRINKGREVE, R. B. J. (1998) **Manual PLAXIS Finite Element Code for Soil and Rock Analyses 2D version 8**. A. A. Balkelma.

DAY, R. W. (2002). **Geotechnical Earthquake Engineering Handbook**. McGRAW-HILL.

FERNANDES, M. M. (2011). **Mecânica dos Solos**, Volume II. Introdução à Engenharia Geotécnica, 2ª Edição, FEUP.

JOHNSTON, A.C. (1989). **The seismicity of “Stable Continental Interiors”**. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Causes and Effects of Earthquakes at Passive Margins and in Areas of Postglacial Rebound on both sides of the North Atlantic. Observatório Sismológico da Universidade de Brasília.

KURZ, T. P. G. (2014). **Análise paramétrica de um muro de gravidade submetido a carregamentos sísmicos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 211p.

MENEZES, J. E. T. Q. (1990). **Análise Dinâmica de Estruturas de Suporte de Terras**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto.

MONONOBE, N. e MATSUO, H. (1929). **On the determination of Earth pressures during earthquakes**. Proceedings of the world Engineering Congress. Tokyo, Japan.

OKABE, S. (1926). **General theory on earth pressure and seismic stability of retaining and dam**. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Japan.

SIEIRA, A. C. C. F. S. (1998). **Análise do Comportamento de um Muro de Contenção Utilizando Pneus**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SISBRA. Observatório Sismológico de Brasília. <http://www.obsis.unb.br/index.php?lang=pt-br>

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

EFICIÊNCIA DA TÉCNICA DE CONSOLIDAÇÃO PROFUNDA RADIAL CPR GROUTING NO ENRIJECIMENTO DE SOLOS MOLES

CONSOLIDATION RADIAL DEEP CPR GROUTING: EFFICIENCY IN COMPRESSIBLE SOIL TREATMENT

SIEIRA, A. C. C. F.¹; LIMA, A. P.²; CHAVÃO, A. O.¹; GONDARIZ, L. J. C. ¹

1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO; 2 – UNIVERSIDADE VEIGA DE ALMEIDA

sieira@eng.uerj.br; andre@geoinfra.com.br ; amandaottolini@gmail.com; leogondariz@gmail.com

Resumo – A técnica de Consolidação Profunda Radial (CPR Grouting) consiste no bombeamento de argamassa no interior da camada de solo mole sob elevadas pressões, intercaladas com geodrenos. O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de dois aterros experimentais instrumentados (aterro teste A e aterro teste B), localizados no Recreio dos Bandeirantes, RJ. O aterro teste A foi construído sobre uma camada de argila mole de 8,0 m de espessura, onde foram instalados geodrenos para a aceleração dos recalques. Na área do aterro teste B, além da instalação de geodrenos, foi realizado o tratamento do solo compressível através da técnica de Consolidação Radial Profunda (CPR Grouting). Observou-se uma redução significativa dos recalques sobre o solo tratado, uma diminuição dos deslocamentos horizontais, e uma aceleração expressiva dos recalques.

Palavras-chave: Consolidação Profunda Radial. Solos Moles. Recalques.

Abstract - The Deep Radial Consolidation technique (CPR Grouting) is the grout pumping inside the soft soil layer under high pressure, interspersed with geodrains. This study aims to analyze the behavior of two instrumented experimental landfills (landfill test A and landfill test B), located in Recreio, Rio de Janeiro. The landfill test was built on a layer of soft clay of 8.0 m thick, which were installed geodrains for acceleration of settlements. In the area of the landfill test B, in addition to geodrains installation was carried out the treatment of a compressible soil through Radial Depth consolidation technique (CPR grouting). There was a significant reduction in settlements on the treated soil, a decrease of the horizontal displacements, and a significant acceleration of settlements.

Keywords: CPR Grouting, Soft Soils, Settlements

I. INTRODUÇÃO

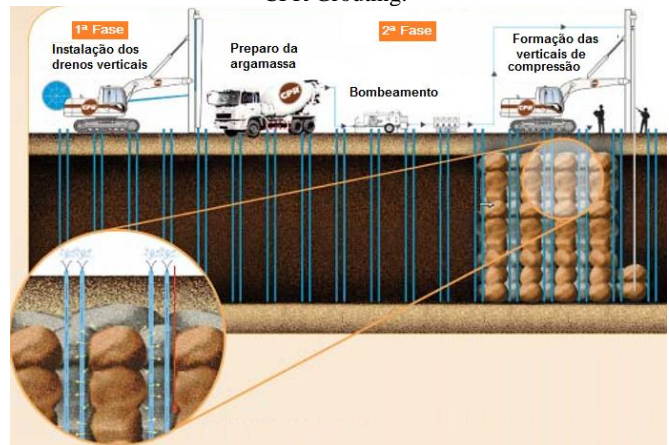
A falta de espaço para construção de novos empreendimentos nos grandes centros, associada ao crescimento do setor da construção civil, incentivaram a prospecção de novas áreas para a construção. O avanço tecnológico, com as técnicas de tratamento de solo, permitiu a execução de obras em solos moles que anteriormente seriam economicamente ou tecnicamente inviáveis.

Os solos moles, em geral, apresentam grande complexidade, sob o ponto de vista da Geotecnia, pois são solos de baixa resistência, alta compressibilidade e baixa permeabilidade. A escolha de soluções construtivas de

aterro sobre solos moles deve ser cautelosa, pois o carregamento gerado pode causar rupturas decorrentes da baixa capacidade de suporte, deslocamentos excessivos devido à alta compressibilidade, e recalques pós-construtivos em virtude da baixa permeabilidade do solo.

A Consolidação Profunda Radial (CPR Grouting) é uma técnica de tratamento de solos moles, que consiste no bombeamento de argamassa no interior da camada de solo mole sob elevadas pressões. As fases consecutivas da execução do CPR Grouting consistem na instalação de geodrenos, na preparação de argamassa e no bombeamento de argamassa no interior do solo mole (Figura 1).

Figura 1 - Fases de Execução da Consolidação Profunda Radial CPR Grouting.



Fonte: Engegraut (2015).

A injeção de argamassa sob alta pressão faz com que se formem bulbos de pressão, que comprimem o solo lateralmente, causando elevados deslocamentos no entorno do bulbo. Os bulbos de compressão são formados de baixo para cima através de um alinhamento vertical do equipamento, e são locados entrepostos aos drenos já instalados. O volume do bulbo é, geralmente, de 800 a 1.000 litros e as pressões de injeção variam de 100 kPa a 1.000 kPa, reduzindo à medida que se aproxima da superfície do terreno (Almeida e Riccio, 2012).

No processo de execução do bulbo de compressão, inicialmente há um aumento da poropressão. A partir do processo de adensamento, ocorre a percolação da água em direção aos drenos instalados. À medida que a água vai

sendo expulsa pelos drenos, há um processo gradual de transferência de carga para o arcabouço sólido, aumentando assim, a tensão efetiva do solo.

Com o acréscimo de tensão no solo gerado pelas colunas de compressão de argamassa, ocorre uma diminuição do índice de vazios da camada compressível e um aumento da resistência. Esta melhoria do solo resulta em uma significativa diminuição da magnitude dos recalques.

Os geodrenos são instalados na área de aplicação da técnica, utilizando-se equipamentos apropriados. Quando o terreno apresenta camada superficial resistente, como por exemplo um aterro, torna-se necessária a execução de pré-furos, com dimensões compatíveis com às dimensões do mandril, que atravesse a camada resistente até ser atingido o topo da camada de solo mole.

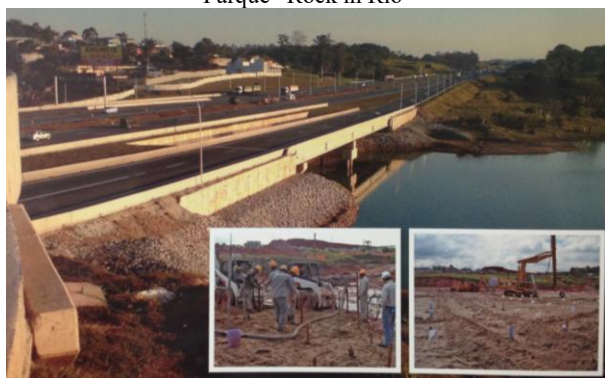
Após a aplicação do CPR *Grouting*, o resultado é a formação de um composto constituído por um material rígido (colunas de compressão) e um material adensado, comprimido e confinado (solo tratado).

A Figura 2 apresenta imagens de obras que foram viabilizadas com a técnica CPR *Grouting*. Chavão (2015) reúne as principais obras executadas no Brasil com a técnica de consolidação profunda radial (CPR *Grouting*).

Figura 2 - Obras viabilizadas com a técnica CPR *Grouting*



Parque “Rock in Rio”



Rodoanel Sul – Lote 3
Fonte: Chavão (2015)

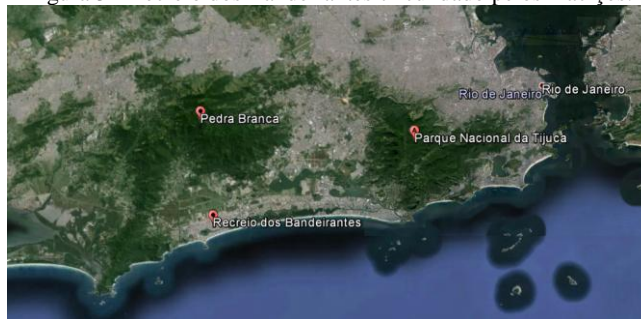
II. DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo pertence a uma planície costeira com cerca de 120 km², coberta de sedimentos cenozoicos, sendo circundada por elevações dos maciços da Tijuca (leste, constituindo o Parque Nacional da Tijuca) e Pedra Branca (oeste), Almeida et al. (2001). A Figura 3 apresenta a localização do Recreio dos Bandeirantes e dos maciços.

A necessidade de um estudo comparativo da eficiência das técnicas de tratamento de solos moles gerou a construção de dois aterros experimentais, sendo um sobre

solo de fundação tratado com técnica de Consolidação Profunda Radial (CPR *Grouting*), e o outro sobre solo de fundação com geodrenos para aceleração dos recalques.

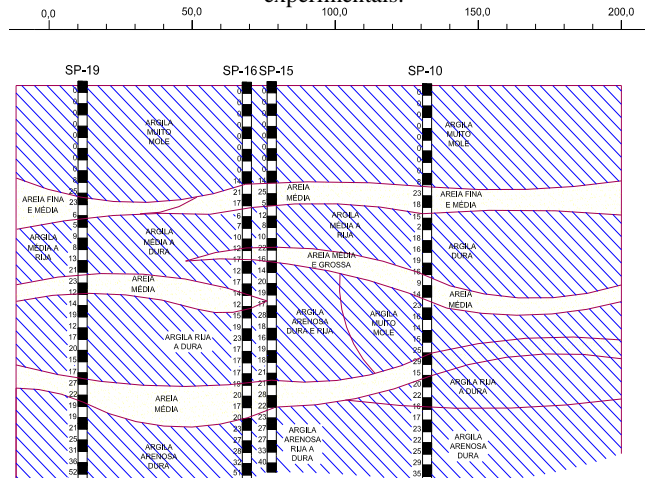
Figura 3 - Recreio dos Bandeirantes circundado pelos maciços.



Fonte: Google Earth (2015).

A Figura 4 apresenta o perfil geológico geotécnico da área onde os aterros experimentais foram assentados. Pode-se observar a presença de uma camada de argila muito mole com aproximadamente 8,0 m de espessura, e N_{SPT} igual a zero. O nível d’água foi detectado na superfície do terreno.

Figura 4 - Perfil geológico geotécnico: área dos aterros experimentais.



Fonte: Chavão (2015).

III. ATERROS EXPERIMENTAIS

A construção dos aterros experimentais teve início no dia 14 de Agosto de 2014, com a demarcação de suas respectivas áreas.

Após a demarcação das áreas, iniciou-se a cravação dos geodrenos na área destinada aos aterros. Os geodrenos foram instalados com espaçamento de 1,50 m, e sua cravação foi finalizada no dia 18 de Agosto de 2014.

No dia 20 de Agosto de 2014, foram instalados os instrumentos para monitorar o desenvolvimento dos recalques, deslocamentos horizontais e poropressões na área sem tratamento.

No dia 03 de Setembro de 2014, realizou-se o tratamento do solo com CPR *Grouting* na área destinada ao aterro com tratamento. Nesta área, foram executadas verticais de bulbo de compressão com diâmetro de 1,20 m; dispersas em malha quadrada, com espaçamento entre colunas de 3,0 m. Nesta mesma data, iniciou-se a instalação dos instrumentos para monitorar o desenvolvimento do recalque, deslocamentos horizontais e poropressão no aterro tratado com CPR *Grouting*.

A execução ou elevação do aterro na área sem tratamento de CPR *Grouting* teve início no dia 13 de Setembro de 2014 e término no dia 15 de Setembro de 2014. Já a execução do aterro na área tratada com CPR *Grouting* ocorreu entre 16 e 19 de Setembro de 2014.

A Figura 5 ilustra o aterro teste finalizado, com os instrumentos instalados e sobrecarga aplicada.

Figura 5 - Aterro teste finalizado, com os instrumentos instalados e sobrecarga aplicada.



Fonte: Gondariz (2016).

Tabela 1. Histórico de execução dos aterros.

Data	Etapa
14/08/2014	Demarcação das áreas
18/08/2014	Finalização da cravação dos drenos
20/08/2014	Instalação dos instrumentos na área sem tratamento
03/09/2014	Tratamento do solo com CPR <i>Grouting</i> e instalação dos instrumentos na área tratada
13/09/2014 a 15/09/2014	Execução do aterro na área sem tratamento
16/09/2014 a 19/09/2014	Execução do aterro na área com tratamento

IV. INSTRUMENTAÇÃO DE CAMPO

A instrumentação de campo tem como objetivo monitorar o comportamento do solo ao longo de tempo, de modo a verificar se as premissas adotadas em projeto são representativas.

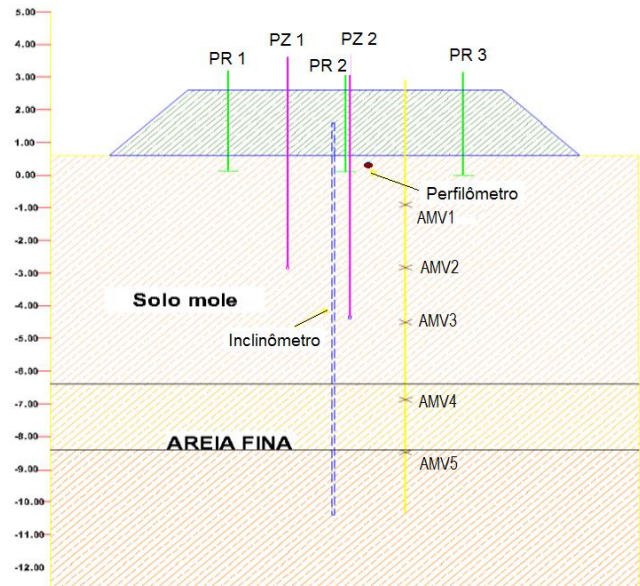
Para o monitoramento dos aterros experimentais, foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Piezômetros, para monitoramento das poropressões;
- Placas de recalque e perfilômetros, para monitoramento dos recalques;
- Inclinômetros, para monitoramento dos deslocamentos horizontais.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, serão discutidos apenas os resultados de deslocamentos verticais (recalques) fornecidos pelas placas de recalque e perfilome.

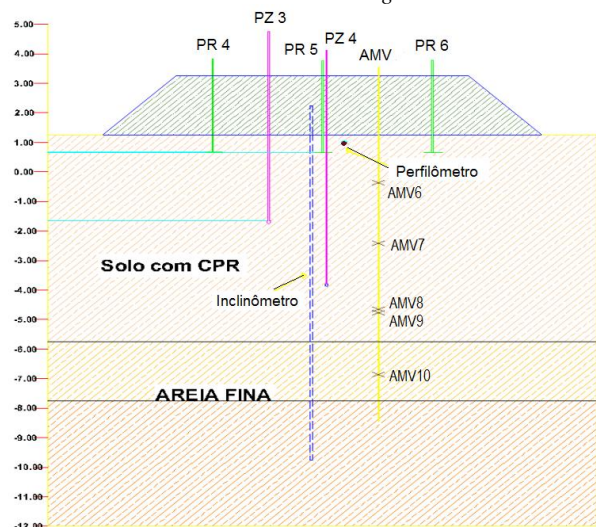
As Figuras 6 e 7 apresentam as plantas de locação dos instrumentos do aterro sem tratamento, e do aterro com CPR *Grouting*, respectivamente. Observa-se que, em cada um dos aterros experimentais, foram instalados 1 piezômetro (PZ), 1 inclinômetro, 1 perfilômetro, 3 placas de recalque (PR) e 1 aranha magnética vertical (AMV). Os aterros apresentam 2,0 m de altura, com taludes 1H:1V. A base do talude tem dimensões de 12 m x 12 m e o topo de 10 m x 10 m.

Figura 6 - Locação da instrumentação do aterro experimental sem tratamento



Fonte: Chavão (2015).

Figura 7 - Locação da instrumentação do aterro experimental com CPR *Grouting*.



Fonte: Chavão (2015).

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

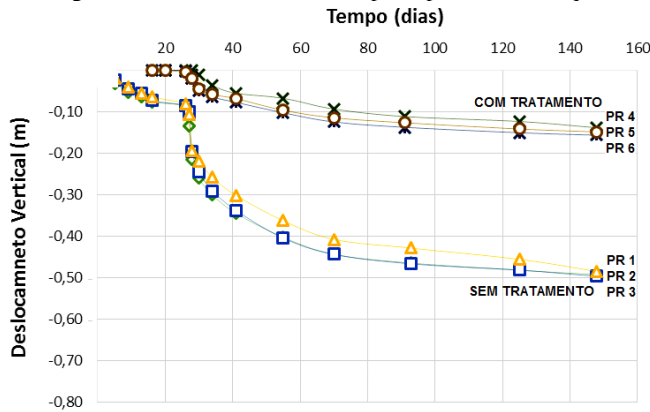
Os deslocamentos verticais foram monitorados por três instrumentos de medição diferentes: placas de recalque, e perfilômetros.

O monitoramento das placas de recalques do aterro sem tratamento iniciou em 20 de agosto e finalizou em 15 de janeiro de 2015. Na última leitura realizada, com 148 dias de monitoramento, o deslocamento máximo registrado pela PR1 foi de 49,3 cm, pela PR2 foi de 49,7 cm e pela PR3 foi de 48,5 cm. A diferença entre os resultados registrados pelas placas foi de, no máximo, 1,2 cm, apresentando uma uniformidade das informações.

A elevação ou construção do aterro foi iniciada no dia 13 de setembro, 24 dias após o início do monitoramento e finalizada no dia 15 de setembro. Conforme apresentado na Figura 8, após a finalização da construção do aterro, as curvas de recalque vs tempo mudaram de comportamento, onde pode ser observado uma aceleração dos recalques com aumento na magnitude dos recalques em função do tempo.

Os resultados também mostram que as três curvas de recalque apresentam tendência à estabilização. Essa tendência foi comprovada pelo método de Asaoka (1978), que estima os recalques finais a partir dos dados da instrumentação de campo. Pelo método de Asaoka, o recalque final previsto para as placas PR1, PR2 e PR3 foi de 51,2 cm, 52,2 cm e 50,3 cm, respectivamente. Os recalques finais mostraram-se próximos, com valor médio igual a 51,2 cm.

Figura 8 - Resultados fornecidos pelas placas de recalque.



Fonte: Chavão (2015).

No aterro com CPR *Grouting*, o monitoramento das placas de recalques iniciou em 05 de setembro e finalizou no dia 15 de janeiro de 2015, totalizando 132 dias de monitoramento. Na última leitura realizada, o deslocamento vertical máximo registrado pela PR4 foi de 14,6 cm, pela PR5 foi de 15,7 cm e pela PR6 foi de 14,9 cm. A maior diferença entre os resultados foi de 1,1 cm, indicando, mais uma vez, uniformidade nos resultados obtidos pelas placas. As curvas do aterro com CPR *Grouting* mostram que os recalques estão praticamente estabilizados, o que foi comprovado pelo método de Asaoka (1978).

A Tabela 2 reúne os recalques estimados pelo Método de Asaoka. Pode-se observar uma redução expressiva dos recalques no solo tratado com CPR *Grouting*.

Tabela 2. Recalques previstos pelo método de Asaoka.

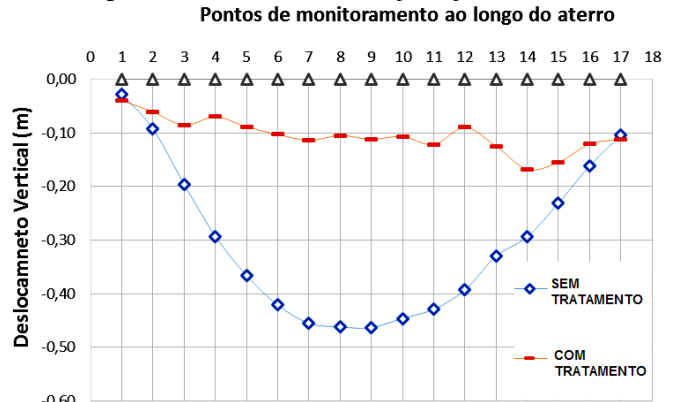
Aterro	Placa	Recalque final (cm)	Recalque final médio (cm)
Sem tratamento	PR1	51,2	51,2
	PR2	52,2	
	PR3	50,3	
Com tratamento	PR4	14,6	15,1
	PR5	15,7	
	PR6	14,9	

O monitoramento do perfilômetro instalado no aterro sem tratamento ocorreu no período de 22 de agosto de 2014 a 21 de novembro de 2014. Na última leitura realizada, o valor máximo do recalque foi de 46,3 cm no ponto de monitoramento próximo ao centro do aterro, com valores mínimos de recalque próximo aos pontos de monitoramento situados no “pé” do aterro, como mostra a Figura 9.

No aterro com CPR *Grouting*, o monitoramento ocorreu entre 15 de setembro de 2014 e 23 de dezembro de

2014. O valor de deslocamento vertical máximo foi de 16,8 cm, na última leitura, próximo ao “pé” ao aterro, do seu lado direito, como indica a Figura 9.

Figura 9. Resultados fornecidos pelos perfilômetros.



Fonte: Chavão (2015).

É interessante observar que as formas das curvas obtidas nos aterros com tratamento e sem tratamento são distintas. Enquanto o aterro sem tratamento apresenta um recalque máximo no centro e mínimo nos bordos, no aterro com tratamento, os recalques oscilaram ao longo da base do aterro. Mais uma vez, observa-se a eficiência da técnica, com uma redução expressiva dos recalques pós-tratamento.

Gondariz (2016) executou análises numéricas com o objetivo de definir os parâmetros de deformabilidade do solo tratado. O autor observou que o tratamento com CPR *Grouting* torna o solo mole mais homogêneo e menos compressível. Ensaios pressiométricos indicaram que o solo sem tratamento apresentava um módulo de deformabilidade crescente com a profundidade, como mostra a Tabela 3 (Gondariz, 2016). As análises numéricas mostraram que a deformabilidade do solo tratado foi satisfatoriamente reproduzida considerando-se o solo homogêneo. A Tabela 3 apresenta os ganhos de resistência obtidos com o tratamento ao longo da profundidade.

O aumento da rigidez do solo de fundação com o tratamento foi comprovado com a redução expressiva dos deslocamentos verticais (recalques) e horizontais medidos pelos diferentes instrumentos, quando se utiliza a técnica de consolidação profunda radial (CPR *Grouting*).

Tabela 3. Ganhos de rigidez com a profundidade previstos numericamente (Gondariz, 2016).

Profundidade (m)	E (kPa) Solo sem tratamento	E (kPa) Solo com tratamento	Ganho de rigidez
0 – 2	150	6.000	4.000%
2 – 4	200		3.000%
4 – 6	400	1200	1.500%
6 – 8	1200		500%

VI. CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou o comportamento de dois aterros experimentais a partir de resultados de instrumentação geotécnica. Os aterros foram implementados em área de construção residencial, localizada no Recreio dos

Bandeirantes, Rio de Janeiro – RJ. Um dos aterros foi executado sobre solo mole com geodrenos, e o outro sobre solo tratado com a técnica de consolidação profunda radial (CPR *Grouting*).

Os resultados da instrumentação de campo mostraram-se consistentes. As placas de recalque indicaram deslocamentos verticais compatíveis com os medidos pelos perfilômetros.

Os resultados permitiram avaliar a eficiência da técnica de consolidação profunda radial CPR *Grouting* na minimização e na aceleração dos recalques.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Engegraut, pelo apoio ao projeto de pesquisa, representado pela execução dos aterros experimentais e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. S. S. e RICCIO, M. **Ground improvement of extremely soft soils in Rio de Janeiro**. International Conference on Ground Improvement and Ground Control (ICGI 2012), University of Wollongong, Austrália, 2012.

ALMEIDA, M. S. S.; CRESPO NETO, F. N.; MARQUES, M. E. S. “Relatório Geotécnico – **Ensaio de Campo e Laboratório na Área do SESC, Barra da Tijuca – RJ**”, 2001.

ASAOKA, A. **Observational Procedure of Settlement Prediction. Soils and Foundations**, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. 18, nº.4, December, pp 87-101, 1978.

CHAVÃO, A. O. (2015). **Avaliação da eficiência da técnica de consolidação profunda radial CPR Grouting no tratamento de solos compressíveis**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 126p.

ENEGRAUT. **Material publicitário**, [obtido em julho de 2015].

GONDARIZ, L. J. C. (2016). **Comportamento de Aterros Sobre Solos Tratados com Consolidação Profunda Radial CPR Grouting**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 106p.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo

LADEIRA DE SANTANA: DO DESLIZAMENTO EM 2013 À SITUAÇÃO ATUAL

LADEIRA DE SANTANA: FROM THE 2013 LANDSLIDE TO THE CURRENT SITUATION

LUCIANO DA COSTA CASTILHOS¹; MÔNICA DE AQUINO GALEANO MASSERA DA HORA²

1 – MESTRANDO EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL PELA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, SECRETÁRIO MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE MACAÉ

2 – COORDENADORA DO MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

defesacivil@macae.rj.gov.br; dahora@vm.uff.br

Resumo – O objetivo central deste estudo foi descrever e avaliar as ações da Defesa Civil frente ao deslizamento da Ladeira de Santana, no município de Macaé, estado do Rio de Janeiro, no ano de 2013. O monitoramento das áreas de risco foi observado como um processo importante para prevenção e preparação da população quando da ocorrência de novos deslizamentos. A utilização do drone no monitoramento em tempo real é um fator de destaque para a identificação das áreas de risco no município de Macaé, com ênfase para a região do entorno da Ladeira de Santana.

Palavras-chave: Monitoramento. Área de risco. Drone. Defesa Civil.

Abstract - The main objective of this study was to describe and evaluate the actions of the Civil Defense against the landslide of Ladeira de Santana, in the municipality of Macaé, state of Rio de Janeiro, in the year 2013. The monitoring of risk areas was observed as an important process for prevention and preparation of the population when new slides occur. The use of the drone in real time monitoring is an important factor for the identification of risk areas in the municipality of Macaé, with emphasis on the region around Ladeira de Santana.

Keywords: Monitoring. Risk area. Drone. Civil defense.

I. INTRODUÇÃO

Os desastres são compreendidos como um processo de ruptura que ocorrem de forma repentina em determinado espaço sobre determinada população que se encontrava, de forma consciente ou não, vulnerável a alguma ameaça. Ainda buscando compreender sobre os desastres, cabe citar a Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, publicada pelo Ministério Integração Nacional (MIN), que classifica o desastre como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios”.

Os impactos causados por desastres podem ser destacados como: mortes, ferimentos, doenças e outros

efeitos negativos ao bem-estar físico, mental e social humano, conjuntamente com danos à propriedade, provocando destruição de bens, perda de serviços, transtornos sociais e econômicos e degradação ambiental (FURTADO *et al.*, 2012).

Ao tratar sobre desastres, aborda-se diretamente a Defesa Civil, que é entendida como: “o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e minimizar seus impactos para a população e restabelecer a normalidade social” (BRASIL, 2009).

Com foco neste tema, o presente estudo buscou descrever o deslizamento de terra ocorrido no ano de 2013 na Ladeira de Santana, localizada no município de Macaé, região Norte fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Ademais, foram analisadas as ações de atuação da Defesa Civil durante o desastre e no pós desastre.

II. PROCEDIMENTOS

A Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Macaé foi criada através do Decreto nº 317/2007, de 28 de dezembro de 2001, que instituiu o Sistema Municipal de Defesa Civil (SIMDEC) e o Grupo de Ações Emergenciais (GAE). De acordo com o art. 15, cabe à Secretaria a elaboração do Plano de Emergência Municipal, que especificará os principais riscos de desastres, as ações preventivas, emergenciais e recuperativas, bem como as responsabilidades e atribuições de cada órgão setorial e do GAE. A Secretaria tem o poder de polícia administrativa para notificar, interditar, desinterditar, demolir, requisitar, remover pessoas e multar. Com relação ao quadro de pessoal, possui 58 agentes concursados, 20 assessores e assistentes administrativos. Como apoio logístico conta com viaturas, embarcações e rádios e, recentemente, faz uso de um drone no monitoramento de áreas em que os agentes não conseguem acessar, ou, não conseguem ter uma boa visibilidade da realidade local. As suas dependências estão localizadas no Ginásio Municipal Engenheiro Soares Bittencourt.

Em 2014, a Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Macaé divulgou uma série de mapas temáticos resultantes do levantamento de áreas sujeitas a deslizamentos e alagamentos (Figura 1). Os mapas foram utilizados pela Defesa Civil, em conjunto com outros órgãos de Segurança Pública municipal e estadual, como apoio na elaboração de um plano de contingência para situações de emergência. Para atingir os objetivos propostos, foram cruzadas informações da estrutura viária municipal, locais para montagem de abrigos temporários, pontos de coleta de doações, dentre outros elementos importantes para nortear o atendimento à população em casos de emergência (MANHÃES, 2016).

Figura 1 - Mapa de vulnerabilidade aos desastres naturais na região urbana de Macaé



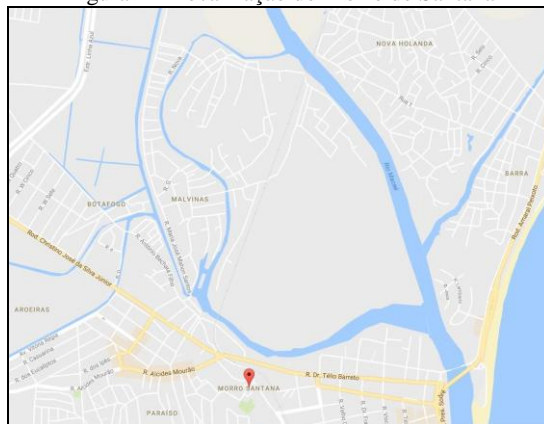
Fonte: Manhães, 2016.

Como desastres naturais mais recorrentes, foram evidenciados eventos correlatos às chuvas, rolamento de matacão, deslizamento, alagamento e inundação. No caso dos deslizamentos foram identificados 7 locais: Novo Horizonte, Morro de São Jorge, Ajuda, Campo D'Oeste, Rua Xangô Menino, Rua S. Moreira e Vila Muriá e Morro de Santana (Ladeira de Santana).

O Morro de Santana, também conhecido como Ladeira de Santana, em virtude de fortes chuvas, passou por situação de desastre natural no ano de 2013. Este fato, além de ter sido responsável pelo óbito de uma criança, trouxe também diversos rebatimentos às famílias que ali residiam, assim como, para o tratamento emergencial ofertado e mantido até hoje pela Defesa Civil. De acordo com o Código Brasileiro de Desastre (COBRADE), o evento ocorrido recebeu a classificação nº 1.1.3.2.1, que significa desastre natural, geológico, movimento de massa (deslizamento).

A Ladeira de Santana encontra-se localizada entre o bairro Aroeira e o centro da cidade de Macaé (Figura 2).

Figura 2 – Localização do Morro de Santana



Fonte: Google Maps, 2016.

Anteriormente ao desastre, o sopé do morro já se caracterizava como um espaço que causava preocupação à Defesa Civil, em virtude das casas serem construídas de forma irregular e do acúmulo de lixo (Figura 3).

Figura 3 – Ladeira de Santana antes do deslizamento de 2013 – Vista do sopé do morro



Fonte: Os autores, 2016.

Fortes chuvas atingiram a cidade na madrugada do dia 2 de dezembro de 2013, e, segundo dados da Defesa Civil, entre 00:00 e 02:00 horas choveu 124 mm, sendo a precipitação acumulada de 24 horas igual a 131 mm. O evento provocou 9 deslizamentos nas encostas da Ladeira de Santana, derrubando casas e deixando outras em balanço ou com as fundações aparentes (Figura 4).

Figura 4 – Ladeira de Santana no dia seguinte ao deslizamento

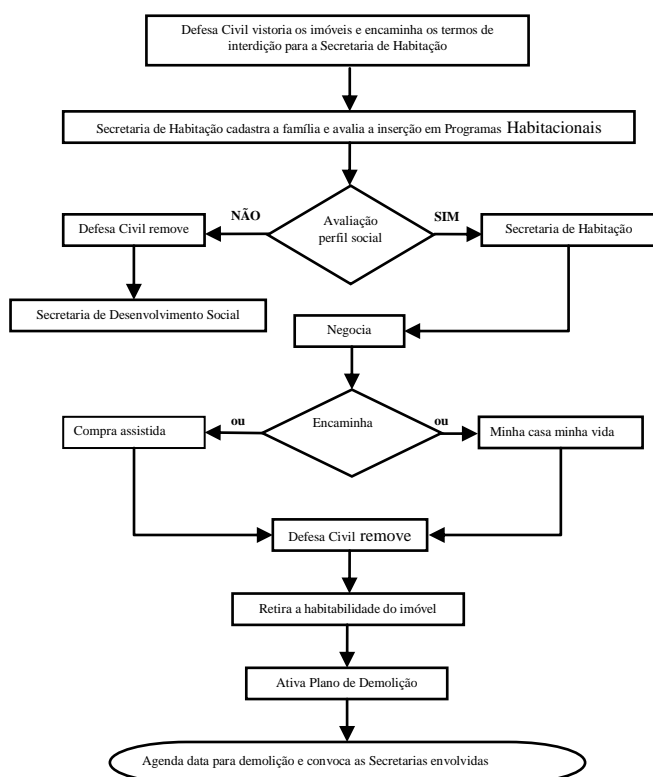


Fonte: Os autores, 2016.

A Defesa Civil implementou de forma rápida e eficaz o seu plano de contingência, uma vez que a região já era considerada como área de risco de deslizamento. Na região dos deslizamentos, todas as moradias foram consideradas de risco, o que fez com que a Defesa Civil convocasse as famílias para cadastramento e orientação. Foram emitidos termos de interdição e a saída imediata era a orientação recomendada. Os moradores foram removidos para abrigos e o processo de destinação de novas residências em local seguro, através de programa habitacional, foi acelerado, assim como a disponibilização de recursos financeiros para custear aluguéis de emergência e compra assistida.

Para garantir a eficiência e eficácia da atuação da Defesa Civil, foi proposto um Plano de Ação Conjunta que estipulou ações e recursos que cada Secretaria envolvida no processo deveria realizar e/ou disponibilizar dentro das fases planejadas para a solução do problema de ocupação em área de risco. O Plano abrangeu as etapas apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma das ações conjuntas no pós-desastre



Fonte: Macaé, 2016.

III. RESULTADOS

A estratégia para executar e cumprir o Plano de Ação Conjunta foi alcançada. Mas apesar do sucesso da empreitada, não foi fácil proceder as ações de forma ordenada e na sequência planejada, pois durante os períodos chuvosos ou de ventos fortes, os trabalhos tinham de ser interrompidos.

Desde o início das operações, já foram removidas 114 famílias, sendo que 95 receberam apartamentos do Programa Minha Casa Minha Vida e o restante negociou através de compra assistida ou com aluguel de emergência.

O monitoramento na Ladeira de Santana, que já era uma atividade desenvolvida, tornou-se um programa

permanente e executado com maior frequência pela Secretaria de Defesa Civil de Macaé.

Entretanto, uma das dificuldades encontradas neste processo foi o de identificar pontos de ruptura no solo e nas encostas, bem como o acompanhamento de suas possíveis evoluções, devido às dificuldades de acesso.

Diante disto, a Defesa Civil passou a monitorar a Ladeira de Santana com um drone, sem expor os profissionais a algum tipo de risco. O uso do drone tem permitido a aquisição de imagens de qualidade e alta resolução, auxiliando nas análises e na inserção de dados na identificação dos locais de risco, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Foto aérea da Ladeira de Santana com o drone



Fonte: Os autores, 2016.

IV. CONCLUSÃO

O deslizamento na Ladeira de Santana trouxe para a Defesa Civil de Macaé uma nova perspectiva de atuação, na qual o Plano de Contingência foi fundamental.

A utilização do drone como ferramenta de apoio ao monitoramento e mapeamento das áreas de risco é essencial para a Secretaria de Defesa Civil de Macaé. Os locais de difícil acesso deixaram de ser um obstáculo, entretanto o equipamento demanda treinamento para seu uso.

Recomenda-se a utilização permanente do drone, sendo esta uma tecnologia que irá contribuir não apenas para o mapeamento das áreas de risco, mas também, para as ações de prevenção, dado que as imagens fornecem aos técnicos da Defesa Civil uma visão mais ampla e melhor compreensão do cenário de risco, permitindo identificar problemas e anomalias e antecipar ações com mais celeridade para evitar desastres ou mitigar suas consequências, protegendo as populações vulneráveis.

Atualmente, apesar dos esforços empregados e ações desenvolvidas, ainda, existem pessoas que insistem em residir na Ladeira de Santana. No local onde as casas foram demolidas não se observa novas construções, mas há imóveis desocupados que não puderam ser demolidos devido a proximidade de outros ainda ocupados. A expectativa é de que ao final do ano de 2016, a totalidade das famílias seja removida e os imóveis demolidos.

A experiência adquirida mudou a forma de abordagem do poder público no enfrentamento de problemas semelhantes em pontos sensíveis de mesma natureza no município. É de fundamental importância que as lições apreendidas sejam evidenciadas para que a capacidade de resposta do Município seja aumentada, assim como a sua resiliência. Com o aperfeiçoamento deste processo, o

Município fica fortalecido em todos os aspectos para enfrentar todas as fases (antes, durante e depois) dos desastres desta natureza.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Glossário de Defesa Civil, estudos de riscos e medicina de desastres**. 3. ed. Brasília: MI, 2009.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157. Acesso em 06 set. 2016.

FURTADO, Janaína; OLIVEIRA, Marcos de; DANTAS, Maria Cristina; SOUZA, Pedro Paulo; PANCERI, Regina. Capacitação em Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres. **Capacitação básica em Defesa Civil** - Florianópolis: CAD UFSC, 2012.

MANHÃES, Alfredo Luiz Pessanha. Geotecnologias apoiando os planos de contingência. **Revista Plano de Contingência**, Ano II, Edição nº 36, 22 de janeiro de 2016. Disponível em: <http://www.maca.ej.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1453552405.pdf>. Acesso em 06 set. 2016.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil. Disponível em: <http://www.maca.ej.gov.br/defesacivil/conteudo/titulo/estrutura-administrativa> Acesso em 09 set. 2016.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

MAPEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÕES. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE LAJE DO MURIAÉ, ESTADO DO RIO DE JANEIRO

FLOOD RISK MAPPING. CASE STUDY: MUNICIPALITY OF LAJE DO MURIAÉ, STATE OF RIO DE JANEIRO

PEDRO RETAMAL WEINEM¹; ANTONIO FERREIRA DA HORA²

1 – MESTRANDO EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL PELA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE; 2 – PROFESSOR TITULAR DO MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

pweinem@yahoo.com.br; dahora@vm.uff.br

Resumo – A frequência de eventos extremos desafia técnicos e pesquisadores da área hidrológica e hidráulica a refletirem sobre o problema e buscarem soluções através de medidas estruturais e não estruturais. As tomadas de decisões devem ser fundamentadas pelas condições locais e pelos aspectos econômicos e sociais da região, de forma a minimizar os riscos existentes à sociedade. O presente estudo buscou definir o mapa de inundação da zona urbana do município de Laje do Muriaé. Para tanto, foi necessário o levantamento da base de dados topográficos, batimétricos, hidrológicos; a simulação do comportamento do escoamento a partir de modelagem e, posteriormente, análise dos resultados obtidos. A metodologia utilizada possibilitou a simulação de eventos extremos e proposição de alternativas para mitigação dos desastres oriundos das inundações.

Palavras-chave: Eventos extremos. Modelagem hidrodinâmica. Redução de riscos.

Abstract - The frequency of extreme events in Brazil challenges technicians and researchers of hydrologic and hydraulic area to reflect on the problem and seek solutions through structural and non-structural approaches. Decision-making should be based according to local conditions and by the economic and social aspects of the region, in order to minimize the risks existing in society. The present study defined a flood map in the urban area of Laje do Muriaé municipality. It was necessary to survey the topographic database, bathymetry and hydrology; simulating the flow behavior from modeling and subsequently analyzing the results obtained. The methodology allowed the simulation of extreme events and propose alternatives for mitigation of disasters arising from floods.

Keywords: Extreme events. Hydrodynamic modeling. Risk reduction.

I. INTRODUÇÃO

Os desastres de origem hídrica são observados com ocorrência relativamente alta no território nacional. As enchentes são responsáveis pelo desencadeamento de catástrofes devido à propagação de danos gerados a sociedade. As consequências decorrentes das cheias em região habitável atingem drasticamente a população, tanto nos aspectos sociais e econômicos quanto nos de segurança civil.

Problemas desta magnitude podem ser mitigados através de pesquisa multidisciplinar envolvendo análise de dados hidrológicos e topobatimétricos, que ao serem associados aos sistemas de informação geográfica e modelagem computacional permitem a identificação de áreas de riscos, bem como a indicação de soluções estruturais e preventivas no controle das cheias.

A região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro é frequentemente acometida por inundações provocadas pelo extravasamento da calha do rio Muriaé e também, por inundações que ocorrem devido à dificuldade de extravasamento em tempo suficiente das águas de chuvas volumosas em curto período de tempo. A preocupação com as áreas atingidas é relevante e o problema é agravado a cada ocorrência, atraindo olhares das autoridades, que perceberam que os gastos com a recuperação e reurbanização são extremamente elevados, mas não se comparam aos prejuízos com saúde e perdas de vidas humanas após cada episódio (COSTA e HORA, 2016).

Segundo CEIVAP (2006), a bacia do rio Muriaé, localizada na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, possui uma área de drenagem de 8.200 km². Ela abrange territórios pertencentes a 26 municípios, sendo 19 mineiros e 7 fluminenses, a saber: Laje do Muriaé, São José de Ubá, Varre- Sai, Porciúncula, Natividade, Muriaé, Carangola e Itaperuna.

O rio Muriaé nasce no município de Miraiá a aproximadamente 900 m de altitude, pela confluência dos rios Bom Sucesso e Samambaia. No trecho mineiro, o rio se desenvolve em relevo acidentado e de várzeas extensas. Já no Rio de Janeiro, o rio Muriaé, se desenvolve em região plana. Desde a nascente até a foz no Paraíba do Sul, esse rio percorre cerca de 300 km (CEIVAP, 2006).

No que diz respeito às inundações, o histórico de vazões do rio Muriaé revela que ocorrem cheias frequentes, intervalos de tempo da ordem de 10 anos, que inundam o núcleo urbano da cidade de Laje do Muriaé (SEA/COHIDRO, 2010). As Figuras 1 e 2 ilustram os efeitos das cheias do rio Muriaé na cidade de Laje do Muriaé.

A cidade de Laje do Muriaé encontra-se situada na planície esquerda do rio e sofre recorrentemente pelo

alagamento de grande parte de seu território, sobretudo das áreas marginais do rio ocupadas por população de baixa renda em decorrência de um processo descontrolado de expansão urbana.

Figuras 1 e 2 – Efeitos das inundações do rio Muriaé em Laje do Muriaé.



Fonte: SEA/COHIDRO, 2010.

Em virtude do exposto, a Secretaria do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (SEA) contratou um estudo de controle de inundações do rio Muriaé, avaliando a aptidão e a potencialidade de algumas áreas virem a atuar como reservatórios, através da construção de barragens de contenção de cheias, reduzindo os efeitos das inundações nos centros urbanos localizados a jusante. O estudo estabeleceu como cheia de projeto a vazão correspondente ao tempo de recorrência de 25 anos (igual a 663,8 m³/s) e a cheia frequente a vazão para tempo de permanência 95% (igual a 37,6 m³/s) (SEA/COHIDRO, 2010).

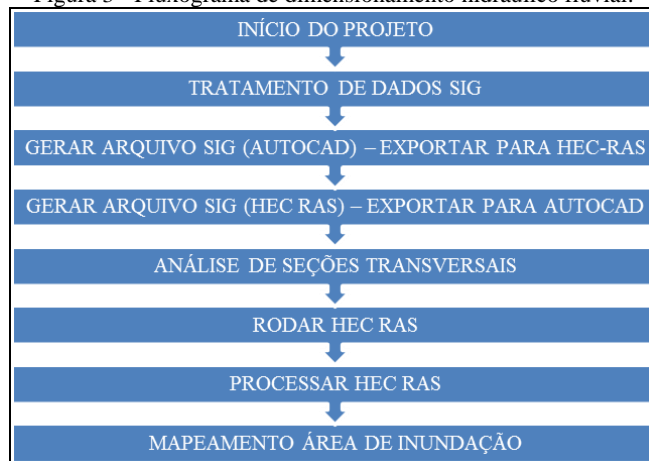
O presente estudo teve por objetivo elaborar um mapa de risco de inundações para o rio Muriaé, possibilitando a proposição de medidas de controle do ponto de vista técnico e social. A área geográfica utilizada como estudo de caso localiza-se no município de Laje de Muriaé, região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

II. PROCEDIMENTOS

O dimensionamento hidráulico do rio Muriaé foi desenvolvido através de base topobatimétrica levantada em campo e auxílio da ferramenta computacional HEC-RAS, além de desenho assistido por computador. O modelo

hidrodinâmico foi elaborado conforme recomendações de construções de mapa de área de risco da ONU (UNISDR, 2016). As etapas pré-definidas do processo de modelagem são apresentadas no fluxograma adaptado na Figura 3.

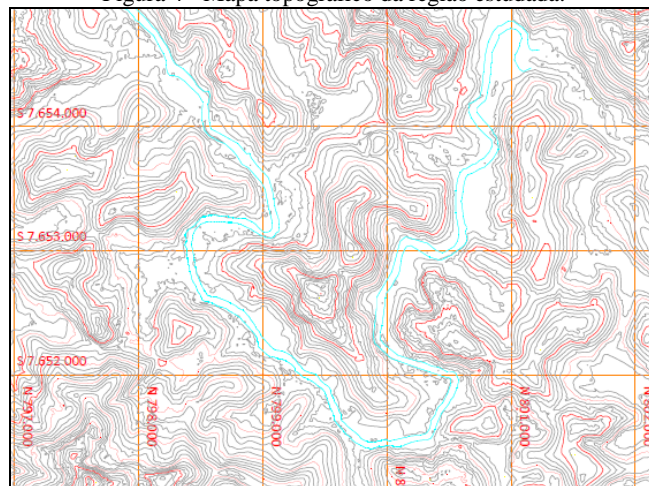
Figura 3 - Fluxograma de dimensionamento hidráulico fluvial.



Fonte: Adaptado de UNSDR, 2016.

O modelo digital de terreno (MDT) foi constituído através de laser *scanning* e estação total com levantamentos de pontos representando uma distribuição espacial vinculada uma superfície real com curvas de nível de 2 em 2 metros conforme Figura 4. O MDT apresenta qualidade razoável durante sua análise, porém a baixa declividade da região dificulta a precisão da superfície em pontos com baixa variação de cotas do terreno. O tratamento de dados nesta fase consistiu na construção da superfície digital de terreno com uso da ferramenta AutoCAD Civil 3D para possibilitar a integração com o programa HEC-RAS.

Figura 4 - Mapa topográfico da região estudada.

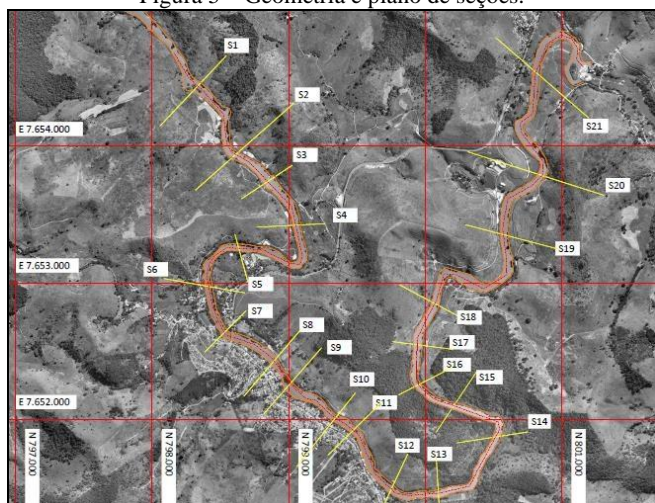


Fonte: Adaptado de SEA/COHIDRO, 2010.

Para iniciar o processo de fornecimento dos dados de entrada do modelo Hec-Ras foi criado um arquivo com SIG em extensão AutoCAD reunindo dados topográficos com geometria e plano de seções transversais distribuídas ao longo do trecho, com distância entre 100 e 500m. As seções transversais foram aplicadas em pontos característicos que apresentam mudanças significativas da condição de escoamento. O arquivo em extensão AutoCAD foi convertido em arquivo HEC-RAS preservando os dados planimétricos da superfície, elementos geométricos e seções

transversais devido à base de dados georreferenciados, Figura 5.

Figura 5 – Geometria e plano de seções.



Fonte: Os autores, 2016.

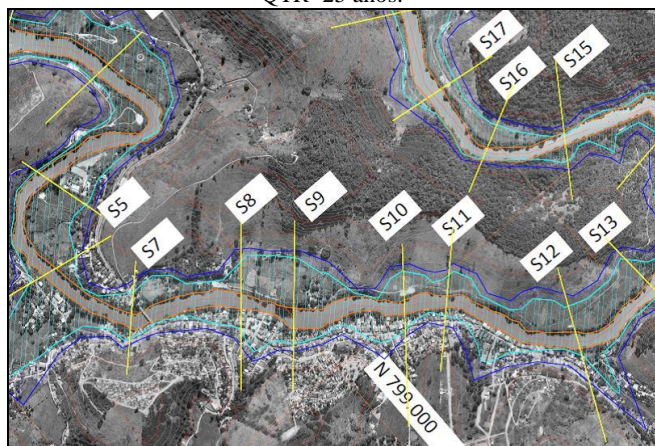
III. RESULTADOS

Após a etapa de exportação de elementos geométricos do rio para o programa HEC-RAS, foi iniciada a etapa de calibração do modelo com a inserção de dados de projeto. Para simulação do comportamento da calha do rio foram adotadas as vazões definidas no âmbito do estudo da SEA/COHIDRO (2010). Os critérios adotados no processo de dimensionamento foram os seguintes:

- coeficiente de Manning igual a 0,045, como preconizado em Brunner (2001);
- regime de escoamento sub-crítico devido baixa declividade do rio;
- condição de contorno em seção de jusante e aproximação por declividade normal.
- coeficiente de contração igual a 0,3 e coeficiente de expansão igual a 0,1.

O mapa de áreas de risco referentes às regiões susceptíveis a inundações, construído para vazões Q95% e QTR=25 anos, é apresentado na Figura 6 com linhas em cor ciano e azul, respectivamente. O mapa foi elaborado após exportação do arquivo HEC-RAS para o AutoCAD Civil 3D, preservando as linhas de remanso e áreas afetadas pelo evento calculado.

Figura 6 – Mapa de risco de inundações para as cheias Q95% e QTR=25 anos.



Fonte: Os autores, 2016.

Da análise do mapa, pode-se inferir que apesar de não haver extravasamento da calha do rio, o nível d'água referente à vazão mínima (Q95%) afeta habitações próximas à margem do rio. No que diz respeito à vazão máxima (QTR=25 anos), verificou-se um maior número de moradias e construções atingidas.

A área destacada na Figura 6 apresenta a região urbana com maior grau de risco de inundação. As edificações próximas às margens do rio ficam expostas com aumento do nível d'água na calha, por menor que seja. Pode-se observar, a partir do mapa de mancha de inundação, que o trecho urbano de Laje de Muriaé necessita urgentemente de medidas de controle de vazões, tendo em vista a proximidade de habitações às margens do rio.

IV. CONCLUSÃO

A pesquisa apresentou dificuldades em relação aos dados topográficos, pois houve insuficiência de pontos coletados próximos às margens do rio. Esta falha pode estar relacionada à dificuldade de trabalho da equipe de campo em áreas com terrenos irregulares e coberturas vegetais, bem como devido a ausência de base cadastral da Prefeitura.

O mapa elaborado atendeu as expectativas nos aspectos de dimensionamento hidráulico, integração da geometria do rio com o modelo digital de terreno e as fotografias aéreas. As posições das seções transversais mostraram-se suficientes, porém foi comprovada a baixa qualidade dos levantamentos batimétricos. Mesmo assim, o mapa identificou as áreas susceptíveis à inundação e as interferências na calha do rio.

O município de Laje de Muriaé demanda por intervenções para o controle das cheias, dado que os eventos recorrentes de inundações alteram as condições básicas de vida da população. O aumento do nível da água na calha do rio no trecho urbano pode ser evitado com o desvio por meio de canal de derivação ou através de túnel a montante da cidade e restituição a jusante. Outras medidas estruturais podem ser auxiliares na melhoria das condições hidráulicas do escoamento, tais como dragagem do leito do rio e regularização da seção; revestimento da calha do rio a fim de diminuir o coeficiente de rugosidade; reassentamento da população ribeirinha com maior grau de risco de inundação; diques de proteção das margens e construção de reservatórios de detenção.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNNER, Gary W. **HEC-RAS River Analysis System: User's Manual**. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 2001.

CEIVAP. **Caderno de Ações - Bacia do Rio Muriaé – Relatório Contratual R-10**. Relatório. Rio de Janeiro. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, Fundação COPPETEC. 2006.

COSTA, Juliana R.; HORA, Antonio F. A dinâmica dos processos relacionados às inundações no Município de Itaperuna-RJ. **Revista Sodebras [on line]**. v. 11, n.129, Set./2016, p. 122-125. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N129.pdf>>. Acesso em 04 out. 2016.

SEA/COHIDRO. **Mitigação das cheias do rio Muriaé - Estudos de concepções**. Relatório. Rio de Janeiro:

Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro, COHIDRO Consultoria, Estudos e Projetos. 2010.

UNISDR. Recommended Practice: Flood Hazard Mapping. United Nations, Space-Based Information for Disaster Management and Emergency Response. Disponível em <<http://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-flood-hazard-mapping>>. Acesso em 10 de jul. 2016.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF LIGHTWEIGHT AGGREGATE COMPRESSIVE STRENGTH USING MANY-TASK COMPUTING

ALDEMON LAGE BONIFÁCIO¹; CIRO DE BARROS BARBOSA¹; FLÁVIO DE SOUZE BARBOSA¹;
 MICHÈLE CRISTINA RESENDE FARAGE¹
 1 – FEDERAL UNIVERSITY OF JUIZ DE FORA

aldemon.bonifacio@engenharia.ufjf.br, ciro.barbosa@ice.ufjf.br, flavio.barbosa@engenharia.ufjf.br, michele.farage@ufjf.edu.br

Abstract – *Lightweight Aggregate Concrete (LWAC) is a versatile material that has been used in civil and naval construction. Some of its main advantages is reduced dead load, better thermal and acoustic insulation, and improved fire resistance. LWAC is a composite comprising cement-based mortar and Lightweight Aggregates (LWA) widely employed around the world. Due to the particularities of the LWAC, such as the LWA properties, which are difficult to measure experimentally, the design of LWAC mixtures is a rather complicated task. This fact justifies the search for analytical and/or numerical methods evaluate the LWAC's properties from the properties of its components and/or previous experimental data. However, the number of simulations to reach satisfactory results can become a barrier to researchers. Thus, the present work aims to present the performances of three-dimensional numerical simulations of LWA compressive strength using scientific workflow and many-task computing paradigm. To this end, all numerical simulations are executed in scientific workflow automation system in distributed environment. This system uses concepts of many-task computing to reduce the time of all simulations and potential human errors. Results show advantages of many-task computing, encouraging further studies towards improvements of a system that may assist engineering researchers for scientific and practical purposes.*

Keywords: *Many-Task Computing. Lightweight Aggregate Concrete. Finite Element. Scientific Workflow. High Throughput Computing.*

I. INTRODUCTION

Lightweight Aggregate Concrete (LWAC) is a versatile material that has been used in civil and naval construction worldwide for decades. Some of its main advantages over Normal-weight Aggregate Concrete (NWAC) are: reduced dead load due to low specific weight, better thermal and acoustic insulation, and improved fire resistance, which may lead to a reduction in the overall cost of project (COUSINS, ROBERTS-WOLLMANN, and BROWN, 2013; FERNANDEZ and PARDO, 2013). The use of LWAC allows for reduced sections on structural elements, larger spans, decreased amount of required steel, and therefore can be economically and efficiently applied to several types of buildings (GO et al, 2012; MEYER and KAHN, 2002). The Figure 1 illustrate its efficiency when applied to high-rises construction. The One Shell Plaza Tower, a 220m office building in Houston, has all its structural elements incorporating Lightweight Aggregates (LWA). In turn, the Barclays Bank Head Office, located in

Canary Wharf, London, is an example of mixed construction technics – its structure is based on steel frame, whereas the slabs are built with composite deck slabs of LWAC.

Figure 1 – One Shell Plaza Tower, Houston, USA and Barclays Bank Head Office, London, UK.



Source: Khan, 2004 - Lytag, 2013.

In a previous work, Bonifacio et al. (2014) created numerical simulations to evaluate the LWAC's properties, because the mechanical properties of LWA are not easily measured through experimental techniques. Nowadays, the compressive strength of LWAs is commonly evaluated through experimental methods and empirical correlations. The standard experimental method to evaluate mechanical strength of aggregates is the crushing test, but the resultant compressive strength of the aggregate from the crushing test does not accurately reflect the failure mode of the LWA in the concrete (KE et al., 2014). This issue impairs the prediction of the LWAC compressive strength. However, prediction models of the mechanical properties of concrete can assist reducing the time and cost of projects by providing essential data for the structural calculations.

The input parameters adopted in each simulation by BONIFACIO (2014) were: compressive strength (f_m) and Young modulus (E_m) of the mortar matrix, volume fraction of LWA adopted in the concrete's mixture, compressive strength measured on hardened LWAC samples ($f_{c,exp}$), Young modulus of the LWAC samples ($E_{c,exp}$), and Young modulus of the LWA (E_a). By adopting the aggregate and the mortar properties - f_a , E_a , f_m and E_m - the previous work (BONIFACIO et al., 2014), simulates numerically the

behavior of LWAC samples when exposed to compressive load.

The number of simulations to reach satisfactory results can become a barrier to researchers, since the steps required to complete the entire process can take a lot of time, annotations about state of the processing are needed to improve organization of the whole work, but still manual errors may occur during the stages of execution of the numerical simulations. Besides that, it is not uncommon to find problems that require weeks or months of computation to solve. Therefore, researchers must use computational systems to assist the execution of simulations.

In the present study, Scientific Workflow Automation in Distributed Environment (SWADE) system, developed by authors, was employed in order to assist all steps of the work and to reduce potential problems. This system uses concepts of many-task computing paradigm and scientific workflow.

Many-Task Computing (MTC) is a term in computer science to describe the use of many computing resources over short periods of time to accomplish many computational tasks. These tasks may be compute-intensive or data-intensive, small or larger, uniprocessor or multiprocessor. The set of tasks may be loosely coupled or tightly coupled, static or dynamic, homogeneous or heterogeneous. However, the amount of computing, number of aggregated tasks and volume of data may be extremely large (RAICU, 2009).

Scientific Workflow is a description of the steps needed to execute a particular experiment, including its artifacts and processes. A Scientific Workflow System (SWS) is a computational tool to automate workflows' execution, helping researches to create and execute computational experiments, giving access to services and information available in a computing environment (PIGNOTTI et al., 2011). However, other definitions may be found in the article of SEFFINO et al., 1999; YU and BYYA, 2005 and ALTINTAS et al., 2006. The key feature of SWSs is the flexibility, i.e., to make it easy to maintain workflows; to use heterogeneous data; to track execution; and to analyze results. These characteristics are essential to the efficiency of research activities (BONIFACIO, 2008).

Therefore, the main goal of this study is to present the results of numerical simulations executed in distributed environment, using concepts of MTC paradigm and scientific workflow (DEELMAN et al., 2009; GANNON et al., 2007), to complete the set of three-dimensional numerical simulations of lightweight aggregate compressive strength with minimum time, reduced manual errors and efficiently.

II. NUMERICAL SIMULATION OF LIGHTWEIGHT AGGREGATE COMPRESSIVE STRENGTH

The numerical program employed in previous work BONIFACIO et al. (2014) was accomplished using Cast3M. This software applies the Finite Element Method to several areas, such as elasticity, elastoviscoplasticity problems, among others (LE FICHOUX, 2011). Cast3M employs a specific high level object oriented macro-language – named Gibiane – where the solver is integrated with pre-processing and post-processing tools.

Experimental results obtained from a set of LWAC cylindrical samples made of ordinary mortar with 12.5% of expanded clay 4/10 was taken as benchmark. The LWAC is

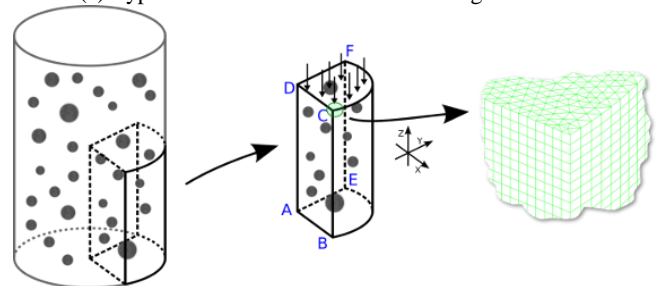
assumed as a biphasic medium, composed of mortar (m) and LWA (a). The material properties adopted for validation purposes were extracted from reference (KE et al., 2014) and are summed in Table 1.

Table 1 - Experimental parameters employed in numerical program by BONIFACIO et al. (2014).

Parameter	Description	Value (MPa)
E_a	LWA's Young's modulus	8030.00
E_m	Mortar's Young's modulus	28600.00
f_a	LWA's compressive strength	18.30
f_m	Mortar's compressive strength	40.20
p_a	LWA's tensile strength	2.41
p_m	Mortar's tensile strength	8.04
$f_{c,exp}$	LWAC's compressive strength	39.00

The geometry of the 3D models represents a 1/8th section of a standard cylindrical sample with 16cm of diameter and 32cm high, as shown in Figure 2a. The aggregates are considered as spherical. The spheres are randomly distributed and immerse in mortar and assumed as a homogenous material. The LWA diameter's distribution reproduces the actual aggregate gradation adopted in the mixture. By taking advantage of the symmetry characteristics concerning loading and geometry, Figure 2 represents the model employed in simulations.

Figure 2 - Numerical representation of a LWAC sample: (a) geometry of the numerical sample showing the concrete and aggregates in gray; (b) geometrical model employed in the numerical simulations so as to represent 1/8th of a LWAC cylinder; (c) Typical FE mesh with six-noded wedge elements.



Source: BONIFACIO et al. (2014).

In order to account for the dispersion of results, thirty 3D models were generated from the same synthetic sample, each one presenting a different random spatial aggregate distribution. Figure 3 illustrates a typical 3D numerical simulation result for compressive strength of mortar and aggregates.

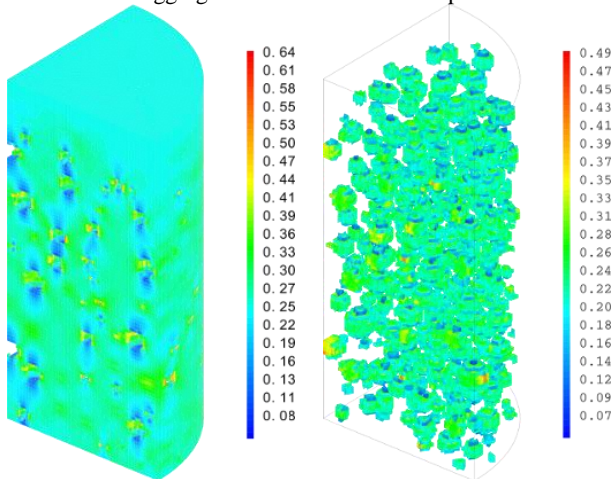
III. SWADE ARCHITECTURE

Scientific Workflow Automation in Distributed Environment (SWADE) system was developed based on various concepts of Many-Task Computing (MTC), such as provisioning computing resources to accomplish many computational tasks, that may be compute-intensive or data-intensive, small or large, static or dynamic, uniprocessor or multiprocessor, and others. Moreover, SWADE employs scientific workflow to allow researchers to automate workflow's execution of simulations, assisting researches to create and execute computational experiments.

SWADE network architecture enables easy insertion of new processing nodes in the system network, making the processing capacity scalable. To achieve this, the machine's

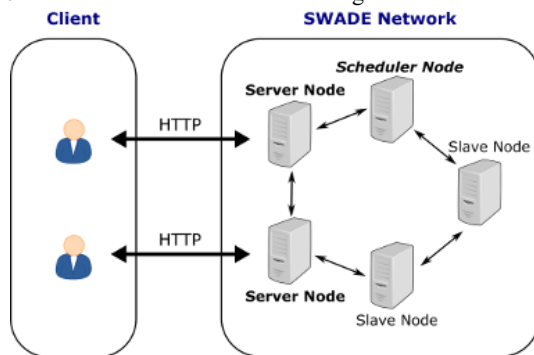
owner, connected to the local network or Internet, just need to install SWADE system in another machine and set the IP address of main machine. Figure 4 illustrates the structure of SWADE network architecture.

Figure 3 - compressive distribution for finite elements modeling mortar and aggregates. Scale indicates compressive level.



Source: BONIFACIO et al. (2014).

Figure 4 - SWADE's Architecture describing communication network.



Source: The authors.

The set of communicating nodes distribute the task of interpreting workflow descriptions; scheduling and executing tasks. The nodes also perform client activities that allow user interaction with the system, to create and monitor the execution of experiments; to do insertion and removal of new processing nodes in the system; among others.

Scheduling jobs has the collaboration of all nodes, but has its main behavior centralized. One of the nodes assumes the role of a main scheduler, to centralize information that allows the balancing while processing multiple workflows. Currently, SWADE has implemented the FIFO (First In, First Out) scheduling policy, which ensures that the demands are processed at arrival order, according to the availability of the servers.

The language to define workflows currently employed in SWADE is LUA (IERUSALIMSCHY, DE FIGUEIREDO and CELES FILHO, 1996) that allows: sequencing of actions, iteration, conditional execution, passing parameters, variables and to define functions. SWADE also allows making available new actions for composing workflows by extending from XML file and external programs or Java library. Such actions may vary in nature, for example: an operating system command (Windows or Linux); an executable program (Java or C); third-party tools that can be executed from the command line (MATLAB or Cast3M); web services; among others, added without recompiling the system.

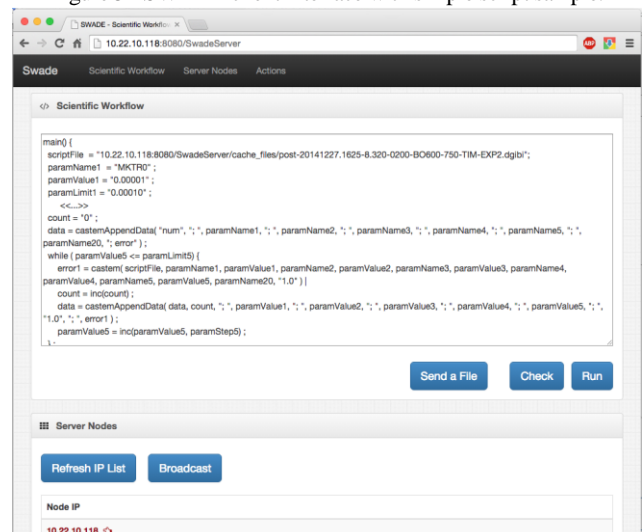
Parallel actions are executed by sending them to "background", where SWADE schedules and distributes tasks to all nodes in your network, automatically.

New actions are given a mnemonic name to be used within the LUA language, and are recognized by SWADE at runtime along with the associated parameters. The addition of new actions can be managed in a distributed way, by any client node of the system. The technical details of the action activation are encapsulated in XML based configuration files, and loaded only once, at deployment time, making the action available to the user in the form of a function call, such as *swade.castem("script.dgibi")*.

The lightweight source code of SWADE allows the researchers experiment different aspects of concern with little effort. Simple annotations in a XML file, which define how to execute a program, are enough to make available new building blocks to SWADE users, such as C programs, web-services and Java library.

The interface to build, activate and monitor the execution of scientific workflows is shown in Figure 5, which also illustrates the syntax of SWADE's language.

Figure 5 - SWADE client interface with simple script sample.



Source: The authors.

IV. STRATEGY EMPLOYED FOR NUMERICAL SIMULATIONS

In order to aid verify if numerical model is a good approximation of experimental results, thirty 3D models were generated from the same synthetic sample for the dispersion of results, and each sample presenting a different random spatial aggregate distribution.

As previously mentioned, numerical simulation is executed in Cast3M, so a Java code was developed to run Cast3M scripts, capture the result and make it available on SWADE. This action was defined in XML file, named as *swade.castem* and available to any researcher to use it.

Scientific workflow was built to execute all numerical simulation in parallel, specify the spatial aggregate distribution for each simulation, execute Cast3M script and extract the results. Algorithm 1 describes these process from scientific workflow used to run all numerical simulation in SWADE.

The average time required to perform a numerical simulation was 342 minutes and consumed around 90Gb of RAM. Thus, if all simulations have been done sequentially,

it would have taken 10,260 minutes (171h) to finish the whole work, considering that there were no breaks between start and finish of each simulation and no manual errors. However, using SWADE system running in parallel mode was needed only 1.751 minutes (29h11m) to conclude all numerical simulations. This time represents just 17% of time in sequential execution mode.

Algorithm 1 - Description of the Scientific Workflow used to execute all numerical simulations in SWADE.

```

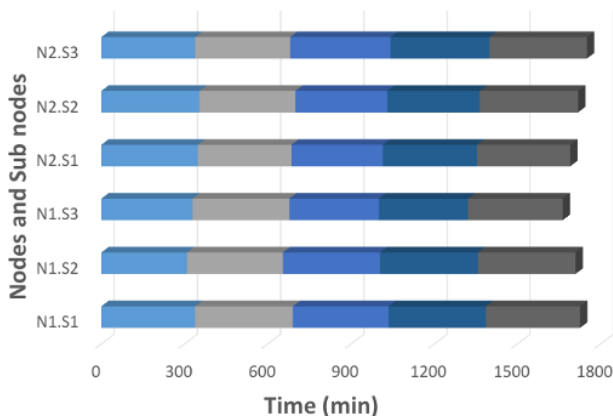
begin
  initialize_parameters_value;
  for j := 1 to 30 step 1 do
    run_block_of_actions_in_parallel[
      get_random_aggregate_distribution(j);
      update_castem_base_script;
      run_numerical_model;
      save_result;
    ];
  end for
  wait_all_actions_in_background;
end

```

Source: The authors.

Parallel execution of actions was made in two machines with following specifications: AMD Opteron 6272 [Dual] (2.1GHz) with 16 cores and 264Gb of RAM. Based on available computational resources, each machine was able to run three instances of Cast3M at the same time, so three sub nodes were created to run these process in each machine. Figure 6 presents a Gantt graph that show occupation of two SWADE nodes and three sub nodes in each node.

Figure 6 - Gantt graph of occupation of SWADE nodes and sub nodes in each node.



Source: The authors.

In addition to lower time to execute all numerical simulations, this new approach eliminates any possible error by human interaction while executing simulations or extracting the results, thus obtaining a better efficiency. Moreover, a feature that aids to improve the efficiency of workflow consists of organizing all the actions in queues and send them to SWADE nodes as soon as running actions finish the work.

V. CONCLUSION

The present work deals with execution of three-dimensional numerical simulations of lightweight aggregate

concrete compressive strength using concepts of many-task computing paradigm and scientific workflow.

Thus, thirty 3D models were generated from the same synthetic sample and presented a different random spatial aggregate distribution. Based on these models, numerical simulations were evaluated to obtain LWAC's properties, since the mechanical properties of LWA are not easily measured through experimental techniques.

Using SWADE system running in parallel mode, the time needed to execute all numerical simulations was lower than sequential approach, considering that there were no breaks between start and finish of each simulation. A scenario considering only sequential execution would need 10,260 minutes (171h), while the approach via SWADE concluded the workflow execution in 1,751 minutes (29h11m), resulting in 29% of the time of the first approach. Moreover, possible manual errors during execution of simulations and extraction of results were eliminated.

Different facts contributed to reach such results: (a) the parallel execution of the numerical simulations; (b) automatic change of sample with random spatial aggregate distribution and (c) the operational efficiency provided by the use of SWADE system.

Furthermore, SWADE contributed on the following aspects of the in silico experimentation life cycle:

- the automation of the experiment execution control avoided the human intervention that is time consuming and error prone. The automation enabled to apply a strategy that would have been toilsome to execute manually;
- the parallel execution of tasks significantly improved execution efficiency;
- the ease to integrate third party software into the workflow system, as it was the case with Cast3M. Such task may take a huge effort on other tools as described in BONIFACIO (2008).

Using the LUA language embedded in SWADE, makes the learning curve of creation of scientific workflow faster and avoids a couple of complex technical details inherent to distributed and heterogeneous systems.

These results encourage further studies towards improvements of the SWADE system that may assist engineer researchers for scientific and practical purposes.

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); UFJF (Federal University of Juiz de Fora); FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) and CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for financial support.

VII. REFERENCE

ALTINTAS, I.; BARNEY, O. and JAEGER-FRANK, E. **Provenance collection support in the kepler scientific workflow system**. Springer Berlin Heidelberg, pp. 118-132, 2006. http://dx.doi.org/10.1007/11890850_14

BONIFACIO, A.L. **Análise de ferramentas computadorizadas para suporte à modelagem computacional - estudo de caso no domínio de dinâmica dos corpos deformáveis** [Analysis of Computerized Tools for Computational Modeling Support – Case Study of the

Dynamics System Domain], MSc. Thesis, Federal University of Juiz de Fora - UFJF, Brazil, 2008. (*in Portuguese*)

BONIFÁCIO, A.L.; MENDES, J.C.; CUNHA, F.M.; FARAGE, M.C.R.; BARBOSA, F.S. and ORTOLA, S. **Three-Dimensional Numerical Evaluation of Lightweight Aggregate Compressive Strength**. *Mecânica Computacional*, v. XXXIII, p. 733-744, 2014.

COUSINS, T.E.; ROBERTS-WOLLMANN, C.L. and BROWN, M.C. **High-performance/high-strength lightweight concrete for bridge girders and decks**. Transportation Research Board, 2013.

DEELMAN, E.; GANNON, D.; SHIELDS, M. and TAYLOR, I. **Workflows and e-science: An overview of workflow system features and capabilities**. *Future Generation Computer Systems*, vol. 25, n. 5, pp. 528-540, 2009.

FERNANDEZ, R.P. and PARDO, M.L. **Offshore concrete structures**. *Ocean Engineering*, v. 58, pp. 304-316, 2013.

GANNON, D.; TAYLOR, I.J.; DEELMAN, E. and SHIELDS, M. **Workflows for e-Science**. Springer - Verlag London Limited, 2007.

GO, C.G.; TANG, J.R.; CHI, J.H.; CHEN, C.T. and HUANG, Y.L. **Fire-resistance property of reinforced lightweight aggregate concrete wall**. *Construction and Building Materials*, v. 30, p. 725-733, 2012.

IERUSALIMSCHY, R.; DE FIGUEIREDO, L.H. and CELES FILHO, W. **Lua - an extensible extension language**. *Softw., Pract. Exper.*, v. 26, n. 6, p. 635-652, 1996.

KE, Y.; ORTOLA, S.; BEAUCOUR, A. and DUMONTET, H. **Micro-stress analysis and identification of lightweight aggregate's failure strength by micromechanical modeling**. *Mechanics of Materials*, 68:176-192, 2014.

KHAN, Y.S. **Engineering architecture: the vision of Fazlur R. Khan**. WW Norton & Company, 2004.

LE FICHOUX E. **Présentation et utilisation de CASTEM**. CEA, 2011.

LYTAG. **Project Profile - Barclays Bank, Canary Wharf**. <http://www.lytag.com/case-studies>, 2013. Accessed: 2016-03-12.

MEYER, K.F. and KAHN, L.F. **Lightweight concrete reduces weight and increases span length of pretensioned concrete bridge girders**. *PCI journal*, v. 47, n. 1, p. 68-75, 2002.

PIGNOTTI, E.; EDWARDS, P.; GOTTS, N. and POLHILL, G. **Enhancing workflow with a semantic description of scientific intent**. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, vol. 9, n. 2, 2011.

RAICU, I. **Many-task computing: bridging the gap between high-throughput computing and high-performance computing**. ProQuest, 2009.

SEFFINO, L.; MEDEIROS, C.; ROCHA, J. and YI, B. **Woodss — a spatial decision support system based on workflows**. *Decision Support Systems*, vol. 27, n. 1-2, pp. 105-123, 1999.

YU, J. and BUYYA, R. **A taxonomy of scientific workflow systems for grid computing**. *SIGMOD Rec.*, vol. 34, n. 3, pp. 44-49, 2005.

VIII. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

A INFLUÊNCIA DAS CARGAS DO CENTRO TECNOLÓGICO NA REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

THE INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL CENTER'S LOADS IN THE FEDERAL UNIVERSITY OF ESPIRITO SANTO'S ELECTRICAL NETWORK

FELIPE DEMUNER MAGALHÃES¹; DOMINGOS SÁVIO LYRIO SIMONETTI¹
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

felipe.magalhaes@ufes.br; domingos.simonetti@ufes.br

Resumo – Este estudo objetivou analisar as cargas do Centro Tecnológico do campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo, a fim de verificar a influência das mesmas na rede elétrica do campus. Atualmente o Centro Tecnológico dispõe de nove transformadores, dos quais foram escolhidos três transformadores, um de 500kVA e dois de 300kVA, devido à sua importância e magnitude, visto que são os três maiores transformadores do referido Centro. Para a realização das medições, foi utilizado o Analisador de Energia Elétrica RE6000, da empresa Embrasul, juntamente com seu software, ANL6000. Após realizar medições durante 7 dias consecutivos em cada um dos transformadores, foram analisadas as tensões, correntes, DHT de corrente, potências aparentes e fatores de potência, verificando assim a influência destas cargas na rede elétrica da Universidade e indicando possibilidades de melhorias.

Palavras-chave: Energia Elétrica. Qualidade de Energia. Sistemas de Energia.

Abstract - This study aimed to analyze the the Technological Center's loads of the Goiabeiras' campus of the Federal University of Espírito Santo, in order to verify their influence in the campus' electrical network. Currently the Technological Center has nine transformers, of which three transformers were chosen, one of 500kVA and two of 300kVA, due to their importance and magnitude, since they are the three major transformers of the Center. In order to carry out the measurements, the RE6000 Electrical Energy Analyzer, from the company Embrasul, was used, along with its software, ANL6000. After measurements were made for 7 consecutive days in each of the transformers, the voltages, currents, current THD, apparent powers and power factors were analyzed, thus verifying the influence of these loads on the University's electrical network and indicating possibilities for improvements.

Keywords: Electric Power. Power Quality. Power Systems.

I. INTRODUÇÃO

A organização social atual depende cada vez mais da eletricidade, que é necessária desde o acender de uma lâmpada dentro de uma residência até o funcionamento de um parque industrial completo (LOURENÇO, 2012). O crescente desenvolvimento populacional, atrelado à expansão em diversas áreas da tecnologia, demanda um consumo cada vez maior de energia elétrica (ANEEL, 2008; TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007). De acordo com Silva e Souza (2012, p.3), “com o aumento de

70% no consumo de energia nos últimos 30 anos, estima-se um crescimento anual de 1,7% até 2030”. Por este motivo, a disponibilidade deste tipo de energia, e consequentemente a qualidade da mesma, são fatores essenciais para que a humanidade possa se desenvolver economicamente, obtendo assim um aumento no conforto e bem-estar.

Com o crescimento da população universitária, resultado, dentre outros, de diversas políticas de incentivo à educação (que proporcionaram aumento tanto no número de vagas quanto no número de servidores das universidades federais), há uma constante elevação do número de edificações, resultando no aumento do consumo de energia dentro de todos os *campi* da UFES. Além disso, são instalados diversos equipamentos didáticos e de pesquisa em toda a Universidade, o que contribui para a redução da qualidade da energia elétrica dos *campi* (FERNANDES JÚNIOR, 2003).

O *campus* de Goiabeiras, objeto deste estudo, recebe da EDP Escelsa a sua energia através de uma subestação abaixadora de 34,5 kV para 11,4 kV. A partir desta subestação, há uma rede de distribuição em 11,4 kV, que circunda todo o campus, alimentado diversos transformadores abaixadores de 11,4 kV para 220/127V, que é a tensão padronizada dentro da Universidade.

Este trabalho teve por objetivo geral realizar um diagnóstico das condições da qualidade da energia elétrica no Centro Tecnológico do *campus* de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo, verificando a situação atual do sistema e analisando o impacto das cargas do Centro Tecnológico na rede elétrica da Universidade.

II. PROCEDIMENTOS

Inicialmente foram levantadas, junto à Gerência de Planejamento Físico da Prefeitura Universitária, informações referentes aos transformadores e linhas de distribuição existentes no Centro Tecnológico, a fim de delimitar mais claramente o objeto do estudo, determinando em quais transformadores seriam realizadas as medições.

Foram escolhidos três transformadores para a realização deste estudo: os dois transformadores da Subestação Abrigada do Centro Tecnológico, sendo um de 500kVA e outro de 300kVA, e o transformador de 300 kVA que fornece energia para o Prédio das Pós-Graduações do Centro Tecnológico.

A escolha se deu devido a estes serem os maiores transformadores que compõem as instalações do Centro Tecnológico, totalizando 1.100kVA, representando 58,28% do total de 1.887,5kVA de potência instalada dos 9 transformadores do Centro Tecnológico.

Na Figura 1 é apresentado um diagrama esquemático do Centro Tecnológico, representando os 9 transformadores existentes, sendo que os três transformadores retratados neste estudo estão ressaltados pela representação da cor vermelha, juntamente com os prédios abastecidos por eles.

Figura 1 – Diagrama Esquemático do Centro Tecnológico



Fonte: Autores, 2016.

A metodologia proposta se baseia na medição de grandezas elétricas dos principais pontos de consumo da Centro Tecnológico, a partir da utilização de analisadores de energia elétrica. A medição foi realizada ininterruptamente por sete dias em cada transformador, a fim de traçar o perfil de tensão e corrente de cada um, utilizando o analisador de energia elétrica RE6000, da Embrasul (Figura 2).

Figura 2 – Analisador de Energia Elétrica RE6000



Fonte: Embrasul, 2016.

Para permitir a instalação do analisador, foi necessário confeccionar uma caixa de ACM (*Aluminium Composite Material*), com tampa removível e orifícios inferiores, permitindo a passagem dos cabos dos TCs e dos jacarés para medição de tensão.

Para permitir a realização das medições, foi necessário contar com o apoio dos eletricitas da Gerência de Manutenção de Edificações e Equipamentos da Prefeitura Universitária, para que todos requisitos da NR 10 fossem

atendidos, garantindo assim a segurança dos pesquisadores e dos equipamentos.

Após as medições, foram verificados os arquivos gerados pelo dispositivo, por meio do software ANL6000, da própria Embrasul, a fim de gerar os gráficos de tensões, potências e fator de potência, permitindo assim analisar os impactos das cargas do Centro Tecnológico na rede elétrica do *campus*.

III. RESULTADOS

O analisador foi configurado de forma a realizar medidas por 7 dias consecutivos em cada um dos transformadores, coletando informações relativas às tensões, correntes, potências, distorções harmônicas e transientes. Serão analisados aqui os gráficos de tensão, corrente, DHT de corrente, potência aparente e fator de potência, a fim de analisar a situação de cada transformador, permitindo compreender qual o impacto as cargas do Centro Tecnológico causam na rede elétrica do *campus*.

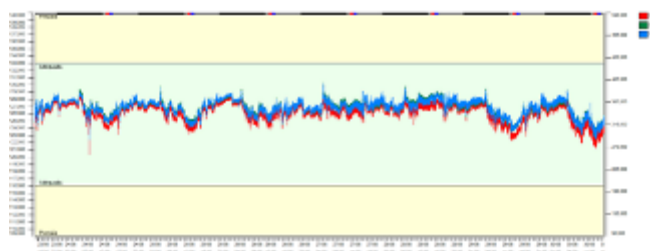
A fim de facilitar a diferenciação entre os transformadores, a partir de agora serão utilizadas as seguintes nomenclaturas:

- Trafo 1 – Transformador de 500kVA da Subestação Abrigada;
- Trafo 2 – Transformador de 300kVA da Subestação Abrigada;
- Trafo 3 – Transformador de 300kVA do Prédio das Pós-Graduações.

3.1 – Transformador de 500kVA – Subestação Abrigada

O transformador de 500kVA do Centro Tecnológico é o maior transformador em 15kV do *campus* de Goiabeiras, representando uma potencial fonte de consumo de energia. A partir da Figura 3, pode-se perceber que o nível das tensões está adequado, sofrendo pequenas oscilações, mas sem atingir a faixa precária, muito menos a crítica (ANEEL, 2012). Pode-se perceber, também, que as tensões nas três fases oscilam de forma análoga, o que era esperado.

Figura 3 – Gráfico de Tensões do Trafo 1



Fonte: Autores, 2016.

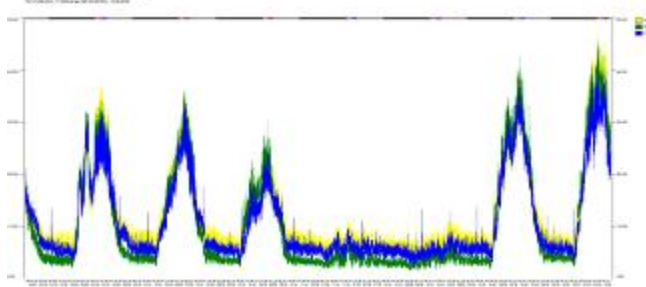
A curva em vermelho representa a tensão na Fase A, a cor verde representa a tensão na Fase B e a vermelha a da Fase C. Todos os gráficos que serão apresentados estarão dispostos da mesma maneira, porém utilizando-se cores diferentes. Esta diferenciação não será descrita novamente, para este estudo, pois não há necessidade de saber o que ocorre em cada fase especificadamente, mas analisar as diferenças entre elas.

Pode-se perceber, ao analisar a Figura 4, que na semana em que o analisador foi instalado a demanda do transformador estava muito aquém de sua capacidade (o eixo vertical do gráfico indica correntes de 0A a 550A, com subdivisões a cada 110A. Isto indica que o transformador

está com uma demanda com menos de 50% de sua potência nominal, no momento de maior pico de carga. Percebe-se também que não há desequilíbrio entre as fases, a não ser nos momentos de baixa demanda.

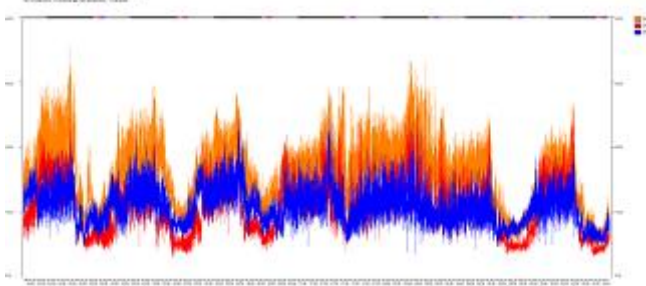
Ao verificar a Figura 5, percebe-se valores relativamente altos de Distorção Harmônica Total de Corrente, chegando a picos de cerca de 35% (o eixo vertical do gráfico indica de 0% a 40%). Porém, ao comparar estas informações com a Figura 4, percebe-se claramente que a DHT só atinge valores altos quando os valores das correntes são extremamente baixos, ou seja, nos momentos em que os prédios não estão sendo utilizados. Durante os períodos em que há realmente demanda, os valores de DHT reduzem a uma média de 10% do valor da corrente fundamental.

Figura 4 – Gráfico de Correntes do Trafo 1



Fonte: Autores, 2016.

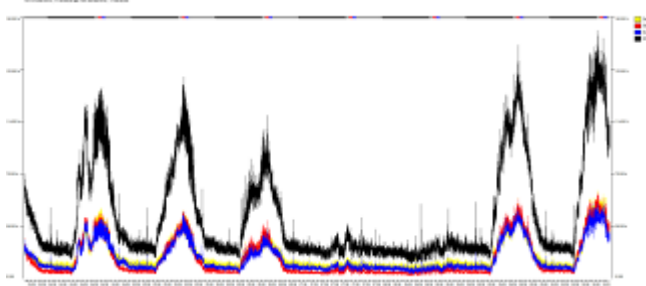
Figura 5 – Gráfico de DHTs de Corrente do Trafo 1



Fonte: Autores, 2016.

Conforme já visualizado nas Figuras 3 e 4, pode-se verificar que as cargas estão relativamente bem balanceadas nas 3 fases, e também que o transformador está bastante subutilizado, conforme demonstra a Figura 6. O eixo vertical indica as potências aparentes, trifásica e por cada fase, de 0kVA a 190kVA, com subdivisões a cada 38kVA.

Figura 6 – Gráfico de Potências Aparentes do Trafo 1

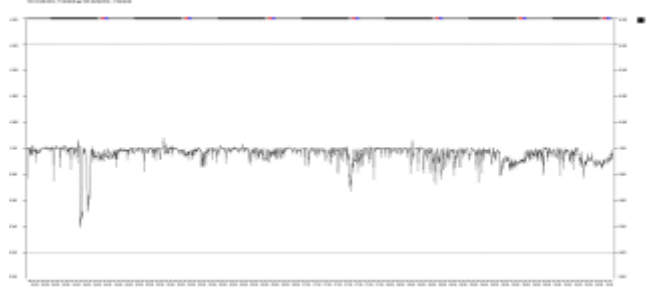


Fonte: Autores, 2016.

Ao analisar o fator de potência trifásico, percebe-se que em nenhum momento durante a semana houve extrapolação dos limites definidos, de 0,92 indutivo ou capacitivo (ANEEL, 2012). O eixo vertical da Figura 7

indica o fator de potência, de 0,90 indutivo a 0,90 capacitivo, com destaque para os limites de 0,92.

Figura 7 – Gráfico de Fator de Potência Trifásico do Trafo 1

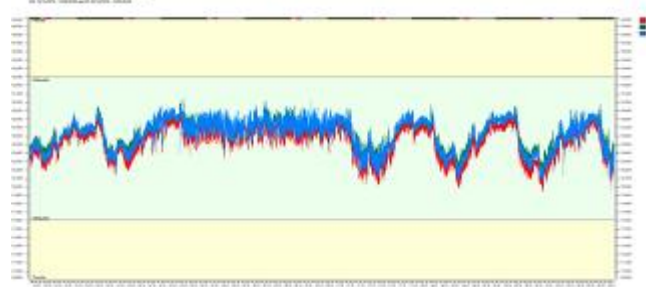


Fonte: Autores, 2016.

3.2 – Transformador de 300kVA – Subestação Abrigada

O transformador de 300kVA da Subestação Abrigada é, hoje, o transformador com a maior demanda no Centro Tecnológico, representando uma fonte alta de consumo de energia. A partir da Figura 8, pode-se perceber que o nível das tensões também está adequado.

Figura 8 – Gráfico de Tensões do Trafo 2

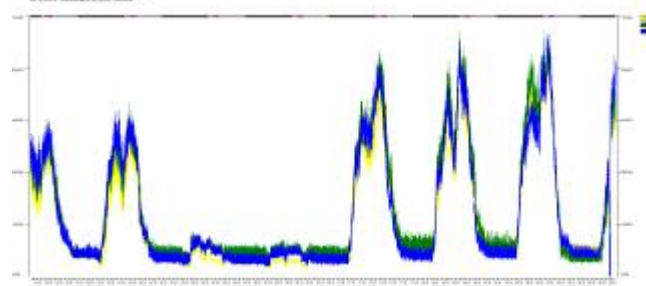


Fonte: Autores, 2016.

A corrente medida durante os 7 dias indica que este transformador está com uma carga bem próxima de sua potência nominal (o eixo vertical da Figura 9 indica correntes de 0A a 730A, com subdivisões a cada 146A). Percebe-se, porém, que há um leve desequilíbrio entre as fases, mesmo nos momentos de alta demanda.

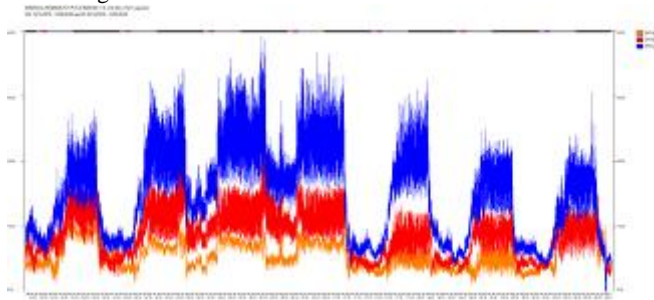
Ao verificar a Figura 10, comparando-a com a Figura 9, pode-se averiguar que, novamente, a Distorção Harmônica Total de Corrente só atinge valores percentuais elevados durante momentos de baixa demanda. Durante os períodos em que há realmente demanda, os valores de DHT reduzem a uma média de 5% do valor da corrente fundamental.

Figura 9 – Gráfico de Correntes do Trafo 2



Fonte: Autores, 2016.

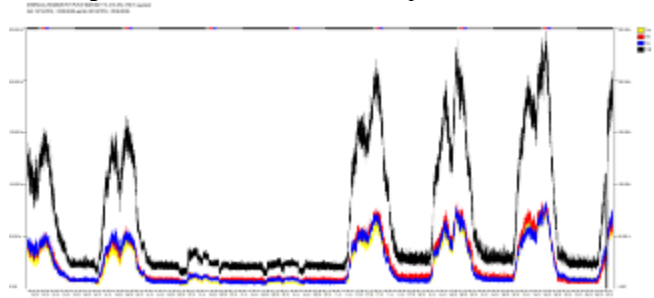
Figura 10 – Gráfico de DHTs de Corrente do Trafo 2



Fonte: Autores, 2016.

Como era de se esperar, a Figura 11 representa o que já foi constatado nas Figuras 9 e 10, que há um pequeno desbalanceamento nas 3 fases, e também que o transformador está sendo bastante aproveitado, com uma carga de 250kVA no pico. O eixo vertical indica as potências aparentes, trifásica e por cada fase, de 0kVA a 250kVA, com subdivisões a cada 50kVA.

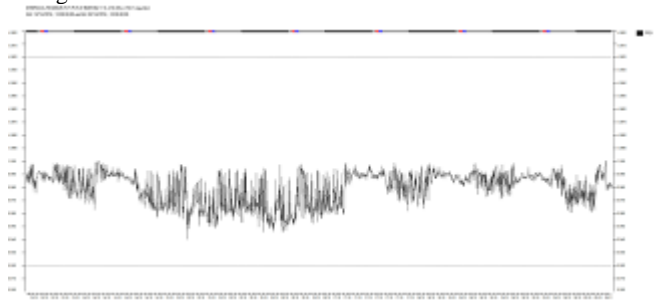
Figura 11 – Gráfico de Potências Aparentes do Trafo 2



Fonte: Autores, 2016.

Também é possível verificar, na Figura 12, que não houve extrapolção dos limites de fator de potência. Confrontando as informações com a Figura 11, visualiza-se que os momentos com pior fator de potência ocorrem durante os períodos de baixa demanda.

Figura 12 – Gráfico de Fator de Potência Trifásico do Trafo 2



Fonte: Autores, 2016.

3.3 – Transformador de 300kVA – Pós-Graduações

O Prédio das Pós-Graduações foi concebido, inicialmente, para utilização da Petrobras durante um convênio de pesquisa entre a empresa e a Universidade. Após o fim do convênio, o prédio foi destinado às secretarias acadêmicas e a alguns laboratórios dos cursos de Pós-Graduação do Centro Tecnológico. O transformador de 300kVA foi instalado por esta empresa, mas foi doado à UFES, e continua fornecendo energia para o mesmo prédio.

Ao analisar as tensões medidas, conforme indica a Figura 13, percebe-se novamente que o nível das tensões também está adequado, como nos outros dois transformadores.

Figura 13 – Gráfico de Tensões do Trafo 3

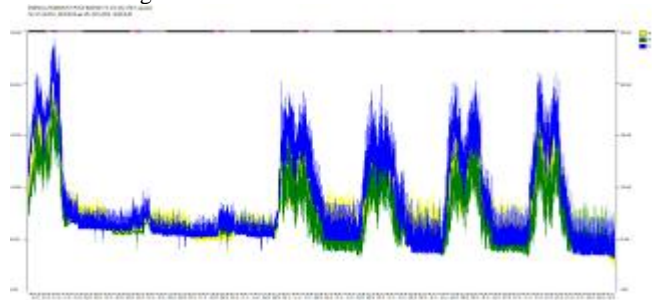


Fonte: Autores, 2016.

A corrente obtida indica que a carga do transformador está bem abaixo da capacidade do mesmo, chegando a um pico próximo de 325A. Pode-se verificar também um desequilíbrio entre as fases, principalmente nos momentos de alta demanda, como indica a Figura 14.

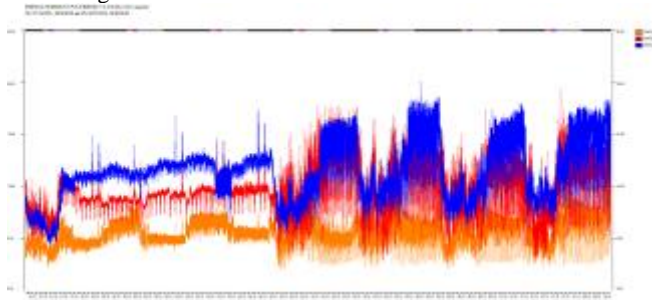
A Figura 15, cujo eixo indica de 0% a 25% de DHT de corrente, indica um percentual de cerca de 20% de pico, durante os momentos de baixa demanda. Já o valor médio do DHT durante a utilização normal do prédio gira em torno de 7% da onda fundamental da corrente. O desequilíbrio entre as fases também fica evidente nos valores da DHT.

Figura 14 – Gráfico de Correntes do Trafo 3



Fonte: Autores, 2016.

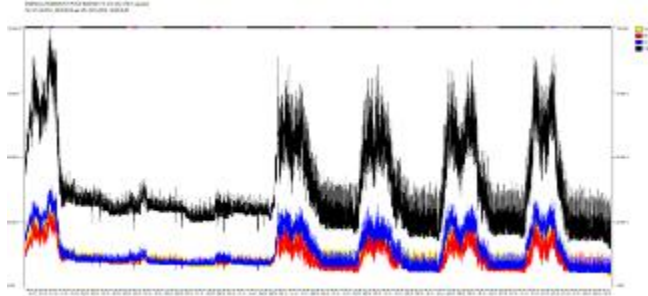
Figura 15 – Gráfico de DHTs de Corrente do Trafo 3



Fonte: Autores, 2016.

Estas percepções são refletivas na Figura 16, que representa as potências aparentes, trifásica e por fases, com o eixo vertical variando de 0kVA a 100kVA. O desequilíbrio fica bem evidente, assim como a baixa utilização do transformador.

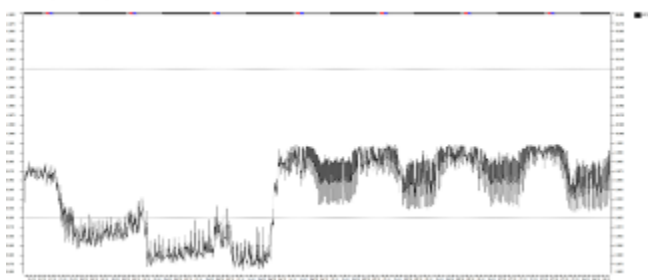
Figura 16 – Gráfico de Potências Aparentes do Trafo 3



Fonte: Autores, 2016.

Um dado um pouco preocupante é obtido ao analisar-se a Figura 17, que representa o fator de potência trifásico medido. Percebe-se claramente que durante o final de semana (das 18h de sexta-feira às 07h da segunda-feira) o fator de potência diminui drasticamente, ficando praticamente o período inteiro abaixo de 0,92. Isto provavelmente ocorre devido ao desligamento de boa parte da carga da edificação. É provável que a carga que permanece ligada necessita de um alto nível de potência reativa, podendo se tratar do transformador a vazio ou com pouca carga.

Figura 17 – Gráfico de Fator de Potência Trifásico do Trafo 3



Fonte: Autores, 2016.

IV. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar a situação das principais cargas do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, a fim de analisar o impacto das mesmas na rede elétrica do *campus*, por meio de medição das grandezas elétricas utilizando o Analisador de Energia Elétrica RE6000, da Embrasul.

Dos nove transformadores hoje instalados e funcionando no Centro Tecnológico, foram escolhidos três: um de 500kVA e dois de 300kVA, por serem os com maior capacidade.

Foi averiguado que os níveis de tensão dos três transformadores estão dentro da faixa adequada, assim como as DHT de corrente, que percentualmente são elevadas quando há baixa demanda, mas em valores absolutos influenciam muito pouco na rede elétrica.

Os maiores desafios observados foram o desequilíbrio das cargas, principalmente no Trafo 3, mas também no Trafo 1, em menor escala e o baixo fator de potência verificado no Trafo 3, durante o final de semana.

Para solucionar o desequilíbrio de cargas, sugere-se um levantamento das cargas instaladas em cada circuito, verificando a possibilidade de substituição de alimentação das mesmas, propiciando assim um maior balanceamento.

Já o fator de potência com valor baixo do Trafo 3 requer um estudo um pouco mais aprofundado, verificando

se há possibilidade de desligamento dos equipamentos que causam este problema, ou se será necessária a instalação de capacitores ou filtros, a fim de corrigir o fator de potência.

Em geral, porém, pode-se dizer que as cargas do Centro Tecnológico não causam transtornos à rede elétrica do *campus*. Muito pelo contrário, seu nível de tensão estabilizado é muito favorável, assim como o alto fator de potência obtido, principalmente, no Trafo 1, que auxilia a suprir a energia reativa necessária para outras cargas da Universidade, diminuindo assim a energia reativa excedente que é paga à concessionária de energia.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: 2008. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>.

Acesso em: 11 fev. 2015.

_____. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. Brasília: 2012. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/Modulo8_Revisao_1_Retificacao_1.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2015.

EMBRASUL. **Analisador de Energia Elétrica RE6000**. Porto Alegre, 2016. Disponível em:

<<http://embrasul.com.br/solucoes-detalhes?id=4&title=RE6000>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FERNANDES JÚNIOR, F. G. **Estudo do Consumo e Qualidade da Energia Elétrica no Campus Universitário Central da UFRN**. 2003. 60f. Monografia (conclusão do curso) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Computação e Automação, Natal, RN. Disponível em: <<http://www.dca.ufrn.br/~ricardo/files/TrabalhoFinalCurso.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2015.

LOURENÇO, T. G. M. **Avaliação da Qualidade de Energia Elétrica no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, CE. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4953/1/2012_dis_tgmlourenco.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2015.

SILVA, C. A. C.; SOUZA, T. M. de. Desenvolvimento de Sistema para Dimensionamento do Aquecedor Solar Popular de Água. **Revista Sodebras [on line]**, v. 7, n. 73, p. 3-6, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N73.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estud. - CEBRAP**, São Paulo, n. 79, nov. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003>. Acesso em: 11 fev. 2015.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

AVALIAÇÃO TÉCNICA DOS CENÁRIOS HARMÔNICOS EM CARGAS RESIDENCIAIS

TECHNICAL ASSESSMENT OF HARMONIC SCENARIOS IN RESIDENTIAL LOADS

EVANIR O. DE SOUZA, BSc.¹; ANDERSON J.R. OLIVEIRA, BSc.¹, LUIZ S. MOREIRA, BSc.¹,
MÁRCIO Z. FORTES, Dr.¹, GILSON B.A. LIMA, DSc.¹

¹UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE (UFF), 24210-240, NITERÓI, RJ, BRAZIL

evanirsouza@id.uff.br; andersonrangel7@gmail.com; luiz.santos@bio.fiocruz.br; mzf@vm.uff.br; glima@id.uff.br

Resumo – As cargas nas residências brasileiras têm se alterado consideravelmente nas últimas décadas em virtude do acesso a bens de consumo com circuitos eletroeletrônicos. Estas cargas possuem características diferenciadas das normalmente identificadas anteriormente, por serem mais eficientes energeticamente e caracterizadas em sua grande maioria por equipamentos não lineares (utilizam circuitos retificadores como fonte de alimentação). Alguns exemplos são os televisores com tecnologia LED, lâmpadas fluorescentes compactas e sistemas de ar condicionado com acionamento por inversores. Este artigo apresenta alguns exemplos de medições em campo efetuadas em residências que possuem estes “novos equipamentos” e apresenta comentários relacionados às distorções que estes sistemas podem causar a rede.

Palavras-chave: Distorções Harmônicas. Cargas não-Lineares. Qualidade de Energia.

Abstract - The residences load model in Brazil changed significantly in the last decades. These loads have the characteristic of being more efficient and non-linear, such as LED televisions, compact and LED fluorescent lamps, air-conditioners and refrigerators with frequency inverters, among others. But all of them cause harmonic distortion to the electricity system network. This article is intended to provide measurements of electrical variables four homes and check the distortions caused by non-linear loads. Finally it presents a technical solution to mitigate the effects of distortions to the electrical system.

Keywords: Harmonic distortion, non-linear charges, power quality.

I. INTRODUÇÃO

Recentemente tem havido uma expansão crescente do uso de cargas eletrônicas não lineares nas instalações dos consumidores residenciais e comerciais.

Estas cargas podem gerar componentes harmônicas, capazes de causar problemas diversos no sistema de distribuição de energia elétrica. Alguns exemplos de efeitos indesejáveis são: erros nos valores de faturamento relativos ao consumo de energia; aumento das perdas de energia e redução da tensão de distribuição; diminuição da vida útil de transformadores; riscos a banco de capacitores;

interferências em sinais de comunicação; sobrecarga da rede de distribuição por aumento da corrente eficaz; maior sensibilidade dos equipamentos instalados aos efeitos dos fenômenos (distúrbios) de qualidade de energia, que podem causar desligamentos e danos a equipamentos criando problemas a um número crescente de consumidores.

Observa-se o acesso e intenso uso de dispositivos eletrônicos para controle de motores nos setores industrial e comercial e nas residências onde ocorreu a popularização do uso de equipamentos eletrônicos, tais como microcomputadores pessoais, impressoras, vídeos-game, televisores, entre outros, que são cargas não lineares e geram distorções harmônicas.

Além disto, acredita-se que o consumo de energia na alimentação de cargas não lineares deverá tornar-se mais significativo nos próximos anos frente às cargas lineares. Então, é esperado que a geração de distorções harmônicas nos setores residencial e comercial torne-se maior quando comparado proporcional por carga instalada a geração de distorção no setor industrial, contribuindo para a Distorção Harmônica Total (DHT) do sistema elétrico e consequentemente impactando na qualidade de energia fornecida pelas distribuidoras.

Não se pode esquecer-se do impacto do micro e mini geradores distribuídos conectados a rede de distribuição, visto que a legislação tem sido atualizada para atender a esta possibilidade tecnológica de geração de energia renovável.

As harmônicas frequentemente encontradas nos casos de redes trifásicas, na prática as mais incômodas, são as harmônicas de ordens ímpares e uma boa precisão da medição é obtida considerando as harmônicas até a ordem 30. Os distribuidores de energia supervisionam as harmônicas de ordem 3, 5, 7, 11 e 13, devido a amplitude destas frequências. Assim, a compensação das harmônicas até a ordem 13 é imperativa, uma boa compensação leva igualmente em conta as harmônicas até a ordem 25.

Esse artigo traz a avaliação de cenários harmônicos do perfil de consumidores residenciais do Brasil, mais especificamente do Rio de Janeiro, para avaliar o impacto das cargas eletrônicas residenciais e comerciais, eficientes e não lineares no sistema de distribuição de energia elétrica.

Alguns estudos já estão sendo desenvolvidos relacionados a pesquisa do comportamento de cargas não lineares em sistemas de pequeno consumo. Exemplos destes estudos são: Análise da qualidade de Lâmpadas Fluorescentes Compactas (LFC) comercializadas no Brasil em Fortes (2013) e Pereira *et. al.* (2015), e o impacto destas lâmpadas frente aos limites de qualidade propostos em regulamentação brasileira (FORTES 2014); filtros passivos para equipamentos de informática (MANHAES, 2016), e em linha de pesquisa próxima ao apresentado neste artigo, uma comparação sobre aumento de eficiência e piora no aspecto de qualidade de energia em modernos equipamentos domésticos (TOADER, 2014).

É importante destacar que com a possibilidade de pequenos consumidores instalarem mini e micro gerações próprias, estes equipamentos de geração podem também gerar distorções a rede de distribuição como abordado em Fortes *et.al.* (2015).

II. METODOLOGIA

Neste artigo traça-se o perfil de alguns consumidores residenciais medindo grandezas elétricas para identificar características de sinal de tensão e corrente dos equipamentos e conteúdo harmônico de corrente que cada um destes produz. No caso de consumidores residenciais o tema que será abordado neste artigo são os resultados de medições realizadas por um analisador de energia em uma unidade de medição coletiva, sendo três resultados para o perfil de consumo baixo e dois para consumo médio. O local escolhido para estudo de caso permitiu medir quatro consumidores residenciais. Durante o intervalo das medições, foram acionadas as principais cargas como: televisão, a condicionado, chuveiro, secador de cabelo, ou seja, todas as cargas que poderiam mostrar vários cenários, portanto representam dados significativos e contribuem. As medições foram realizadas no quadro principal de alimentação de cada consumidor, utilizando para a tomada de medições um analisador de energia modelo RE 6000 Embrasul, que possibilita a medição da corrente com precisão= 0,2% (5 a 100% da leitura), conforme informado no manual do fabricante.

Para as definições do perfil de consumo baixo e médio levou-se em consideração a faixa de consumo mensal de cada consumidor residencial que são:

- Consumo abaixo de 200 kWh/mês – consumo baixo e com medidor bifásico.
- Consumo entre 200 e 500 kWh/mês – consumo médio e com medidor trifásico.

Consumidores de consumo baixo- consumidor dentro desse perfil que constituem as residências com no máximo 70m² de área construída de e com um histórico de consumo de energia mensal médio de 79 kWh/mês e que possuem em suas residências um conjunto de equipamentos eletroeletrônicos, tais como rádios, geladeiras, televisões, lâmpadas fluorescentes e chuveiro elétrico.

Consumidores de consumo médio - para esse padrão de consumidor foram verificadas duas residências com no máximo 120 m² de área construída e com um histórico de consumo de energia médio mensal de 230 kWh/mês. Os perfis de equipamentos eletroeletrônicos são bastante parecidos, pois possuem também rádios, geladeiras, televisões, lâmpadas fluorescentes, chuveiro elétrico, se

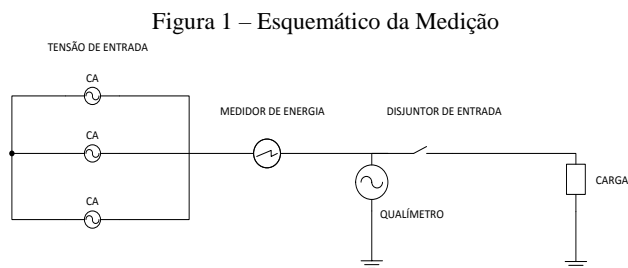
diferenciando por bateadeira elétrica, micro-ondas e ar condicionado.

Para se avaliar o impacto das cargas eletrônicas residenciais e comerciais eficientes e não lineares no sistema de distribuição, torna-se necessário identificar todas as cargas, ou pelo menos as cargas mais significativas, classificando-as em cargas lineares e não lineares. Em seguida, avaliar suas potências, correntes nominais, harmônicas, DHT's e modos de operação.

Foram feitas medições nestes consumidores a partir do quadro elétrico das residências, ou seja, entre o aparelho de medição da concessionária e o quadro elétrico principal de alimentação dos circuitos internos das residências em estudo, no estado do Rio de Janeiro.

De acordo com Gonzalez (2006) para se avaliar o impacto das cargas eletrônicas residenciais e comerciais eficientes e não-lineares no sistema de distribuição, torna-se necessário identificar todas as cargas, ou pelo menos as cargas mais significativas, classificando-as em cargas lineares e não lineares.

Para cada residência foram identificadas as cargas e verificado o efeito de cada uma delas na medição realizada. A Figura 1 representa um esquemático da conexão utilizada.



Fonte: Autores, 2015.

O tempo médio de medição para coleta dos dados foi de 10 a 12 minutos por residência, sendo então possível verificar consumo e a curva de distorção de corrente de cada consumidor. Pires (2006) apresentou algumas medições semelhantes e curvas de consumo e distorções em cargas residenciais e comerciais.

O perfil da carga caracterizada pelo consumo médio mês, corrente eficaz média, as taxas de distorções de corrente e tensão média medidas das residências verificadas é apresentado na Tabela 1.

III. MEDIÇÕES

3.1 - Medição das Cargas da Residência 1

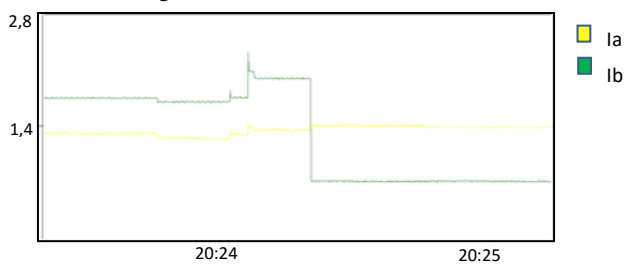
Este consumidor é alimentado por duas fases e possui um consumo médio de 270 kWh/mês. Considera-se que esse é um consumidor médio, conforme classificação apresentada em Pires (2006).

Esta residência possui as seguintes cargas relevantes: lâmpadas compactas fluorescentes, dois televisores digitais, uma geladeira, forno micro-ondas, dois ar-condicionado tipo parede de 18.000 BTU. A Figura 2 mostra as correntes eficazes, I_A e I_B , medidas nas fases A e B.

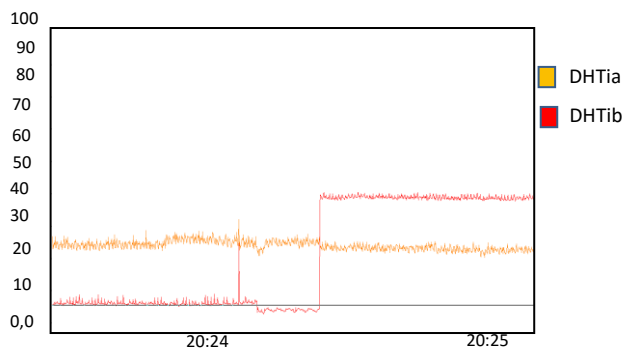
Tabela 1 – Perfil básico das cargas medidas

Consumidor	Residência				
	1	2	3	4	
Consumo Médio (kWh/mês)	270	408	152,78	357,3	
Corrente Eficaz media (A)	Fase A	1,4	3,4	1,1	2,7
	Fase B	1,7	1,2	0	0,8
	Fase C	0	0,6	0	0,8
DHT _i (médio) %	Fase A	27,7	27,2	45,7	20,8
	Fase B	15,5	2,5	0	3,28
	Fase C	0	0,2	0	3,08
DHT _v (médio) %	Fase A	1,8	1,8	1,8	1,8
	Fase B	1,9	2,1	0	2,1
	Fase C	0	1,9	0	1,8

Fonte: Autores, 2015.

Figura 2 – Corrente Eficaz – I_A e I_B

Pode-se observar que na fase A tem-se a televisão ligada com algumas lâmpadas fluorescentes compactas, confirma-se esta avaliação com os dados medidos e apresentados na Figura 3 que mostra a alta distorção harmônica causada por essas cargas não lineares, ou seja, o aumento da corrente produz aumento no índice DHT_i. No caso da fase B, observa-se o funcionamento da geladeira com algumas cargas não lineares, provavelmente lâmpadas fluorescentes compactas.

Figura 3 – Distorções Harmônicas – DHT_{iA} e DHT_{iB}

Fonte: Autores, 2015.

Na Figura 2, é possível identificar o desligamento da geladeira, observando-se aumento do índice DHT_i imediatamente. Percebe-se, a corrente da fase B, uma relação inversa entre a corrente eficaz e o índice DHT_i, na qual pode-se verificar que nesta fase as cargas lineares são as mais relevantes.

Os conteúdos harmônicos das correntes das fases A e B são apresentados na Tabela 2. Na corrente de fase A foi medido conteúdo harmônico ímpar até a 27ª ordem, o mesmo acontecendo na fase B, mas com distribuição de amplitudes e defasamentos angulares diferentes.

Tabela 2 – Conteúdos Harmônicos identificados na Residência 1.

Fase A			
Ordem harmônica (Ímpar)	RMS (A)	% Fundamental	Deslocamento angular
1	1,33	100	140
3	0,30	23	59
5	0,13	9,7	358
7	0,06	4,6	304
11	0,03	2,5	226
13	0,02	1,8	241
15	0,03	2,1	130
17	0,02	1,4	61
19	0,02	1,4	7,7
21	0,01	1,0	7,3
23	0,01	0,7	21
25	0,01	1,0	299
27	0,01	0,7	236
Fase B			
Ordem harmônica (Ímpar)	RMS (A)	% Fundamental	Deslocamento angular
1	1,71	100	264
3	0,15	9,2	207
5	0,14	8,1	182
7	0,12	7,1	119
9	0,07	4,2	63
11	0,04	2,36	26
13	0,02	1,57	1,0
15	0,03	1,84	297
17	0,03	1,84	249
19	0,01	1,05	207
21	0,01	0,78	184
23	0,01	0,78	123
25	0,01	0,78	107
27	0,01	0,52	44

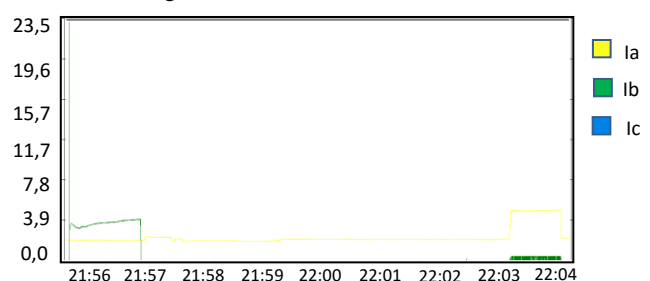
Fonte: Autores, 2015.

3.2 - Medição das Cargas da Residência 2

O perfil deste consumidor residencial é um pouco diferente do anterior. As principais cargas residenciais foram concentradas na fase A, ou seja, eletroeletrônicos, micro-ondas, lâmpadas fluorescentes compactas, geladeira, entre outros. Na fase B, identificou-se somente uma bomba de cisterna.

Observando o gráfico de corrente na fase A (Figura 4), verifica-se que algumas lâmpadas fluorescentes compactas e a televisão estão ligadas. Durante o ciclo de medições, percebe-se que houve o funcionamento de algum aparelho eletrônico devido a amplitude elevada da corrente identificada como I_B.

Os conteúdos harmônicos mais significativos são o 3º e 5º harmônicos, conforme mostrado na Tabela 3.

Figura 4 – Corrente Eficaz – I_A e I_B.

Fonte: Autores, 2015

Tabela 3 – Conteúdos Harmônicos identificados na Residência 2 – Fase A.

Fase A			
Ordem harmônica (Ímpar)	RMS (A)	% Fundamental	Deslocamento angular
1	1,853	100	18
3	0,45	24,28	92
5	0,129	6,97	159
7	0,077	4,13	143
9	0,105	5,68	147
11	0,009	0,51	204
13	0,014	0,77	245
15	0,067	3,61	76
17	0,077	4,13	161
19	0,043	2,32	252
21	0,024	1,29	81
23	0,019	1,03	204
25	0,014	0,77	15
27	0,029	1,55	150
29	0,014	0,77	199
31	0,005	0,25	207
33	0,009	0,51	216
35	0,014	0,77	98
37	0,019	1,03	180
43	0,009	0,51	351
45	0,014	0,77	134

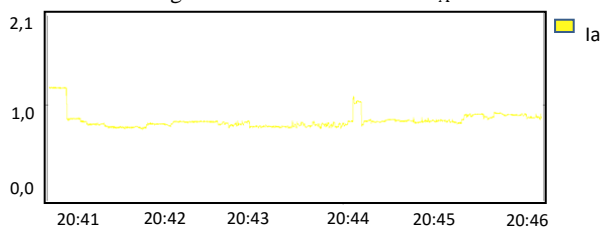
Fonte: Autores, 2015.

3.3 - Medição das Cargas da Residência 3

O Consumidor da residência 3 utiliza apenas uma das fases disponíveis da rede. As cargas são basicamente eletroeletrônicas como, por exemplo: televisão, micro-ondas, rádio, computador, alguns eletrodomésticos como geladeira, máquina de lavar, liquidificador e lâmpadas fluorescentes compactas. Desta forma, a maioria do tempo à residência tem cargas não lineares ligadas. Essas cargas geram uma alta distorção na rede como mostra a Figura 5, onde o DHT_i é em média 50%. Nota-se, por observação na Figura que a geladeira estava com o compressor armado e o momento em que o compressor desligou (início do gráfico).

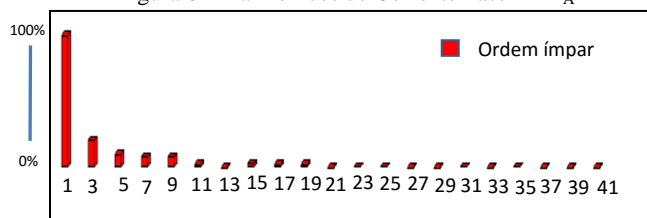
As distorções geradas pelas cargas são percebidas devido à quantidade de harmônicos foram medidos do 3º ao 41º ímpares, ilustrados em gráfico de barras na Figura 6. Os quatro primeiros são os de maior amplitude, como registrados na Tabela 4.

Figura 5 – Corrente Eficaz – I_A



Fonte: Autores, 2015.

Figura 6 – Harmônicos de Corrente Fase A – I_A



Fonte: Autores, 2015.

Tabela 4 – Conteúdos Harmônicos identificados na Residência 3.

Fase A			
Ordem harmônica (Ímpar)	RMS (A)	% Fundamental	Deslocamento angular
1	1,202	100	193
3	0,26	21,6	90
5	0,115	9,59	9,2
7	0,106	8,8	219
9	0,106	8,8	111
11	0,024	2	144
13	0,005	0,4	357
15	0,043	3,6	41
17	0,024	2	289
19	0,024	2	227
21	0,005	0,4	253
23	0,014	1,19	230
25	0,01	0,8	179
27	0,005	0,4	206
31	0,01	0,8	191
33	0,005	0,4	248
35	0,01	0,8	212
37	0,005	0,4	160
39	0,005	0,4	179
41	0,005	0,4	139

Fonte: Autores, 2015.

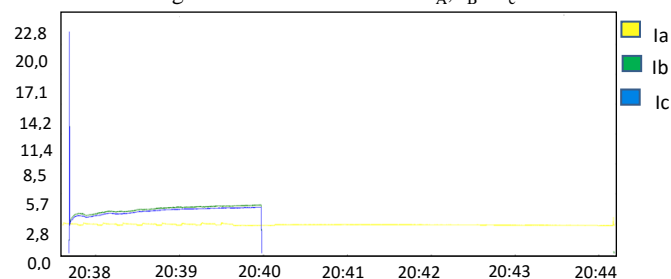
3.4 - Medição das Cargas da Residência 4

O Consumidor da residência 4 utiliza uma alimentação trifásica, mas foi identificado que somente uma das fases alimenta as lâmpadas fluorescentes compactas, uma televisão, uma geladeira, um ar condicionado, micro-ondas, máquina de lavar, rádio, entre outros. As fases B e C alimentam o motor de uma bomba bifásica utilizada para bombeio de água de uma cisterna para caixa d'água.

Observa-se na Figura 7 que na fase A basicamente as lâmpadas fluorescentes compactas e uma televisão estavam ligados no período da medição, que representam o comportamento médio de consumo desta residência.

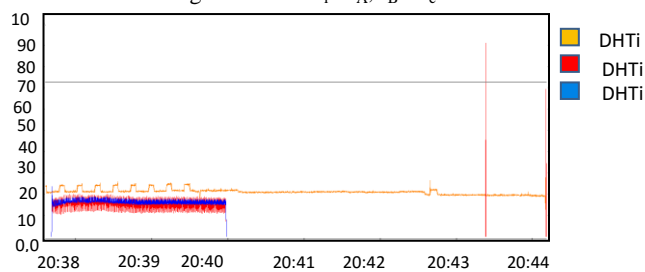
A Figura 8 ilustra o índice DHT_i da fase A com uma distorção média de 20% devido a essas cargas não-lineares.

Figura 7 – Corrente Eficaz - I_A, I_B e I_C



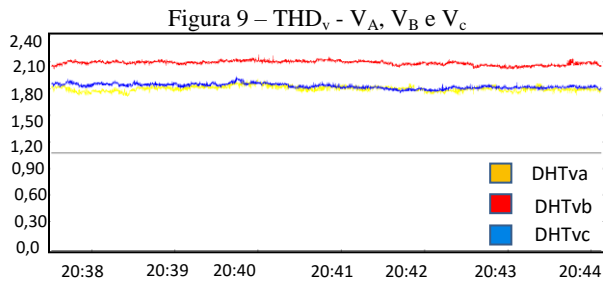
Fonte: Autores, 2015.

Figura 8 – THD_i - I_A, I_B e I_C



Fonte: Autores, 2015.

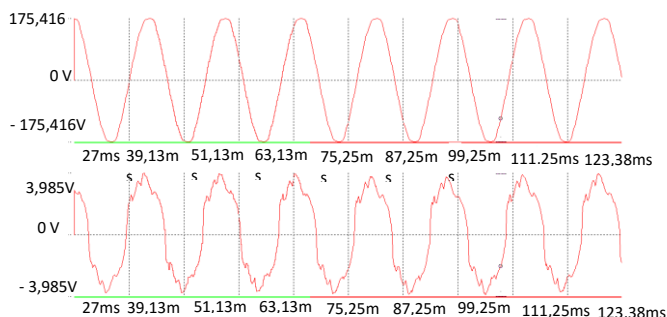
Em nenhuma das 4 residências analisadas, observaram-se alterações (afundamentos ou elevação) ou comprometimento no sinal de tensão durante o período em teste. A Figura 9 ilustra este comportamento da distorção harmônica total de tensão –DTH_v para a residência 4.



Fonte: Autores, 2015.

A Figura 10, ilustra as formas de onda de tensão e corrente na Fase A da residência 4. Percebe-se claramente as distorções de corrente.

Figura 10 – Formas de Onda de tensão e corrente Fase A – Residência 4



Fonte: Autores, 2015

A Tabela 5 mostra a quantidade de harmônicos gerados devido as cargas não lineares da residência foram identificados do 3º ao 49º harmônicos ímpares.

Tabela 5 – Conteúdos Harmônicos identificados na Residência 4

Ordem harmônica (Ímpar)	Fase A		Deslocamento angular
	RMS (A)	%Fundamental	
1	0,78	100	125,33
3	0,523	67,08	24,82
7	0,121	15,52	74,66
9	0,213	27,32	250,09
11	0,102	13,04	60,82
13	0,014	1,86	155,39
15	0,039	4,96	131,57
17	0,014	1,86	282,04
19	0,005	0,62	227,76
21	0,044	5,59	24,69
23	0,034	4,34	194,19
25	0,005	0,62	12,61
27	0,01	1,24	194,5
29	0,01	1,24	347,25
31	0,005	0,62	78,57
35	0,005	0,62	130,86
37	0,01	1,24	271,23
43	0,01	1,24	133,06
45	0,005	0,62	346,24
47	0,01	1,24	172,52
49	0,005	0,62	355,12

Fonte: Autores, 2015.

IV. CONCLUSÃO

Com a popularização da utilização de equipamentos eletrônicos nos consumidores residenciais e comerciais, a busca por soluções de baixo custo para o impacto que estas cargas de baixa potência podem causar à rede de distribuição deve ser incentivada.

O primeiro passo para buscar soluções que possam mitigar os distúrbios que os pequenos consumidores possam causar é conhecer a contribuição harmônica ou impactos em qualidade de energia que estes possam estar acarretando. O segundo é o desenvolvimento de filtros que surgem como possibilidade para adequação dos valores registrados de distorções por conta do controle das correntes harmônicas, pois evitam que as harmônicas circulem reduzindo as tensões harmônicas à montante.

E logicamente, estudos que avaliem os impactos destas cargas no ponto de conexão, em especial, quando as cargas estiverem sendo alimentadas por mini ou micro geradores distribuídos.

Este trabalho apresenta um estudo focado em 4 residências com características de cargas diferentes, mas que de uma forma geral “distorcem/poluem” a rede em que estão conectados, causando impactos negativos à qualidade de energia elétrica.

Para o consumidor final a qualidade de energia é dispô-la contínua e eficientemente. Os fabricantes de equipamentos podem defini-la como as características de fornecimento de energia capazes de suprir as necessidades do equipamento.

O IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, propõe recomendações práticas e requisitos para o controle de harmônicas em sistemas elétricos de potência, tanto para o usuário como para o sistema. A tendência é um maior rigor de parte das concessionárias de energia elétrica, com a sobre taxação relativa aos reativos de distorção, analogamente aos reativos de deslocamento nas cargas lineares indutivas o que levaria a alterações/atualizações nas normas brasileiras.

As soluções já existem no mercado, como filtros ativos de pequena potência, mas que ainda têm custo elevado. Os autores deste trabalho acreditam que a solução mais efetiva está no desenvolvimento por parte dos fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos de filtros passivos já incorporados aos seus produtos, e isso se transforma em oportunidades de estudos e pesquisas que possam contribuir para o alcance dessa tecnologia. Estas soluções de baixo custo podem em primeiro momento mitigar os impactos antes do ponto de conexão a rede e evitar distúrbios maiores que possam causar desligamentos, sobrecarga de transformadores entre outros efeitos a rede de distribuição.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FORTES, M.Z. *et al.*, Análise da Qualidade das LFC's disponíveis no Mercado Brasileiro. **Revista Sodebras [online]**. v.8, n.92, p.63-66, 2013.
- FORTES, M.Z. ., Avaliação das LFC's nos limites de tensão do PRODIST. **Engevista (UFF)**. v.16, n.3, p.283-291, 2014.
- FORTES, M.Z. *et al.*, **Some Considerations about Energy Quality in System deployed at Smart City Buzios**. In: IEEE Chilecon 2015, 2015.

GONZALEZ, M., **Impacto de Cargas Eletrônicas Residenciais e Comerciais Eficientes e Não-lineares no Sistema de Distribuição Parte II - Medições de carga em alimentadores típicos.** In: III Citenel – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2006.

MANHAES, B., Estudo de filtros passivos para harmônicos a partir de ensaios de equipamentos de TI. **Revista de Ensino de Engenharia.** [in press], 2016.

PEREIRA, A.M.E. ., **Qualidade de Energia em Lâmpadas LED - Comparação em suas tensões usuais 127 e 220 V.** In: Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia Elétrica – CBQEE, 2015.

PIRES, I.A., **Caracterização de harmônicos causados por equipamentos eletro-eletrônicos residenciais e comerciais no sistema de distribuição de energia elétrica.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, 157 pags., Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

REIS, A., Avaliação técnica e econômica da poluição no sistema elétrico com o emprego de equipamentos eficientes considerando os ganhos com a conservação de energia. **Biblioteca ANEEL [on line].**

TOADER, C. ., **Power Quality impact of energy-efficient electric domestic appliances.** In: 2014 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), p.1-8, 2014.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

HARMÔNICAS NA REDE RESIDENCIAL CAUSADAS POR SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

HARMONICS IN THE RESIDENTIAL NETWORK CAUSED BY LIGHTING SYSTEMS

MARIA FERNANDA TRUJILLO LEON¹; OSCAR ARMANDO MALDONADO ASTORGA¹
1 – FEG-UNESP.

maryfertrujillo@hotmail.com;oscarama@feg.unesp.br

Resumo – O crescimento acelerado da população, a escassez de recursos e a necessidade pela preservação do planeta determinam preocupação no que se diz respeito à economia de energia trazendo a necessidade do uso de novos sistemas de iluminação. Ao longo do tempo usaram-se as lâmpadas incandescentes, seguidas das fluorescentes, fluorescentes compactas, mas sempre com visão constante em produtos energeticamente eficientes, como a tecnologia LED, que cada dia tem mais inserção no mercado. Devido à crescente demanda por este tipo de lâmpadas torna-se indispensável o estudo das distorções harmônicas causadas por estas cargas não lineares no sistema elétrico brasileiro. Este trabalho apresenta os tipos de sistemas de iluminação usados nas residências ao longo do tempo, o levantamento característico do desempenho elétrico, assim como a apresentação dos resultados comparativos dos ensaios laboratoriais dando ênfase aos sistemas que fazem uso da eletrônica de potência, conseqüentemente a introdução de cargas não lineares geradoras de distúrbios no sistema elétrico.

Palavras-chave: Sistemas de Iluminação. Harmônicas. Eficiência Energética.

Abstract - The accelerated growth of the population, the scarcity of resources, and the need for for the preservation of the planet, determines concern with regard to energy saving, bringing the need to use new lighting systems. Over time, incandescent lamps have been used, after by fluorescents, compact fluorescents, but always with constant vision in energy-efficient products, as now LED technology, which there are more and more in the market. Due to the increasing demand for this type of lamps, it is indispensable to study the harmonic distortions caused by these nonlinear loads in the Brazilian electrical system. This work presents the types of lighting systems used in the residences over time, the characteristic survey of the electric performance, as well as the presentation of the comparative results of the laboratory tests emphasizing the systems that make use of the power electronics, consequently the introduction of nonlinear loads generators of disturbances in the electric system.

Keywords: Lighting Systems. Harmonics. Energy Efficiency.

I. INTRODUÇÃO

A demanda por equipamentos de baixo consumo de energia e de alta eficiência elétrica tem crescido exponencialmente nas últimas décadas nos campos residencial, comercial e industrial (BRAVO; ABED, 2013).

Sendo objetivo deste trabalho a área residencial, se destaca o constante aumento da demanda neste setor a nível nacional e mundial, conforme se constata no informe mensal junho 2016 emitido pela Empresa de Pesquisa Energética-EPE, a qual informa que a demanda nas residências brasileiras cresceu 4,6 por cento, o qual registra o quarto avanço seguido no consumo de eletricidade neste âmbito (EPE, 2016). Isto motiva cada vez mais pesquisadores para a tarefa de desenvolver tecnologias, equipamentos ou metodologias que, sem comprometer os benefícios sociais destes novos equipamentos, permitam uma redução do consumo de energia elétrica, como já se percebe que acontece desde a virada do século existindo avanço no desenvolvimento do âmbito iluminação, se destaca à tecnologia LED como o principal sistema a se tornar tanto dentro como fora de casa (KASIER, 2016).

II. PROCEDIMENTOS

Numa instalação residencial do Departamento de Engenharia Elétrica DEE-UNESP foram realizados ensaios laboratoriais com amostras das diferentes tecnologias de iluminação utilizadas ao longo do tempo no setor residencial como são as lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas, assim como também a nova tecnologia LED que atualmente está substituindo às convencionais.

A fim de caracterizar os diversos sistemas de iluminação presentes numa instalação residencial coletaram-se dados característicos elétricos de amostras particulares de cada um dos tipos de lâmpadas, após coletou-se os dados de um conjunto de lâmpadas sendo classificado por tecnologias com o auxílio de ferramentas como o analisador de qualidade de energia e sondas de corrente efeito hall, ilustrado na Figura 1 e instrumentos de medição como o medidor eletrônico digital, apresentado na Figura 2 Ambas as ilustrações a continuação.

Figura 1 – Fluke 435, analisador de qualidade de energia.



Fonte: Manual do instrumento, 2016.

Figura 2 – Medidor residencial de energia.

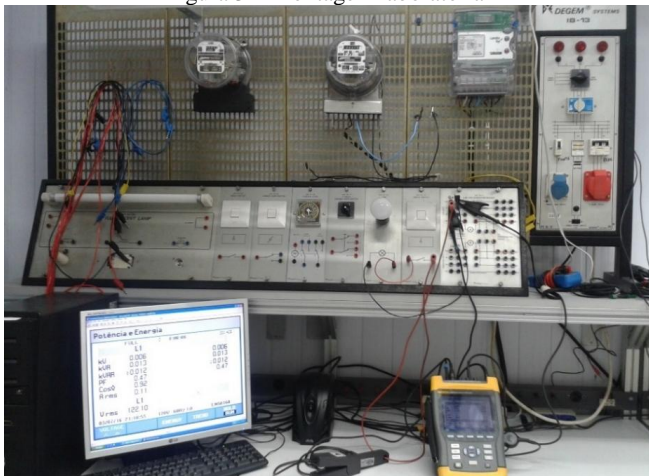


Fonte: Manual do instrumento, 2016.

Determinaram-se as características de desempenho elétrico como valores de tensão (V), corrente (I), potência ativa (P), potência reativa (Q), potência aparente (S), fator de potência (FP), taxa de distorção harmônica total (THD), sendo estas duas últimas características fundamentais para a avaliação da eficiência e qualidade de energia. Assim também se obteve as formas de onda de corrente, tensão e o espectro harmônico de cada um dos sistemas.

As amostras foram representativas de cada um dos sistemas de iluminação, de diversos fabricantes do tipo A, B e C referentes ao sistema incandescente (S.I.), sistema halógeno (S.H.), sistema fluorescente compacto (S.FC.) e sistema LED (S.LED). A continuação na Figura 3 se apresenta a montagem laboratorial para coleta dos dados de cada uma das amostras.

Figura 3 – Montagem laboratorial



Fonte: Autores, 2016.

III. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os dados elétricos coletados nos ensaios realizados, assim como suas respectivas análises.

3.1 – Dados elétricos dos ensaios dos sistemas

Para cada um dos sistemas de iluminação foram coletados dados característicos elétricos com o auxílio do analisador de qualidade de energia- Fluke 435 e as sondas efeito hall apresentados na Tabela 1 e com o objetivo da confirmação dos valores obtidos coletou-se os valores das mesmas características elétricas, porém desta vez com um medidor residencial de energia da Landis Gyr Saga 2000, como se apresenta na Tabela 2 a continuação.

Tabela 1 – Medições dos sistemas de iluminação-Analisador QEE

Sistema	Fluke (analisador QEE)			THDI% I	FP
	P [W]	Q [Var]	S [VA]		
S.I.	176,0	3,0ind	176,0	1,2	1,00
S.H.	193,0	1,0ind	193,0	1,2	1,00
S.FC.	44,0	53,0cap	69,0	89,5	0,64
S.LED.	29,0	19,0cap	35,0	53,8	0,83

Fonte: Autores, 2016.

Tabela 2 – Medições dos sistemas de iluminação-Medidor digital

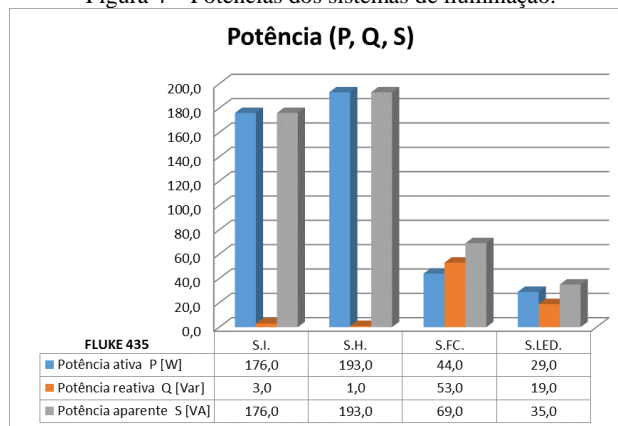
Sistema	Medidor eletrônico digital			
	Tensão V [V]	Corrente I [A]	Potência S [VA]	FP
S.I.	122,4	1,42	173,81	1,00
S.H.	122,0	1,54	187,88	1,00
S.FC.	124,0	0,55	68,20	0,62
S.LED.	121,5	0,30	36,45	0,83

Fonte: Autores, 2016.

3.2 – Análises dos ensaios dos sistemas

Analisando os diferentes tipos de sistemas no âmbito iluminação representam-se os resultados obtidos dos ensaios laboratoriais nos gráficos apresentados nesta seção. As potências ativa, reativa e aparente (P,Q,S) exibem-se respectivamente no primeiro gráfico em barras apresentado na Figura 4 a continuação.

Figura 4 – Potências dos sistemas de iluminação.

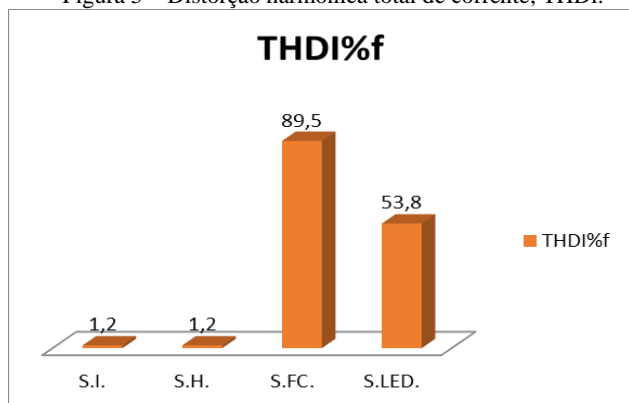


Fonte: Autores, 2016.

O gráfico apresenta a tecnologia LED como o menor consumidor de energia por ter sua potência ativa e aparente com menor valor, seguido do sistema fluorescente compacto e por último dos sistemas puramente resistivos como é o caso do sistema incandescente e o sistema halógeno.

O índice de distorção harmônica total de corrente, THDi, de cada um dos sistemas estudados são apresentados na Figura 5 a continuação.

Figura 5 – Distorção harmônica total de corrente, THDi.

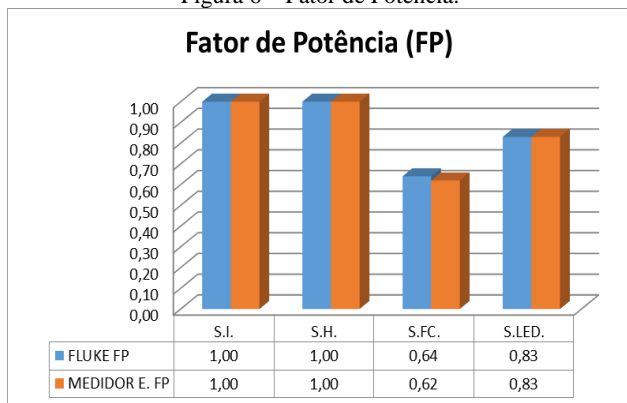


Fonte: Autores, 2016.

Pode-se verificar que o sistema com maior THDi, líder em fonte de distúrbios, é o sistema FC seguido do sistema a LED. O sistema incandescente e halógeno por serem cargas puramente resistivas, cargas lineares, não são geradoras de distúrbios.

Os fatores de potência de cada um dos sistemas de iluminação são apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Fator de Potência.



Fonte: Autores, 2016.

No gráfico percebe-se que o sistema LED apresenta uma média de FP de 0,83, seguido do sistema FC de 0,64.

IV. CONCLUSÃO

O sistema fluorescente compacto seguido do sistema LED apresentaram alto índice de distorções harmônicas, características próprias de cargas não lineares, portanto baixo fator de potência, o que significa baixa eficiência energética destes equipamentos, os quais afetam o comportamento do sistema elétrico.

A eficiência do Sistema LED foi corroborada na ordem de 50% em potência total gerada pelo sistema comparado às lâmpadas fluorescentes compactas de uso convencional, assim como informa a “*Comparison Chart LED Lights vs. Incandescent Light Bulbs vs. CFLs*”.

Ao se abordar o tema eficiência energética precisam ser analisados dois lados. Em primeira instância desde o lado do consumidor, onde se comprovou que existiu economia de energia, e em segunda instância do lado do sistema de geração de energia, o qual pode ter ou não benefícios.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAVO, R. J., ABED, N. Y. Experimental evaluation of the harmonic behavior of LED light bulb. **IEEE Power and Energy Society General Meeting**. Santo André, 2013. Disponível em: <<http://doi.org/10.1109/PESMG.2013.6672991>>.

EPE. 2016. **Resenha Mensal de Consumo de Energia Elétrica da Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/ResenhaMensalConsumodeenergiael%C3%A9tricaest%C3%A1velemjunho.aspx>>. Acesso em 02/08/2016.

KASIER, G. “Lighting in and around the home”, **Leonardo Energy**, Cu0239, pp. 1–4, 2016.

GUEDES JUNIOR, O., SOUZA, T. Análise de distorções harmônicas em barramento industrial de uma empresa. **Sodebras**. Salvador, 2015. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N116.pdf>>

ROSA, L.L., CUNHA, M.S., ARAÚJO, S.G., VALLE, A.C. MATIAS, L. MARQUES, E. T.C. Uma análise técnica da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de Led. **Sodebras**. 2015. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N113.pdf>>

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLADOR MPPT NO LABVIEW UTILIZANDO O MÉTODO CONDUTÂNCIA INCREMENTAL

IMPLEMENTATION OF A MPPT CONTROLLER IN LABVIEW USING INCREMENTAL CONDUCTANCE METHOD

JOSÉ MARCELO DE ASSIS WENDLING JÚNIOR¹; LEONARDO MESQUITA¹
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – CAMPUS DE
GUARATINGUETÁ

jmarcelo@feg.unesp.br; mesquita@feg.unesp.br

Resumo – O presente trabalho apresenta uma implementação do algoritmo de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência – MPPT, utilizando a técnica da Condutância Incremental – um dos métodos mais utilizados na concepção dos controladores que acoplam os painéis fotovoltaicos às cargas, que objetiva a neutralização dos efeitos causados pelas intermitências na geração de energia, sejam elas causadas por condições ambientais ou de carga e, portanto, visa a maximização da eficiência do sistema de geração de energia por sistemas fotovoltaicos. Um software supervisor com o algoritmo foi implementado, utilizando a plataforma do software National LabVIEW, capaz de realizar o monitoramento e controle local e remoto da potência dos painéis. A eficácia da solução proposta foi comprovada através de uma bancada de testes que demonstrou sucesso no controle PWM proposto na solução.

Palavras-chave: Painel Fotovoltaico. MPPT. LabVIEW.

Abstract – This paper shows a algorithm implementation of a Maximum Power Point Tracker – MPPT, using Incremental Conductance method, one of the most used available control method of the interaction between the photovoltaic panels and the load, to neutralize the effects caused by the disturbances in the process of photovoltaic energy generation, caused by change of the environmental conditions or load conditions. An supervisory software was implemented using the National Instruments LabVIEW platform and this software can realize the monitoring e the controlling local and remote of the power of system, that is, the software can controlled by mobile devices too. To software simulation a test stand was implemented and was verified, by measurements, the success of the system control in the interaction between the panel and the load through of a Pulse Width Modulation system proposed to a load controller of the system.

Keywords: Photovoltaic Panel. MPPT. LabVIEW.

I. INTRODUÇÃO

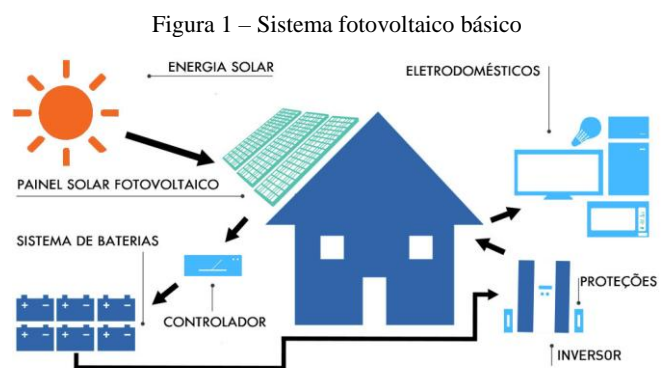
Anualmente o planeta Terra recebe do Sol, sua principal fonte de energia, uma quantidade de energia suficiente para suprir toda sua necessidade cerca de milhares de vezes e a energia solar recebida, embora pouco aproveitada, é utilizada para a produção de eletricidade a partir do efeito fotovoltaico – captação da luz solar para produção direta de corrente elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Entre o processo de captação da luz solar e entrega da energia elétrica, existem elementos de processamento para que o processo seja possível, podendo ser citados como principais elementos o controladores de carga, conversores e baterias.

Os controladores de carga possuem a função de realizar o acoplamento entre os painéis fotovoltaicos e a carga que serão alimentadas por eles, para que os painéis não sejam sobrecarregados e para que a carga não seja submetida aos efeitos das intermitências no processo de geração, causadas pela variação da incidência da radiação solar e pela variação da temperatura de operação dos painéis.

Os conversores tem a função de converter a tensão contínua gerada pelos painéis em tensão alternada para a rede elétrica e as baterias tem a função de armazenar a energia excedente gerada para utilização em períodos com menor ou nenhuma incidência de radiação solar nos painéis.

A Figura 1 apresenta um diagrama de um sistema fotovoltaico básico:

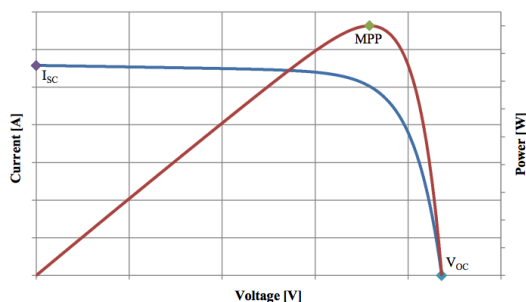


Fonte: Renergy Solar, 2015.

Para maximizar a eficiência do sistema, os controladores utilizam técnicas de rastreamento do ponto de máxima transferência de potência da energia gerada pelos painéis, denominado *Maximum Power Point Tracking* – MPPT, possibilitando que eles transmitam a máxima potência disponível no sistema, independente das condições de trabalho.

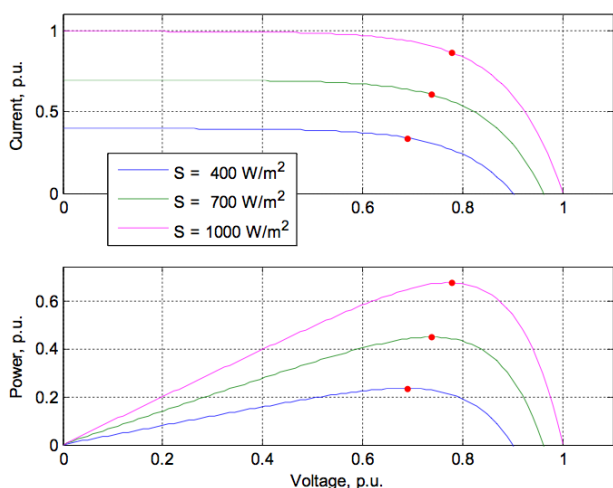
Um painel fotovoltaico é uma fonte de energia que possui limitações em sua geração, não se comportando como uma fonte de energia elétrica convencional e, sendo assim, não possui tensão constante de saída em seus terminais. A Figura 2 apresenta as curvas de corrente e potência em função da tensão do painel. Observa-se no destaque do ponto denominado MPP – *Maximum Power Point*, da curva, que indica o ponto de operação do sistema onde se obtém a máxima potência disponível.

Figura 2 – Curvas de corrente (azul) e potência (vermelha) em função da tensão de saída de um painel fotovoltaico.



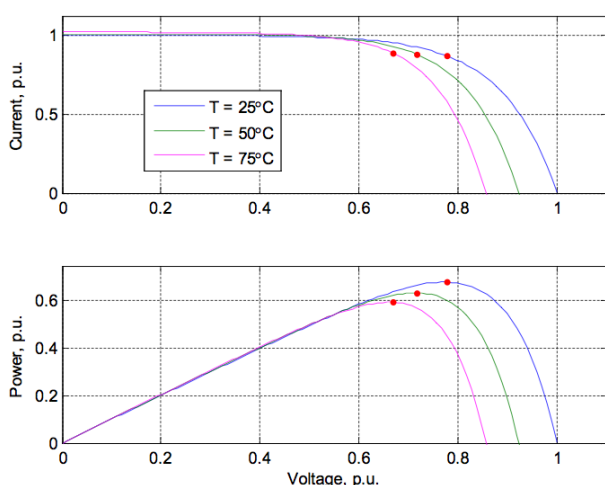
Fonte: Adaptado de Morales, 2010.

Figura 3 – Curvas I x V e P x V para temperatura constante (25 °C) para três valores de intensidade de radiação solar diferentes.



Fonte: Morales, 2010.

Figura 4 – Curvas I x V e P x V para radiação solar constante de 1 [kW/m²] para três valores de temperatura.



Fonte: Morales, 2010.

Já as Figuras 3 e 4 apresentam gráficos que demonstram a influência da intensidade de radiação solar incidente e da temperatura de operação do painel, para três diferentes condições, em valores *por unidade* – p.u., destacando o ponto de máxima potência – MPP, em cada uma dessas condições.

A Figura 3 mostra que quando a intensidade luminosa diminui a corrente gerada pelo painel também diminui consideravelmente, tendo-se como consequência a diminuição da potência fornecida pelo painel. Portanto, podemos observar que é de fundamental importância determinar e controlar o ponto de máxima potência pois, para mudanças ambientais que podem ocorrer dentro de um único dia, o desempenho do sistema de geração pode ser comprometido.

A Figura 4 demonstra que o aumento na temperatura de trabalho dos painéis também produz um deslocamento no ponto de máxima potência, o que enfatiza novamente a necessidade do acoplamento via controlador de rastreamento do ponto de máxima potência, de modo a impor sempre a operação no sistema em sua condição ótima.

Neste trabalho é apresentada a implementação de um algoritmo de um controlador de carga que realiza o rastreamento do ponto de máxima potência, utilizando o *software* National LabVIEW, com sistema supervisor local e remoto, testado em uma bancada desenvolvida para realização dos testes do protótipo proposto.

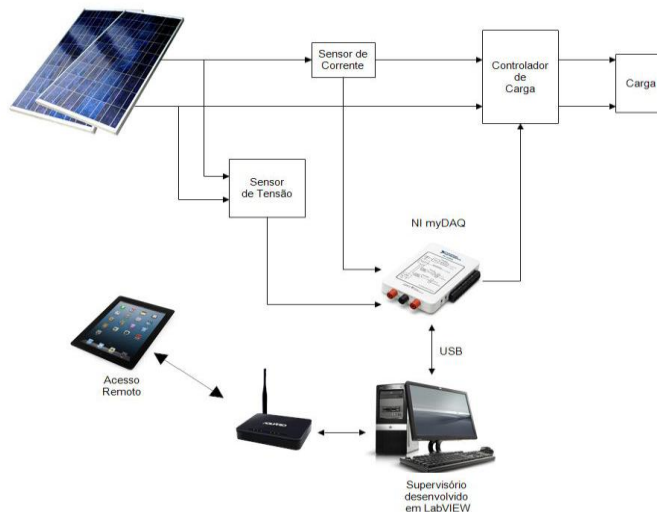
II. PROCEDIMENTOS

O sistema implementado, baseado na plataforma NI LabVIEW, executa o monitoramento dos valores de tensão e corrente do painel fotovoltaico e, aplicando o algoritmo MPPT Condutância Incremental, determina se a tensão do painel, aplicada à carga, necessita ser incrementada ou decrementada, buscando ajustar o ponto de operação do painel.

A partir disso, o sistema produz um sinal modulado por largura de pulso, PWM – *Pulse Width Modulation*, que deverá ser enviado ao conversor DC-DC do acoplamento entre o painel e a carga, buscando o máximo ponto de potência do painel, independente das condições ambientais ou de operação do sistema – objetivo do sistema MPPT.

A Figura 5 apresenta o diagrama geral do sistema proposto:

Figura 5 – Diagrama geral do sistema proposto.



Fonte: Autores, 2016.

O sistema é composto por um sensor de corrente, um sensor de tensão e a placa de aquisição de dados.

O sensor de corrente escolhido foi o ACS712, que realiza a medição de corrente do sistema por efeito *Hall*. Já o sensor de tensão é composto por um circuito básico implementado com amplificadores operacionais para atuar como amostrador de 10% da tensão de saída do painel para medição.

Para aquisição de dados utilizou-se o equipamento *National Instruments MyDAQ*, que inclui um sistema de aquisição de dados que podem ser usados para medir dois canais diferenciais de entradas analógicas e saídas analógicas – com 200 [kS/s], 16 bits, ± 10 [V]; oito bits de entrada ou saída digital – compatíveis com TTL de 3,3 [V] e 5 [V].

Existem diversos algoritmos MPPT utilizados em sistemas fotovoltaicos, entre os quais se destacam quatro mais utilizados:

1. Perturbar e Observar – P&O;
2. Condutância Incremental – CI;
3. Capacitância Parasita – CP;
4. Método da Tensão Constante – VC.

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre os quatro métodos citados, valendo a pena evidenciar novamente que existem diversos métodos de MPPT disponíveis e que, além disso, o desenvolvimento de novos algoritmos e o aprimoramento dos existentes tem se intensificado.

Tabela 1 - Comparativo entre as principais características dos principais métodos MPPT.

Técnica	Tipo de implementação	Complexidade	Precisão
P&O	Analógico Digital	Baixa	Média
CI	Digital	Média	Alto
CP	Analógico Digital	Alta	Muito Alto
VC	Digital	Baixa	Baixo

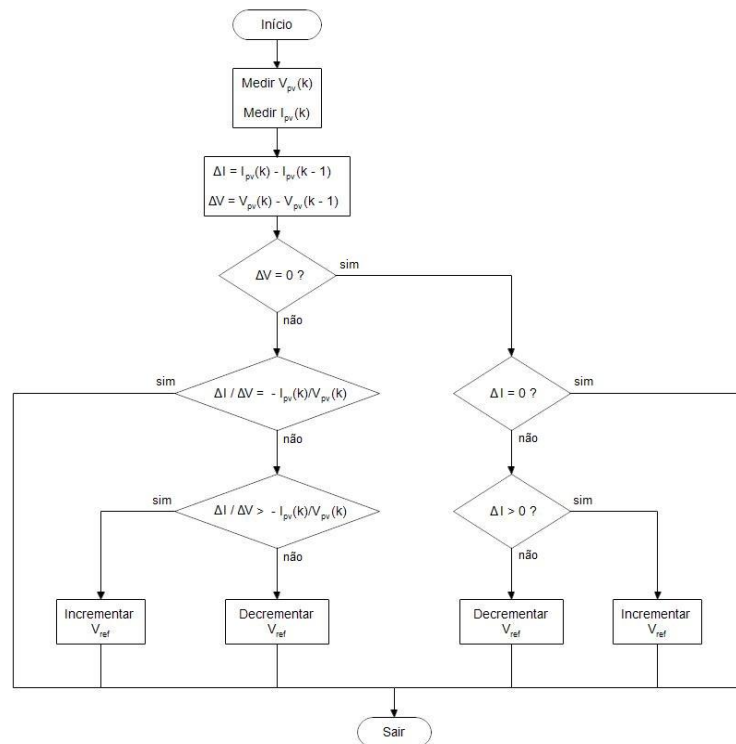
Fonte: Adaptado de Bhatnagar e Nema, 2013.

O algoritmo MPPT escolhido, denominado Condutância Incremental, foi escolhido, pois, de acordo com Bhatnagar e Nema (2013), possui alta precisão para uma média complexidade de implementação e é implementado digitalmente, podendo ser constituído a partir da plataforma utilizada. A Figura 6 apresenta o algoritmo MPPT Condutância Incremental.

A aplicação consiste em sensoriar a corrente e tensão do painel em dois instantes de tempo distintos, (k-1) e (k), calcular a relação instantânea entre a corrente e a tensão e fazer a comparação do ponto de operação em relação ao ponto de máxima potência para, a partir disso, determinar se a tensão do painel deverá ser incrementada ou decrementada, através do controlador de carga, para que o ponto de trabalho seja deslocado até o MPP.

Essa operação ocorre a partir do incremento ou decremento da tensão de saída dos controladores de carga, que possuem reguladores chaveados – conversores DC-DC, normalmente do tipo *Buck-Boost*, que podem fornecer tensões de saída com valores superiores ou inferiores ao valor de entrada no conversor.

Figura 6 – Algoritmo MPPT Condutância Incremental.



Fonte: Adaptado de Etawil e Zhao, 2013.

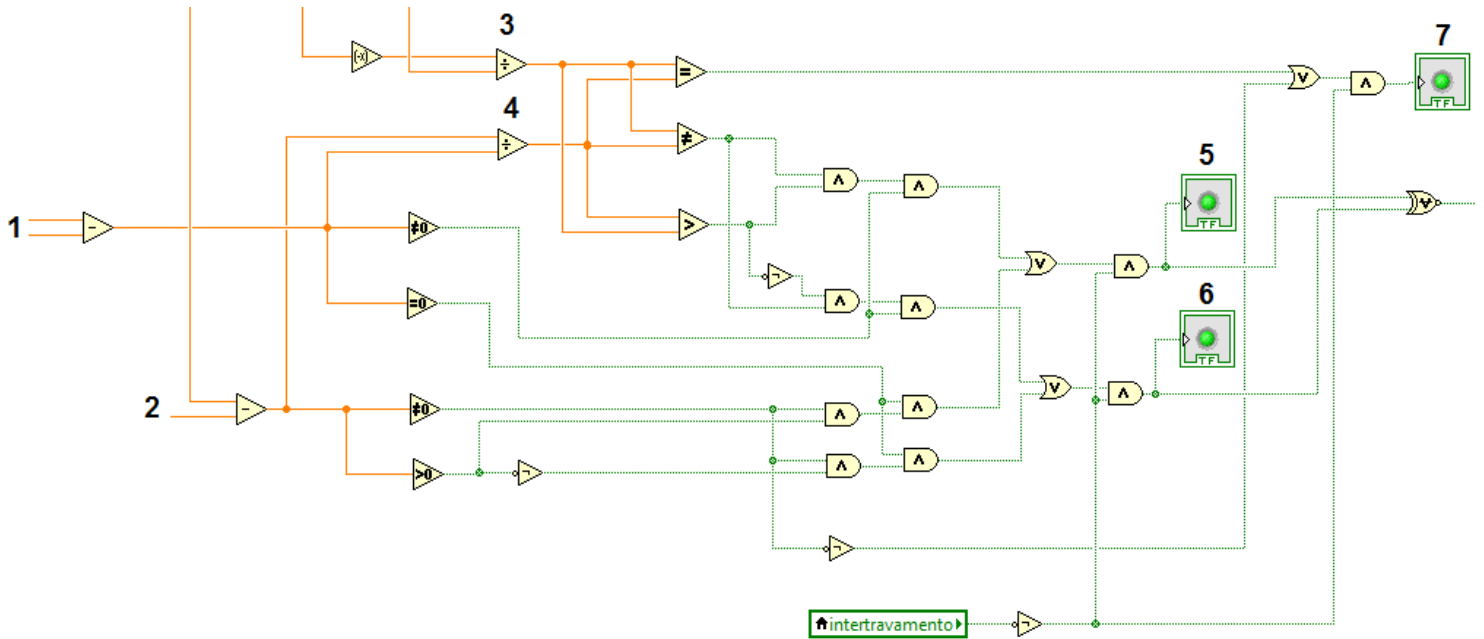
III. RESULTADOS

O algoritmo implementado no LabVIEW, segundo a técnica MPPT Condutância Incremental é apresentado na Figura 7.

A lógica implementada foi numerada de 1 a 7, que correspondem aos principais pontos do algoritmo implementado:

1. Determinação da variação da tensão, $V(k) - V(k-1)$, do painel;
2. Determinação da variação da corrente, $I(k) - I(k-1)$, do painel;
3. Determinação da relação $-I(k)/V(k)$ utilizando os blocos de inversão de polaridade e de divisão;
4. Determinação da relação $\Delta I/\Delta V$, também utilizando o bloco matemático de divisão;
5. Resultado da lógica de incremento da tensão de saída do controlador. Esse resultado lógico é oriundo da combinação das saídas dos blocos de comparação das relações descritas nos números 3 e 4, segundo o algoritmo MPPT utilizando (Figura 6). Caso esse valor seja verdadeiro, o controlador incrementa o *Duty Cycle* do PWM de saída;
6. Resultado da lógica de decremento da tensão de saída do controlador. Esse resultado lógico também é oriundo da combinação das saídas dos blocos de comparação descritos segundo o algoritmo. Caso esse valor seja verdadeiro, o controlador decrementa o *Duty Cycle* do PWM de saída;
7. Identificação do Ponto de Máxima Potência. Quando o sistema atingir o ponto de máxima potência, essa saída será verdadeira. Nesse ponto o controlador mantém o *Duty Cycle* do PWM.

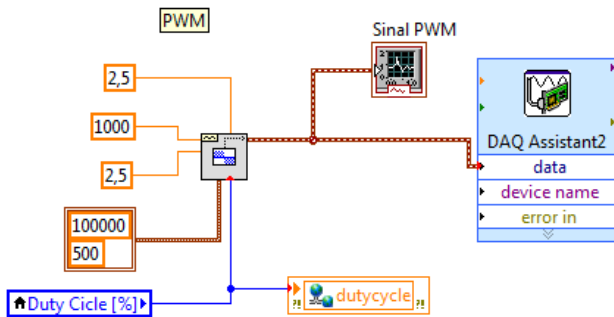
Figura 7 – Implementação do algoritmo MPPT Condutância Incremental no LabVIEW.



Fonte: Autores, 2016.

A variável *Duty Cycle* atua no controle do ciclo de trabalho de um gerador de onda quadrada interno no sistema – Figura 8. A partir da forma de onda resultante desse gerador, pode-se gerar um sinal de controle para o conversor DC-DC de acoplamento entre os painéis fotovoltaicos e a carga do sistema.

Figura 8 – Gerador PWM do sistema.

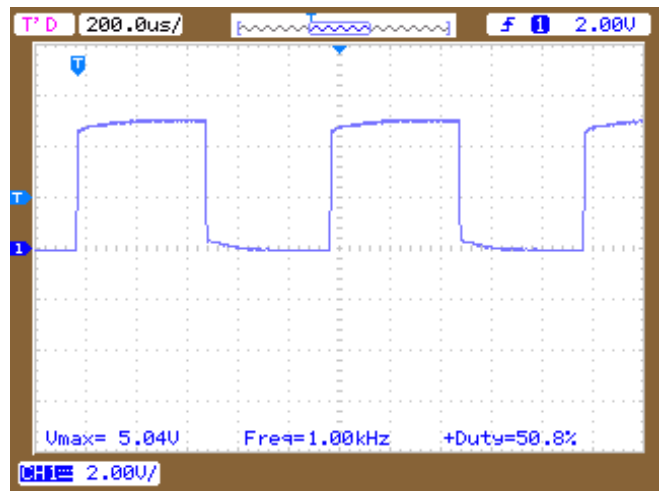


Fonte: Autores, 2016.

Esse controle visa ajustar a tensão e corrente de entrada na carga acoplada ao painel visando deslocar o ponto de trabalho em direção ao ponto de máxima potência, de acordo com o algoritmo apresentado na Figura 6, ou seja, se após as medições realizadas de tensão e corrente nos instantes de tempo $(k-1)$ e (k) , for constatado que o ponto de trabalho está à esquerda do ponto de máxima potência, o *duty cycle* do sistema é incrementado, buscando aumentar a tensão do conversor DC-DC, e caso contrário, o sistema decrementa o *duty cycle* a fim de diminuir a tensão de saída desse conversor, também buscando a acomodação do sistema no ponto de máxima potência.

O sinal PWM gerado no sistema foi verificado na saída analógica da placa de aquisição MyDAQ e é apresentado na Figura 9, para apresentação da medição realizada, onde foi observado um *duty cycle* em torno de 51% no momento da medição, através de um osciloscópio digital. O valor de 50% foi considerado como valor *default* de inicialização do sistema, por ser considerado um valor médio na escala.

Figura 9 – Tela do osciloscópio na saída da placa MyDAQ.



Fonte: Autores, 2016.

Pode-se observar, na Figura 9, que o *duty cycle* apresentado de 50,8% já representa a tentativa do sistema em deslocar o ponto de trabalho, que inicialmente estava à esquerda do MPP, com a realização de um incremento de 1% - valor ajustado no *software* implementado, que, em valor medido, resultou em 50,8% na saída do sistema de aquisição. Como após essa intervenção do *software* não houve mudança no ponto de trabalho, ou seja, as relações ΔI e ΔV tendem a zero, o sistema entende que está trabalhando no ponto de máxima potência – MPP.

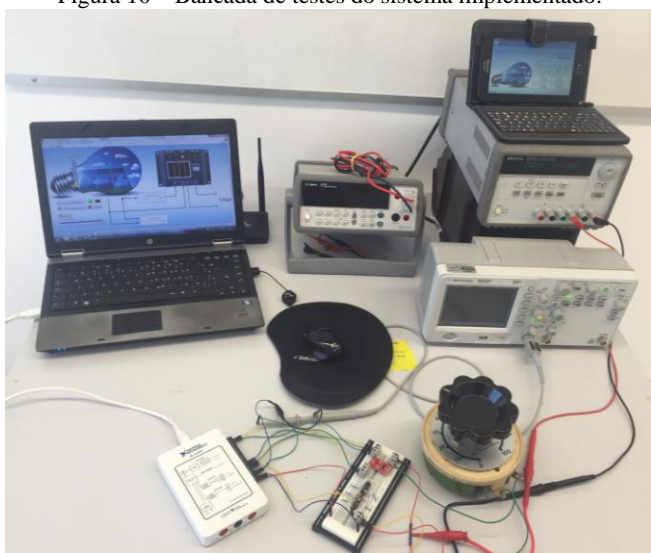
Todos os testes foram realizados com a bancada montada para esse fim, apresentada na Figura 10, e esses testes, assim como o teste ilustrado pela Figura 9, verificaram o incremento ou decremento do *duty cycle* do sistema a partir de variações na tensão do painel – representada por uma fonte de tensão, e de carga – representada por um reostato.

Nesses testes, quando a tensão era aumentada – indicando um deslocamento do ponto de trabalho à direita do MPP da célula pelo aumento da radiação solar incidente

ou diminuição da temperatura de trabalho do painel, o *duty cycle* do sistema era decrementado para que o deslocamento do ponto de trabalho fosse compensado, buscando o MPP. Já na diminuição da tensão – indicando um deslocamento à esquerda do MPP causado pela diminuição da incidência da radiação ou aumento de temperatura do painel, a resposta do sistema era o inverso, ou seja, incrementava o *duty cycle* buscando compensar o deslocamento causado.

Quando o reostato, simulando uma carga acoplada no sistema, era variado – indicando um aumento ou diminuição da carga, ocorria também um deslocamento no ponto de trabalho do painel – resultante da mudança da corrente de operação do sistema, sendo deslocado para a esquerda ou direita do MPP. O algoritmo implementado também verificava esse deslocamento e incrementava ou decrementava o *duty cycle* do controlador, de acordo com a situação ocorrida, a fim de compensar o deslocamento causada pela mudança de carga.

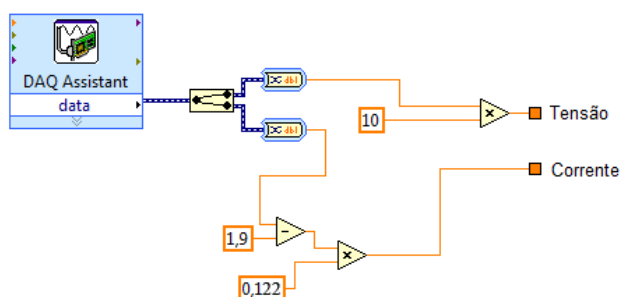
Figura 10 – Bancada de testes do sistema implementado.



Fonte: Autores, 2016.

Para que fossem possíveis todos os processamentos do sistema, dados do ponto de operação – tensão e corrente do painel, eram adquiridos pelo *hardware* NI MyDAQ associado à sensores já descritos. A Figura 11 apresenta a aquisição de dados no sistema. Os valores apresentados na figura que operam com o sinal de corrente tem por finalidade compensar o ajuste de sensibilidade do sensor.

Figura 11 – Aquisição dos dados de tensão e corrente no sistema implementado.

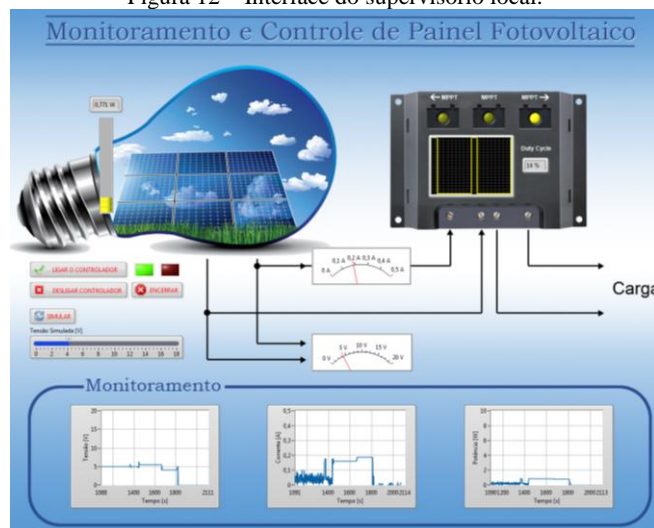


Fonte: Autores, 2016.

As interfaces do supervisorio local e remoto implementadas podem ser visualizadas nas Figuras 12, 13, 14 e 15, onde pode-se observar indicadores de valores reais e gráficos para monitoramento. Esses supervisorios – local e remoto, tinham funções de monitoramento e controle do sistema, fazendo indicações dos valores atuais da variáveis – tensão, corrente, potência e *duty cycle*, e seus valores ao longo do tempo, através de gráficos, para que fosse permitido que o usuário avaliasse seus valores reais e sua performance ao longo de seu funcionamento.

Além disso, o supervisorio local ainda contava com uma função de simulação de painel no sistema, que isolava a aquisição de dados reais a fim de realizações de testes do controle implementado com esses valores.

Figura 12 – Interface do supervisorio local.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 13– Interface do supervisorio remoto – Tela 1.



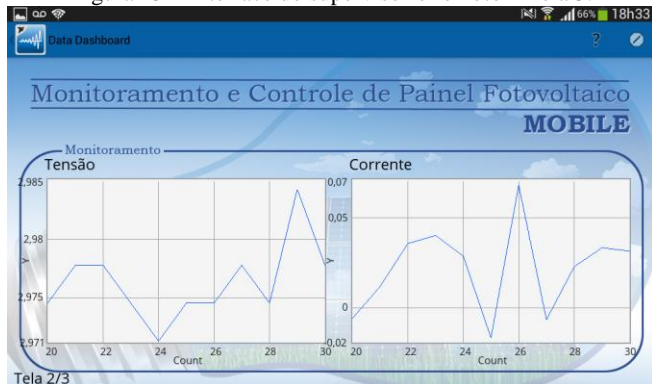
Fonte: Autores, 2016.

Figura 14 – Interface do supervisorio remoto – Tela 2.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 15 – Interface do supervisorio remoto – Tela 3.



Fonte: Autores, 2016.

IV. CONCLUSÃO

O algoritmo implementado e a bancada de testes montada permitiram verificar a eficácia do sistema proposto. Os resultados obtidos dentro do próprio LabVIEW – observados no supervisorio, com iterações com frequências reduzidas, verificou o posicionamento do ponto de trabalho – se acima ou abaixo do ponto de máxima potência, tomando como referência o gráfico apresentado na Figura 2, e a alteração no ciclo de trabalho do sinal PWM – verificado através do *software* e do osciloscópio externo, que é modificado a fim de corrigir o acoplamento no sistema deslocando o ponto de trabalho na direção do ponto de máxima potência.

O desenvolvimento do *software* supervisorio, na plataforma LabVIEW, foi realizado buscando a utilização do potencial que o uso de instrumentos virtuais fornecem, principalmente no que diz respeito a flexibilidade da solução aliada a programação através da linguagem gráfica, com a possibilidade de processamento interno e controle de dispositivos externos a partir de sinais gerados dentro do *software*, fazendo uso de sistemas computacionais para resolução de problemas que, inicialmente, demandariam uma grande quantidade de instrumentos de medição e processamento de sinais externos e, muitas vezes, inflexíveis em suas especificações.

O resultado final desses supervisorios – local e remoto, atendeu às expectativas da proposta que eram, além de um algoritmo assertivo, uma interface eficiente e intuitiva, principalmente na versão *mobile*, que faz referência ao supervisorio remoto, para acompanhar a tendência das soluções em automação, que é a de sistemas supervisionados remotamente.

O protótipo desenvolvido sob a forma de bancada de testes, ainda pode ser utilizada para fins didáticos em disciplinas de graduação vinculadas às áreas de Geração de Energia Alternativa, Controle, Automação, Instrumentação e Aquisição de Dados. Essa bancada ainda permite sua utilização para realização de laboratório virtual – através da função de simulação de valores para o painel do supervisorio local, o que representa mais um ganho, do ponto de vista didático, que todo o sistema concebido proporciona.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHATNAGAR, Pallavee; NEMA, R. K. Maximum power point tracking control techniques: state-of-the-art in

photovoltaic applications. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**. Golden, p. 224-241. 2013.

CARRIJO, Daiane Rezende et al. UMA PROPOSTA DE TÉCNICA DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 18., 2010, Bonito. **Anais...** . Bonito: 2010. p. 2543 - 2548.

ESRAM, Trishan; CHAPMAN, Patrick L.. Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques. **IEEE Transactions On Energy Conversion**, Urbana, v. 22, n. 2, p.439-449, jun. 2007.

ETAWIL, Mohamed A.; ZHAO, Zhengming. MPPT Techniques for Photovoltaic Applications. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**. Golden, p. 793-813. 2013.

MORALES, David Sanz. **Maximum power point tracking algorithms for photovoltaic applications**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Tecnologia, Aalto University, Otaniemi, 2010.

RENERGY SOLAR. **Energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<http://renergy-solar.com.br>>. Acesso em: 10 out. 2015.

VILLALVA, Marcelo Grandella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

OTIMIZAÇÃO ROBUSTA APLICADA A PROGRAMAÇÃO DE GERADORES TERMELÉTRICOS INTEGRANDO ENERGIA EÓLICA COM INCERTEZA

ROBUST OPTIMIZATION APPLIED TO THERMAL UNIT COMMITMENT INTEGRATING WIND POWER WITH UNCERTAINTY

MARCOS ROBERTO BOMBACINI¹; ADEMIR ALVES RIBEIRO²

1 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

bombacini@utfpr.edu.br; ademirribeiro@ufpr.br

Resumo – Este artigo aplica o método da otimização robusta a um problema de programação de geradores termelétricos durante um período de 24 horas integrando a incerteza intrínseca da geração de energia eólica. A maneira empregada para modelar a incerteza foi através de um conjunto poliédrico incerto correlacionado. Este tipo de conjunto incerto permite levar em consideração a correlação temporal existente. Os resultados da simulação permitem avaliar como os parâmetros de robustez e de correlação temporal da geração contribuem para a redução dos custos com combustíveis fósseis em um sistema elétrico de potência satisfazendo a demanda do consumo de energia e as restrições operacionais dos geradores.

Palavras-chave: Otimização Robusta. Programação de Geradores. Energia Eólica.

Abstract – This paper shows the robust optimization method applied to a thermal unit commitment problem over a period of 24 hours integrating an intrinsic uncertainty of the wind power generation. The way used to model uncertainty was through a correlated polyhedral uncertainty set. This kind of uncertainty set allows taking into account an existing temporal correlation. The results of the simulation assessing how robustness and correlation parameters contribute to the reduction of fossil fuel costs in an electric power system satisfying the demand of energy consumption and operational constraints of generators

Keywords: Robust Optimization. Unit Commitment. Wind Power.

I. INTRODUÇÃO

Os modernos sistemas elétricos de potência dispõem de diversos tipos de geradores, tais como: termelétricos, hidrelétricos, eólicos e solares. Dentre as técnicas utilizadas para a geração de energia, a eólica é considerada a mais eficaz em relação a benefícios econômicos. Entretanto, esta técnica introduz variabilidade e incerteza no planejamento operacional da geração de energia. Conforme definido em (ELA e O'MALLEY, 2012), a variabilidade é a flutuação aleatória da velocidade do vento causada por processos físicos na atmosfera enquanto que a incerteza resulta dos erros na previsão dos ventos.

Para reduzir esta incerteza, são empregados geradores termelétricos tradicionais que elevam os custos com combustíveis fósseis compensando a flutuação de energia no

sistema elétrico de potência provocada pela inserção de geradores eólicos.

Especificamente, a integração dos geradores eólicos ao sistema elétrico possui três desafios: 1) a contribuição de energia ao sistema possui incerteza e não pode ser prevista com precisão. 2) O fornecimento de energia pode variar imensamente no decorrer do tempo; em uma determinada hora, ele pode ser bastante elevado e em seguida diminuir abruptamente no momento seguinte. 3) A correlação entre a geração eólica e a demanda de carga pode ser negativa. Isto pode ser problemático, especialmente em situações onde a demanda de carga for baixa ao mesmo tempo em que a energia eólica no sistema elétrico for alta.

A otimização robusta é um método específico para tratar problemas de otimização com dados incertos. Neste método, assume-se que a incerteza dos dados está variando em um intervalo com valores limites superior e inferior na forma de um conjunto incerto. O principal objetivo é determinar a melhor solução dentre aquelas “ímmunes” a incerteza dos dados, isto é, dentre as soluções candidatas que permaneçam viáveis para todos os dados no interior do conjunto (BERTSIMAS, BROWN, CARAMANIS, 2011).

Tradicionalmente, quando a energia eólica é inserida em um problema de otimização robusta para minimizar os custos de combustíveis dos geradores termelétricos adota-se um conjunto incerto com variáveis independentes, ou seja, sem correlação temporal. Porém, para melhorar os benefícios econômicos desta geração renovável é crucial que os operadores do sistema elétrico conheçam os padrões dos erros de previsão de maneira a reduzir os custos de produção de energia através de um planejamento operacional mais eficiente.

Este artigo está organizado como a seguir: a seção II apresenta o método da otimização robusta compara como este método e o método determinístico modelam a incerteza, na seção III está a formulação matemática para o problema de planejamento da operação de geradores termelétricos incluindo a geração eólica, na seção IV estão os valores dos parâmetros adotados, os resultados obtidos na simulação do estudo de caso, na seção V estão as conclusões verificadas através deste estudo.

II. OTIMIZAÇÃO ROBUSTA

Otimização robusta pertence a uma classe de métodos para tratar problemas de otimização com dados contaminados com incerteza. Neste tipo de método, um conjunto determinístico de dados é definido no interior de um conjunto, conhecido como conjunto incerto, e a melhor solução viável para a incerteza dos dados presente neste conjunto constitui a solução do problema de otimização robusta. A principal motivação para empregar este método é a de que em muitas aplicações como no caso da geração de energia eólica, não é necessário conhecer ou estimar a função distribuição de probabilidade do parâmetro incerto.

Em geral, considerando-se o problema de otimização linear, a incerteza pode aparecer em três diferentes formatos:

1. Incerteza nas restrições do lado esquerdo
2. Incerteza nas restrições do lado direito
3. Incerteza nos coeficientes da função objetivo:

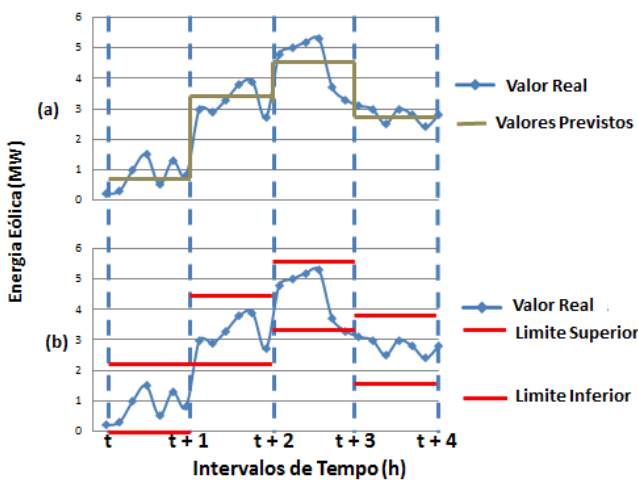
$$\begin{aligned} \min_x \quad & \sum_j \tilde{c}_j x_j \\ \text{s.a.} \quad & \sum_j \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i \quad \forall i \end{aligned} \quad (1)$$

Onde: \tilde{a}_{ij} , \tilde{b}_i e \tilde{c}_i representam os valores reais dos parâmetros que estão sujeitos a incerteza (LI, TANG, FLOUDAS, 2012).

Para realizar uma programação da energia a ser fornecida pelos geradores termoeletrônicos ao sistema elétrico de potência baseando-se no método da otimização determinística, os valores previstos para a energia eólica são considerados como médias conforme mostrado na Figura 1(a), desprezando-se os erros dos valores previstos. Entretanto a incerteza presente nas energias renováveis precisa ser considerada possibilitando uma operação econômica e segura dos sistemas elétricos de potência.

A Figura 1(b) mostra o como o método da otimização robusta modela a incerteza dos valores incertos previstos na geração eólica através de limites superior e inferior. Convencionalmente, considera-se a energia eólica de uma maneira determinística sendo a incerteza negligenciada.

Figura 1 – Representação da Incerteza: (a) Otimização Determinística e (b) Otimização Robusta.



Fonte: (HUSSAIN, BUI e KIN, 2016).

III. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

As incertezas são observadas durante o período de geração da energia eólica e a abordagem robusta é mais apropriada para modelar esta geração. Naturalmente transforma-se um problema robusto em um problema determinístico. Sem perda de generalidade, a energia eólica é modelada por um conjunto poliédrico incerto e uma formulação linear inteira mista para o problema de planejamento da geração termelétrica foi inicialmente proposta por (CARRIÓN e ARROYO, 2006).

3.1 – Função Objetivo

A função quadrática utilizada para modelar o custo do combustível em geradores termelétricos quando aplicada em problemas de geração de energia pode ser formulada em (2):

$$C_g = \min_p \sum_{t=1}^{N_t} \sum_{i=1}^{N_g} \left(a_i u_i^t + b_i (p_i^t) + c_i (p_i^t)^2 \right) \quad (2)$$

Onde:

C_g : Custo de geração de energia (\$).

N_t : Número de períodos de intervalos de tempo em estudo (24 h).

N_g : Número de geradores termelétricos.

p_i^t : Potência fornecida pelo gerador termelétrico i no período de tempo t (MW).

u_i^t : Variável binária que será igual a 1 se o gerador i estiver ligado no período de tempo i e 0 caso contrário.

a_i , b_i , c_i : Coeficientes da função quadrática de custo de combustível para o gerador termelétrico i .

3.2 – Restrição para o Equilíbrio de Energia

A restrição de igualdade para garantir o equilíbrio entre a energia fornecida pelo sistema elétrico de potência e a demanda de consumo é dada em (3):

$$\sum_{t=1}^{N_t} D_t - \sum_{t=1}^{N_t} \tilde{W}_t = \sum_{t=1}^{N_t} \sum_{i=1}^{N_g} p_i^t \quad (3)$$

Onde:

C_g : Custo de geração de energia (\$).

N_t : Número de períodos de intervalos de tempo em estudo (24 h).

N_g : Número de geradores termelétricos.

p_i^t : Potência fornecida pelo gerador termelétrico i no período de tempo t (MW).

u_i^t : Variável binária que será igual a 1 se o gerador i estiver ligado no período de tempo i e 0 caso contrário.

a_i , b_i , c_i : Coeficientes da função quadrática de custo de combustível para o gerador termelétrico i .

3.3 – Restrição para Limites de Geração

As limitações técnicas para os valores máximos e mínimos da capacidade de geração termelétrica de cada um dos geradores são dadas por (4):

$$P_{\min} u_i^t \leq p_i^t \leq P_{\max} u_i^t, \quad i = 1, \dots, N_g, t = 1, \dots, N_t \quad (4)$$

Onde:

P_{max_i} : Máxima capacidade de fornecimento de energia do gerador termelétrico i (MW).

P_{min_i} : Mínima capacidade de fornecimento de energia do gerador termelétrico i (MW).

3.4 – Taxas Máximas de Rampa para as Mudanças no Valor de Energia Gerada

As taxas de rampa ou taxas de resposta a potência são descritas como a capacidade que um gerador termelétrico possui em termos de acomodar mudanças em um intervalo de tempo específico. Para evitar danos a turbina, um gerador não pode fornecer mais do que certo valor de energia em um determinado instante de tempo. Esta restrição é modelada conforme a geração aumenta por (5) e conforme a geração diminui por (6):

$$p_i^t - p_i^{(t-1)} \leq UR_i \quad (5)$$

$$p_i^{(t-1)} - p_i^t \leq UD_i \quad (6)$$

Onde:

UR_i : Limite da taxa de subida do gerador i (MW/h).

UD_i : Limite da taxa de descida do gerador i (MW/h).

3.5 – Conjuntos Incertos Poliédricos

Bertsimas e Sim (2004) estabeleceram na prática a necessidade manter um equilíbrio entre o desempenho e a robustez da solução. Eles introduziram o conjunto incerto poliédrico e desenvolveram um contraparte robusto correspondente no qual seu nível de robustez pode ser ajustável. A solução deste modelo é considerada robusta porque fica protegida contra todas as situações nas quais os coeficientes sofrem perturbações. O conjunto incerto poliédrico pode ser formulado como em (7):

$$U = \left\{ \tilde{W}^t = W^t + \xi \cdot \hat{W}^t \mid \sum_j |\xi_j| \leq \Gamma \right\} \quad (7)$$

Onde:

\tilde{W}_j^t : Valor real para o fornecimento de energia pelos geradores eólicos no período de tempo t (MW).

W_j^t : Valor previsto para o fornecimento de energia pelos geradores eólicos no período de tempo t (MW).

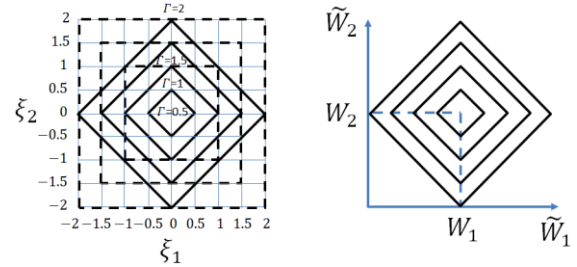
$\xi \cdot \hat{W}^t$: Perturbação no valor nominal do fornecimento de energia afetado pela incerteza no período de tempo t (MW).

ξ : Variável aleatória sujeita a incerteza.

Γ : Parâmetro de ajuste para a robustez do valor real.

Um conjunto incerto poliédrico com quatro valores diferentes de Γ , para um problema com duas variáveis incertas está ilustrado na Figura (2):

Figura 2 – Ilustração de um Conjunto Incerto Poliédrico.



Fonte: (LI, DING, e FLOUDAS, 2011).

O parâmetro Γ é o parâmetro para ajustar a robustez e o nível detrimento do conservadorismo da solução e $\Gamma \in [0,2]$. A Equação (7) implica que apenas um subconjunto de incertezas mudará para afetar adversamente a solução. De acordo com a teoria do limite central, a média aritmética de um número suficientemente grande de iterações de variáveis aleatórias independentes terá distribuição normal.

Ou seja, assumindo que uma amostra é obtida contendo um grande número de observações, cada observação é gerada aleatoriamente de maneira a ser independente dos valores das outras observações, e então a média aritmética dos valores observados é calculada. Nesta abordagem, o pior cenário da otimização robusta em que todas as incertezas levam a seus piores casos é reduzido (DING *et al.*, 2016).

1. Se $\Gamma = 0$, o conjunto incerto poliédrico U contém apenas o ponto zero tal que a otimização robusta se comporta como o contraparte robusto tradicional.
2. Se $\Gamma = 2$, todas as incertezas assumem seus piores casos.
3. Se $0 < \Gamma < 2$, o conservadorismo da robustez será protegido e permite ao tomador de decisão determinar o equilíbrio.

3.6 – Conjuntos Incertos Poliédricos Correlacionados

Quando a curva de geração eólica é prevista são exibidas correlações temporais entre esses valores que são afetados por vários fatores de incerteza. Ao invés de identificar todos estes fatores estima-se uma matriz de correlações entre eles utilizando-se um conjunto incerto poliédrico correlacionado proposto por Jalilvand-Nejad, Shafaei, e Shahriari (2016) onde esta correlação é incorporada no modelo.

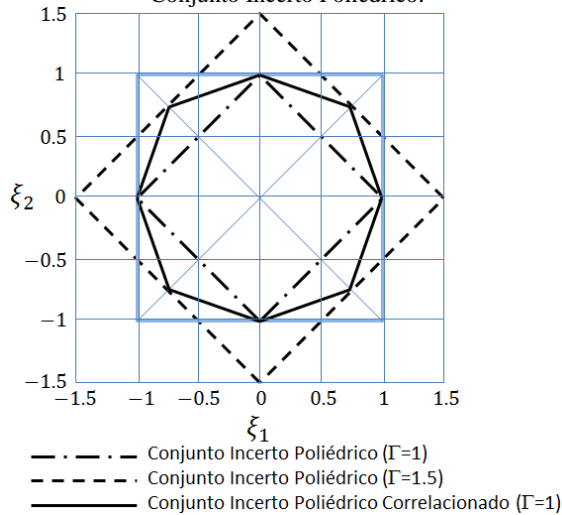
Quando o problema consiste de N_t valores sujeitos a incerteza, o conjunto incerto correlacionado considera a correlação na construção da formulação robusta conforme apresentado em (8):

$$U = \left\{ \tilde{W}^t = W^t + \xi_j \cdot \hat{W}^t \mid \sum_{j \neq k} \left[\left(1 - \frac{N_t - \Gamma}{N_t - 1} \right) \rho_{jk} \|\xi_k\| \right] \leq \Gamma \right\} \quad (8)$$

Onde j e k denotam índices dos instantes de tempo (t) e ($t+1$) respectivamente no problema (1), ρ_{jk} denota a correlação temporal entre W_j e W_k que assume os valores na faixa de $[0,1]$. Obviamente, se $\rho_{jk} = 0$ (para todo j, k e $j \neq k$) o conjunto incerto poliédrico correlacionado em (8) será equivalente a conjunto incerto poliédrico em (7).

A Figura (3) ilustra uma comparação entre os dois conjuntos incertos poliédricos:

Figura 3 – Conjunto Incerto Poliédrico Correlacionado versus Conjunto Incerto Poliédrico.



Fonte: (JALILVAND-NEJAD, SHAF AEI, SHAHRIARI, 2016).

Observa-se pela Figura (3) que o formato do conjunto incerto modifica-se devido à existência da correlação temporal. Em relação ao conjunto poliédrico convencional suas fronteiras curvam-se de maneira a concentrar mais valores próximos das diagonais. Dessa maneira, o conjunto irá abranger melhor os espaços ocupados do que os espaços vazios. Quanto mais alta for a correlação maior a concentração dos valores próximos as diagonais e consequentemente as fronteiras sofreram uma maior curvatura.

IV. ESTUDO DE CASO

O problema robusto para minimizar os custos com combustíveis fósseis através da programação de geradores termoeletricos foi implementado em Linguagem Julia com Gurobi Solver em um computador pessoal com processador Intel® Core™ i7 T420 (2,50 GHz) e 8 GB de memória RAM.

Grau de incerteza (η): $\eta = \tilde{W}_j^t / W_j^t$. Grau de conservadorismo (α): $\alpha = (C_g^r - C_g^d) / C_g^d \times 100\%$, onde C_g^r e C_g^d são os valores mínimos para o custo de combustível dos geradores eólicos calculados pelo mínimo robusto e pelo mínimo determinístico respectivamente (DING et al., 2016).

4.1 – Parâmetros utilizados na Simulação

Para investigar o desempenho do método adotando-se um conjunto incerto poliédrico com correlação temporal entre os tempos da geração eólica foi adotado um sistema com 10 geradores termoeletricos e um gerador eólico.

Os parâmetros com as características operacionais dos 10 geradores termoeletricos estão mostrados na Tabela 1.

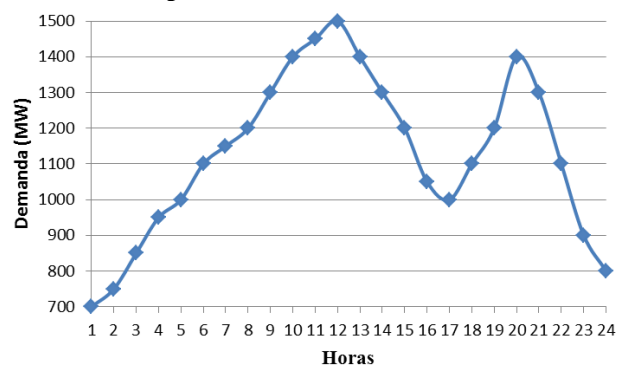
Tabela 1 – Características dos Geradores Termoeletricos.

Geradores	Pmax (MW)	Pmin (MW)	a (S/h)	b (S/MWh)	c (S/MW ² h)	UR (MW/h)	UD (MW/h)
1	455	150	1000	16,19	0,00048	8	8
2	455	150	970	17,26	0,00031	8	8
3	130	20	700	16,60	0,00200	5	5
4	130	20	680	16,50	0,00211	5	5
5	162	25	450	19,70	0,00398	6	6
6	80	20	370	22,26	0,00712	3	3
7	85	25	480	27,74	0,00079	3	3
8	55	10	660	25,92	0,00413	1	1
9	55	10	665	27,27	0,00222	1	1
10	55	10	670	27,79	0,00173	1	1

Fonte: (YAN et al., 2009).

A curva de demanda de consumo ao longo do período de 24 h em um dia útil utilizada na simulação está ilustrada na Figura (4). Esta evidencia dois picos máximos de consumo bem definidos, o primeiro ocorre no horário das 12h e o outro às 18 h.

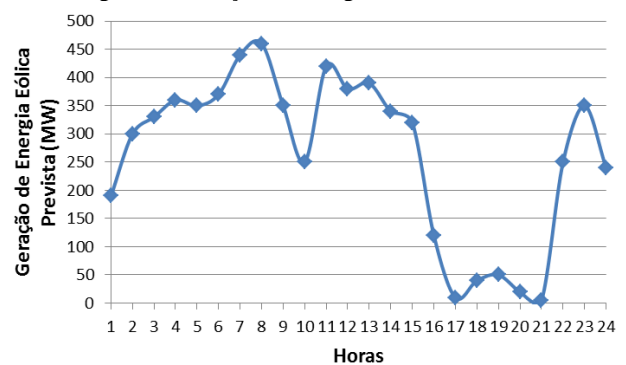
Figura 4 – Demanda de Consumo.



Fonte: (YAN et al., 2009).

A curva de geração de energia eólica durante o mesmo dia útil utilizada na simulação está ilustrada na Figura (5).

Figura 5 – Geração de Energia Elétrica Prevista.



Fonte: (YAN et al., 2009).

4.2 – Resultados Obtidos na Simulação do Estudo de Caso

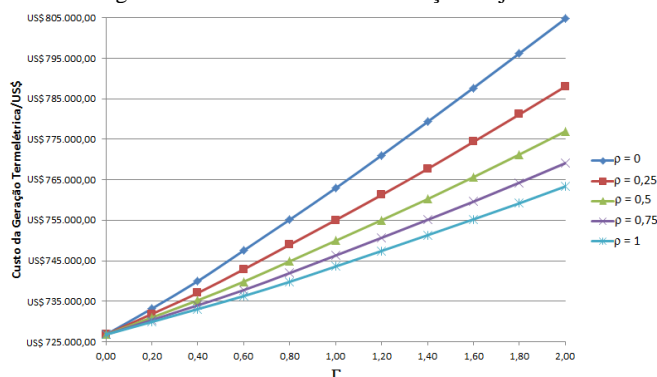
A Figura 6 representa o gráfico do comportamento dos custos com combustíveis fósseis para a geração termoeletrica em função do aumento do parâmetro Γ para valores de ρ (0; 0,25; 0,5; 0,75; 1). Pode-se observar para o primeiro caso extremo em que $\Gamma = 0$, para o caso determinístico, apresenta um custo total de US\$ 726.762,87 independente dos valores de ρ . Neste caso, a geração eólica prevista desconsiderando-se a incerteza.

No segundo caso extremo em que $\Gamma = 2$, para o pior caso, ou seja, este custo é verificado na situação em que se

considera a maior variação possível entre o valor da energia eólica previsto e o valor real.

No terceiro caso, ou seja $0 < \Gamma < 2$, possibilita-se ao operador do sistema elétrico configurar a robustez desejada mediante ao comportamento histórico e a acurácia do método de previsão da energia eólica.

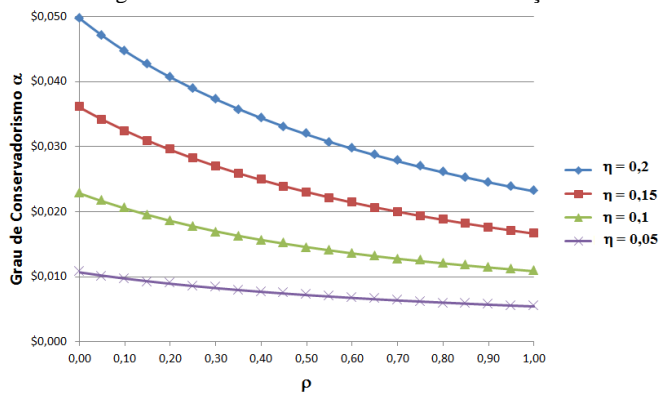
Figura 6 – Curva de Custos da Função Objetivo.



Fonte: (BOMBACINI e RIBEIRO, 2016)

A Figura 7 representa o gráfico com a curva comportamental decrescente do nível de conservadorismo da solução encontrada pela otimização robusta quando comparado a solução encontrada pela otimização determinística para um valor do parâmetro $\Gamma = 1$. Este pode ser ajustado pelo operador do sistema elétrico. As curvas refletem que para graus de incerteza η (0,05; 0,1; 0,15; 0,2) ocorre a diminuição do grau de conservadorismo α a medida que o coeficiente de correlação temporal ρ aumenta.

Figura 7 – Grau de Conservadorismo da Solução.



Fonte: (BOMBACINI e RIBEIRO, 2016)

V. CONCLUSÃO

O método da otimização robusta aplicado a um problema para minimização dos custos com combustíveis fósseis incluindo a geradores eólicos mostrou-se adequada para tratar a incerteza deste tipo de energia.

Adotar um conjunto incerto correlacionado possibilitou verificar como o aumento da robustez em relação a diminuição da correlação temporal aumenta os custos com geração.

Também foi possível observar a queda no grau de conservadorismo da solução em relação ao aumento da correlação temporal para vários graus de incerteza

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTSIMAS, Dimitis; BROWN, David B., CARAMANIS, Constantine. **Theory and Applications of Robust Optimization**. SIAM Review, v. 53, n. 3, p. 464-501, 2011.

BERTSIMAS, Dimitris and SIM, Melvyn. **The Price of Robustness**. Operations Research, v. 52, n. 1, p. 35-53, 2004.

CARRIÓN, Miguel and ARROYO, José M. **A Computationally Efficient Mixed-Integer Linear Formulation for the Thermal Unit Commitment Problem**. IEEE Transactions on Power Systems, v. 21, n. 3, p. 1371-1378, 2006.

DING, Tao; BIE, Zhaohong, BAI, Linquan; LI, Fangxing, **Adjustable Robust Optimal Power Flow with the Price of Robustness for Large-Scale Power Systems**. IET Generation, Transmission and Distribution, v. 10, n. 1, p. 164-174, 2016.

ELA, Erik and O'MALLEY, Mark. **Studying the Variability and Uncertainty Impacts of Variable Generation at Multiple Timescales**. IEEE Transactions on Power Systems, v. 27, n. 3, p. 1324-1333, 2012.

HUSSAIN, Akhtar; BUI, Van-Hai, and KIM, Hak-Man. **Robust Optimization-Based Scheduling of Multi-Microgrids Considering Uncertainties**. Energies, v. 9, n. 278, 2016.

JALILVAND-NEJAD, Amir; SHAFAEI, Rasoul; SHAHRIARI, Hamid. **Robust Optimization under Correlated Polyhedral Uncertainty Set**. Computers and Industrial Engineering, v. 92, p. 82-95, 2016.

LI, Zukui; DING, Ran, and FLOUDAS, Christodoulos A. **A Comparative Theoretical and Computational Study on Robust Counterpart Optimization: I. Robust Linear Optimization and Robust Mixed Integer Linear Optimization**. Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 50, n. 18, p. 10567-10603, 2011.

LI, Zukui; TANG, Q.; FLOUDAS, Christodoulos A. **A Comparative Theoretical and Computational Study on Robust Counterpart Optimization: II. Probabilistic Guarantees on Constraint Satisfaction**. Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 51, n. 19, p. 6769-6788, 2012.

YAN, Young; YANG, Shouhui; WEN, Fushuan; and MACGILL, Iain. **Generation Scheduling with Volatile Wind Power Generation**. 1st International Conference on Sustainable Power Generation and Supply (SUPERGEN), 6-7 April, p. 1-7, Nanjing, China, 2009.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

A TERMOGRAFIA APLICADA À MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA A SECO

THE THERMOGRAPHY APPLIED TO TRANSFORMERS MAINTENANCE POWER DRY

TADEU SILVA DE SANTANA¹; ROBSON DA SILVA MAGALHÃES²

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA;

dedeuspf@hotmai.com; robsonmagalhaes@ufsb.edu.br

Resumo – Os transformadores de potência a seco são equipamentos que pertencem a uma classe transformadores, cuja parte ativa não está imersa no óleo isolante. Eles possuem o seu bobinado encapsulado em uma resina. Além disso, quando são comparados aos transformadores a óleo, eles apresentam dimensões menores e são recomendados para as instalações internas; aquelas que exigem uma maior segurança e confiabilidade. Outra característica relevante intrínseca a esse tipo de equipamento está no fato de que eles não requerem condições especiais para a sua instalação. Entretanto, esse tipo de transformador apresenta limitações quanto à potência instalada e ao nível de tensão de operação, além de ter um maior de instalação, quando é comparado aos transformadores a óleo. Diversos fabricantes consideram que esses transformadores são isentos ou que praticamente não necessitam de manutenção. Dessa forma, visando reduzir o custo operacional, eles restringem as ações preventivas que deveriam ser realizadas. Dentre as ações preventivas, destacam-se: a inspeção visual, a limpeza geral, a verificação da pressão dos contatos, etc. Mesmo que eles sejam objetos de uma menor frequência de manutenção, os transformadores a seco requerem atenção especial para o seu monitoramento, principalmente para a sua temperatura de operação; já que o aquecimento em um dos módulos do enrolamento, no lado de alta, indicaria um possível curto-circuito entre espiras. O aquecimento elevado também provoca a degradação precoce do material isolante aplicado ao enrolamento, reduzindo-se a vida útil do equipamento. Esse trabalho propõe a utilização da inspeção termográfica como uma técnica preditiva a ser adotada na política de manutenção para os transformadores de potência a seco, visando prevenir as falhas que são decorrentes da elevação da temperatura. A termografia é uma técnica de inspeção preditiva largamente utilizada em atividades de manutenção. Ela detecta anomalias térmicas, como uma elevação de temperatura, que são, em muitos casos, uma característica de um processo inicial de uma falha. A proposta do uso da termografia para o monitoramento de transformadores a seco visa garantir o seu melhor funcionamento, o aumento da sua disponibilidade e a elevação da sua vida útil.

Palavras-chave: Transformador de potência a seco, manutenção, termografia, preditiva.

Abstract - The dry power transformers are devices that belong to a class transformer, whose active part is not immersed in the insulating oil. They have their coiled encapsulated in a resin. Moreover, when compared to oil transformers, they are smaller and recommended for indoor facilities; those that require greater security and reliability. Another important characteristic intrinsic to this type of equipment is the fact that they do not require special conditions for their installation. However, this

transformer type has limitations on the installed capacity and the level of operating voltage, in addition to a larger facility, when compared to an oil transformer. Several manufacturers consider that these transformers are free or require no maintenance. Thus, to reduce operating costs, they restrict the preventive actions that should be undertaken. Among the preventive actions include: visual inspection, general cleaning, pressure testing of contacts, etc. Even if they are objects of less frequent maintenance, dry transformers require special attention to their monitoring, especially for its operating temperature; since the heating of the coil modules on the high voltage side would indicate a possible short between turns. The high heat also causes premature degradation of the insulating material applied to the coil, reducing the life of the equipment. This paper proposes the use of thermographic inspection as a predictive technique to be adopted in the maintenance policy for dry power transformers in order to prevent the failures that are due to the temperature rise. Thermography is a predictive inspection technique widely used in maintenance activities. It detects thermal anomalies, as an increase of temperature, which is a characteristic of an initial failure process in many cases. The proposed use of thermography for monitoring dry transformers aims to ensure its better functioning, increasing their availability and the rise of its useful life.

Keywords: dry power transformer, maintenance, thermography, predictive.

I. INTRODUÇÃO

A necessidade de se obter uma maior confiabilidade e disponibilidade nos equipamentos faz com que as empresas invistam e utilizem técnicas cada vez mais eficazes para identificação de falhas, dentre elas, destaca-se a termografia. Esse trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da termografia na manutenção de transformadores a seco. A termografia é uma técnica de inspeção preditiva largamente utilizada em atividades de manutenção. Ela é aplicada para detectar anomalias térmicas, como uma elevação de temperatura, que são, em muitos casos, uma característica de um processo inicial de falha, ou seja; a termografia possibilita a identificação das possíveis causas das falhas em sistemas e equipamentos elétricos. Ao longo desse trabalho serão apresentados os principais elementos e eventos causadores das falhas em transformadores a seco, com o propósito de analisar a efetividade da inclusão da termografia entre as atividades de manutenção preditiva, a serem realizadas nesses transformadores. Ao final desse

trabalho, espera-se demonstrar que a termografia pode ser inserida em um programa de manutenção preditiva para transformadores a seco, gerando resultados relevantes, tais como: o aumento efetivo da disponibilidade e da vida útil do equipamento, a diminuição considerável dos custos com a manutenção corretiva, o aumento da confiabilidade dos equipamentos, a redução do número de falhas, etc.

II. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA A SECO

Os transformadores a seco utilizam o ar como um meio de resfriamento. Eles podem estar localizados mais próximos à carga, o que leva a uma redução nos custos de instalação (menos cabos) e de operação (reduz as perdas elétricas) (SIEMENS, 2007). No entanto, eles são caracterizados por terem menores dimensões do que os transformadores a óleo (FINOCCHIO et al. 2016) São características dos transformadores a seco:

- possuem um reduzido risco de incêndio;
- são mais leves em peso, quando comparados aos transformadores a óleo;
- requerem uma menor área para a sua instalação (em uma mesma área ocupada por um transformador a óleo pode ser colocado um transformador a seco com o dobro de potência);
- custo de instalação reduzido;
- praticamente livres de manutenção.

O transformador é um dos equipamentos mais importantes em um sistema elétrico. A sua vida útil depende da condição do seu material isolante. A temperatura de operação de um transformador é o parâmetro de operação que define a condição de preservação das boas condições do material isolante. Existem muitos fatores que contribuem para o aumento da temperatura operacional de um transformador, tais como: o dimensionamento inadequado das vias de resfriamento ou da altura de instalação de um transformador. A seleção dos parâmetros do transformador e o dimensionamento das vias de resfriamento devem atender a normas específicas (HUO et al. 2012). A capacidade de dissipação do calor das vias de resfriamento desempenha um papel importante, pois dela resulta o nível de temperatura de operação em um transformador (PAUL, 2001). A dissipação de calor deve ser considerada no projeto, e o aumento da temperatura do núcleo de ferro do enrolamento deve ser calculado. Também deve ser calculada a área necessária para a dissipação de calor durante o processo de operação do transformador (HUO et al. 2012).

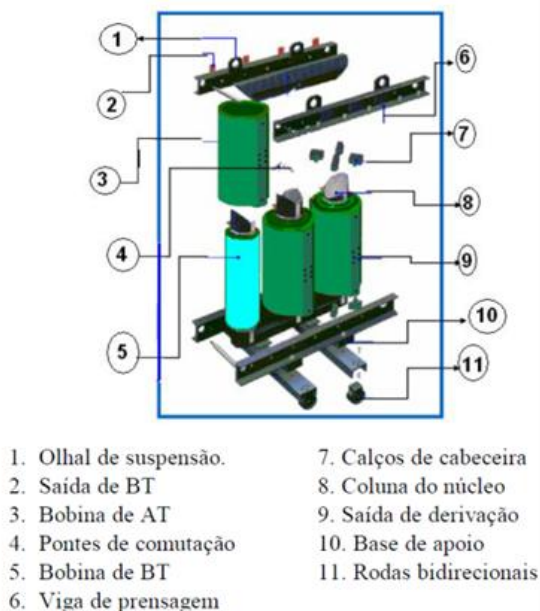
A fim de se evitar a deterioração do isolamento dos componentes elétricos, é importante que se monitore a temperatura dos transformadores, já que a sua vida útil depende da vida útil do seu isolamento (LEE et al. 2010).

A Figura 1 apresenta uma vista explodida de um transformados a seco, que permite a identificação do principais componentes do equipamento.

A temperatura do ar que circula nos enrolamentos dos transformadores a seco é uma importante variável a ser considerada no sistema de resfriamento dos enrolamentos, desde que esses sejam resfriados apenas pelo ar. A medida em que aumenta a diferença entre as temperaturas do ar e da superfície do enrolamento, o efeito do resfriamento também aumenta. O ideal é que o ar circulante entre todos os enrolamentos do transformador tenha uma temperatura igual a temperatura do ambiente. Isso só será possível quando todas as superfícies da bobina estiverem expostas à

atmosfera. No entanto, os enrolamentos internos são resfriados pelo ar que circula nas bobinas verticais, e, portanto, a temperatura do ar no interior das bobinas verticais é particularmente crítica para os transformadores a seco (LEE et al. 2011).

Figura 1 - Vista explodida de um transformador a seco



Fonte: FRANÇA, 2010.

2.1 – Manutenção em Transformadores a Seco

Quando se afirma que os transformadores a seco são praticamente livres de manutenção (FRANÇA et al. 2010), surge uma dúvida de qual seria a melhor forma para a execução da manutenção nesses equipamentos. Não é comum que os fabricantes desses equipamentos recomendem a utilização da termografia como uma ferramenta de manutenção para esses equipamentos.

Recomenda-se limpeza frequente, evitando-se os problemas com o acúmulo de poeira e de outras impurezas. O acúmulo de sujeira pode acarretar a redução da capacidade de resfriamento. Como consequências da redução da capacidade de resfriamento, podemos observar: a perda de potência útil do transformador; as deformações na estrutura; a oxidação das conexões elétricas, entre outras. Para evitar a redução na capacidade de resfriamento, são recomendadas as seguintes ações (WEG, 2010):

- inspeção visual do local;
- verificação das entradas e saídas de ar;
- verificação do aperto dos contatos dos terminais e do painel de comutação;
- verificação do funcionamento do conjunto de proteção térmica;
- limpeza do ambiente onde o transformador está instalado;
- verificação do aterramento, confirmando se o mesmo está corretamente conectado aos terminais previstos.

Essas ações, embora necessárias, não garantem a “falha zero” nesses equipamentos. Uma forma de aumentar a confiabilidade desses equipamentos é a aplicação da técnica termográfica em sua manutenção.

III. TERMOGRAFIA EM TRANSFORMADORES A SECO

Justifica-se o uso da termografia em transformadores a seco, tendo-se em vista que a variação da temperatura se caracteriza como o principal indicador para um processo de falha elétrica. A relação corrente/resistência pode elevar a temperatura em elementos de um equipamento. Essa relação pode sofrer alterações devido a vários fatores, como por exemplo: uma conexão frouxa, oxidação nas conexões e/ou falhas de componentes e materiais. Uma elevação anormal na temperatura, acelera o processo de fadiga em um material e pode levar ao total rompimento de um condutor ou a avarias em componentes específicos de uma rede de distribuição (GORCHINSKI, 2013).

A termografia é uma técnica de inspeção amplamente utilizada nos processos de manutenção elétrica, pois permite identificar os níveis de temperatura em equipamentos e estruturas. A técnica termográfica gera bons resultados e tende a ser uma das principais ferramentas para a inspeção, e para a análise das causas nas falhas dos sistemas elétricos.

Embora seja de simples execução, existem vários fatores que precisam ser considerados para a aplicação da técnica de inspeção termográfica em equipamentos elétricos. Diversos fatores, como os efeitos ambientais e a condição dos equipamentos inspecionados, podem afetar os resultados da análise. Como exemplo, tem-se o procedimento para realização de uma inspeção termográfica ao ar livre, tipo de inspeção muito comum em subestações de energia. Realizar uma inspeção termográfica, sem considerar os fatores externos, pode resultar em medições totalmente imprecisas e em tomadas de decisões incorretas (JADIN; TAIB, 2012). As inspeções termográficas são altamente dependentes da habilidade do termografista. Esse profissional precisa compreender as limitações do teste termográfico, registrar todos os dados relevantes, e interpretar os resultados adequadamente (HELLIER, 2013).

A Inspeção Termográfica é a técnica de inspeção não destrutiva realizada com a utilização de sistemas infravermelhos. Destina-se a medição de temperaturas ou a observação de padrões diferenciais da distribuição do calor, com o objetivo de propiciar informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo (VERATTI, 2011). A termografia também é definida como a técnica de sensoriamento remoto que utiliza a radiação infravermelha, naturalmente emitida pelos corpos, medindo as temperaturas, juntamente com a imagem do local no qual se está sendo realizada a medição (Barreto et al., 2001).

A temperatura é um parâmetro importante para expressar a condição de um processo. Um diagnóstico pode ser emitido através da observação do perfil de temperatura de uma superfície. Uma temperatura mais elevada do que um padrão previamente estabelecido indica um desvio de comportamento em um processo. Portanto, o monitoramento da temperatura permite a avaliação da condição de um material e da qualidade de um processo, possibilitando a aplicação de soluções para a conservação de energia (GARNAIK, 2005).

A temperatura interna dos equipamentos elétricos se eleva devido a diversos fatores, tais como: problemas em contatos elétricos, desequilíbrios de carga, falhas no isolamento, relés defeituosos, dentre outros. Portanto, a prevenção de anormalidades térmicas em equipamentos

elétricos, é necessária para evitar danos ou até eventuais falhas, que podem causar interrupções não planejadas. A termografia se apresenta como uma técnica de inspeção extremamente útil, uma vez que permite: realizar medições sem contato físico com a instalação (segurança); verificar equipamentos em pleno funcionamento (sem interferir na produção); e inspecionar grandes superfícies em pouco tempo (alto rendimento) (LOUVAIN; CABRAL; GOMES, 2010). Seu princípio se baseia na medição da distribuição da temperatura na superficial de um corpo qualquer, e esta medição é realizada pela detecção da radiação térmica (infravermelha) emitida pelo corpo. A imagem térmica de um equipamento contribui com informações valiosas sobre o equipamento ou sistema (PELIZZARI et al., 2006).

Apesar da temperatura não ser o melhor indicador para a detecção de todos os problemas que ocorrem em sistemas elétricos, a elevação da temperatura, produzida pelo calor liberado por uma resistência elétrica, muitas vezes, precede às falhas elétricas. O componente é inspecionado diretamente, enquanto está energizado.

Deve ser dada uma atenção especial a toda e qualquer conexão ou aos pontos de contatos elétricos. Essas são as áreas mais suscetíveis para a ocorrência de uma alta resistência, e de uma falha relacionada com a elevação da temperatura. Usando-se a termografia, em pouco tempo, é possível inspecionar uma subestação de energia, varrendo-se os seus diversos pontos de contatos elétricos, identificando-se cada um dos problemas em evolução (HELLIER, 2013).

Por ser uma técnica de inspeção rápida, confiável, sem contato, eficaz e de baixo custo operacional, a termografia vem sendo amplamente utilizada para detecção e localização de defeitos internos e externos em equipamentos.

A vida útil do material isolante em um equipamento elétrico é reduzida drasticamente com o aumento da sua temperatura (HUDA; TAIB, 2013). O monitoramento de uma condição através do uso de imagens pode revelar a presença de quaisquer anomalias térmicas em equipamentos elétricos. Um defeito será normalmente identificado pelo aquecimento da superfície do equipamento. Isso ocorre devido à alteração na quantidade do calor gerado pelo equipamento, ou à alteração na transferência de calor entre o interior do equipamento e a atmosfera (LIZÁK, 2008).

A Tabela 1 apresenta as anormalidades que ocorrem em transformadores a seco e as suas prováveis causas. A partir dessas informações, percebe-se que a maioria dos modos de falhas estão diretamente ligados à elevação da temperatura nos equipamentos. Logo, a utilização da termografia surge como uma ferramenta adequada para a detecção das causas de falhas nos transformadores seco, fornecendo informações que permitem a atuação da manutenção, antes da ocorrência de uma possível falha. O bloqueio da ocorrência de uma falha eleva a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos.

Tabela 1 - Causas de falhas em transformadores a seco.

ITEM	ANORMALIDADES	CAUSA PROVAVEL
1	SOBREAQUECIMENTO NOS TERMINAIS AT, BT EPONTOS DE CONEXÃO E PAINEL DE COMUTAÇÃO	MAU CONTATO
2	SOBREAQUECIMENTO DO TRANSFORMADOR	SOBRECARGA ACIMA DO PREVISTO
		CIRCULAÇÃO DE AR DE REFRIGERAÇÃO INSUFICIENTE
		TEMPERATURA DO AR DE REFRIGERAÇÃO ACIMA DA TEMPERATURA PREVISTA
3	ATUAÇÃO DO RELÉ DE PROTEÇÃO	SOBREAQUECIMENTO DO TRANSFORMADOR
		FALTA DE TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO DO RELÉ
4	DESCARGAS ENTRE TERMINAIS AT DESCARGA ENTRE AT E MASSA	REDUÇÃO DA RESISTIVIDADE SUPERFICIAL DO MATERIAL ISOLANTE POR EXISTÊNCIA DE CORPOS ESTRANHOS
	DESCARGA ENTRE AT/BT DESCARGA ENTRE BT/MASSA	DESTRUIÇÃO DO MATERIAL ISOLANTE DEVIDO À SOBRETENSÕES, SOBREAQUECIMENTO OU ESFORÇOS MECÂNICOS ACIMA DO PREVISTO.

Fonte: WEG, 2010.

IV. ESTUDO DE CASO

4.1 – Setup Experimental

Conforme mencionado anteriormente, a termografia permite monitorar a temperatura dos componentes de um transformador, possibilitando a identificação das possíveis causas das falhas eminentes nesses equipamentos. Nesse trabalho, como objeto de estudo, foram criadas rotas de inspeções termográficas para os transformadores a seco das subestações da UFBA – Universidade Federal da Bahia, observando-se o comportamento térmico dos componentes. Ao todo são oito transformadores, distribuídos em cinco subestações distintas.

4.2 – Metodologia

Na metodologia para a criação e execução das rotas de inspeções termográficas, adotou-se as seguintes etapas:

- Definição dos principais pontos inspecionados, em cada transformador:
 - ✓ terminais de baixa tensão,
 - ✓ terminais de alta tensão e
 - ✓ núcleo.
- Definição da periodicidade para a realização das inspeções dos transformadores:
 - ✓ quinzenal
- Definição da posição (distância e ângulo) para a realização da inspeção de cada componente.
- Execução da rota estabelecida.

Com a fixação dos ângulos e das distâncias para a realização de todas as inspeções em conformidade com o padrão pré-estabelecido, garantiu-se a repetibilidade da inspeção.

4.3 – Primeiros Resultados

Considerando-se cada um dos pontos da rota, para cada inspeção realizada, as imagens termográficas obtidas são analisadas e comparadas com as imagens do histórico. Com esse procedimento, é possível, ao longo do tempo, fazer uma análise do comportamento térmico de cada componente.

Nesse trabalho, para uma análise prévia da eficiência da termografia, como um método adequado para a inspeção preditiva aplicada em transformadores a seco, foram selecionados dois transformadores, nos quais foram analisados os primeiros resultados.

Para a escolha dos transformadores, considerou-se o fato de que ambos possuem as mesmas características e estão sujeitos a cargas similares, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Características dos transformadores analisados

Características	Transformador 1	Transformador 2
Potência	300 kVA	300 kVA
Tensão	13800/220V	13800/220V
Ano de Fabricação	2012	2012
Fabricante	Trafomil	Trafomil

Fonte: Autores.

Em cada um dos transformadores, os componentes escolhidos para o estudo foram os respectivos núcleos, para o componente inspecionado. Dentre as características principais do equipamento, temos: A Figura 2 apresenta as imagens termográficas obtidas do núcleo do transformador 1. Nota-se que há um aumento na temperatura do ponto analisado, a cada inspeção realizada (88,6° C em 26/08/2016, 92,9° C em 08/09/2016 e 97,6° C em 23/09/2016). A Figura 3 mostra as imagens térmicas resultantes das inspeções do núcleo do transformador 2. A temperatura para esse componente sofre mínimas alterações nas três inspeções analisadas (129° C em 26/08/2016, 131° C em 09/09/2016 e 129° C em 23/09/2016).

Diante das primeiras inspeções, surgem dois cenários distintos. O primeiro evidencia um aumento gradativo na temperatura do transformador 1. O segundo torna evidente que o transformador 2 apresenta uma maior temperatura, quando comparado ao transformador 1. Apesar de permanecer com as temperaturas estáveis ao longo das inspeções, o transformador 2 apresenta uma média de temperatura superior em 36,6° C à média de temperatura do transformador 1.

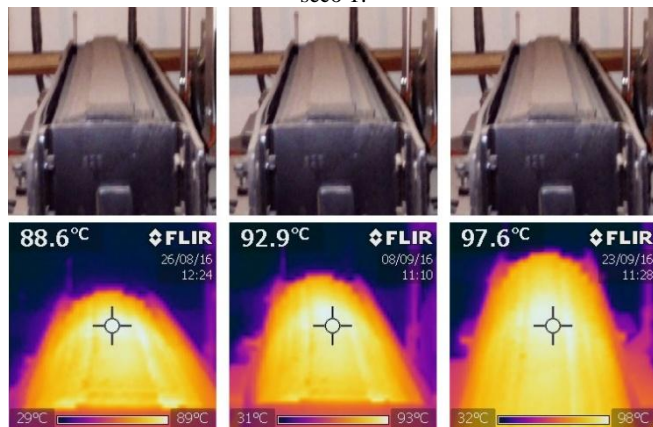
A elevação na temperatura no núcleo do transformador 1 pode ter sido causada por alguma anormalidade, como um contínuo aumento de cargas não previstas.

Como resultado após a realização das primeiras inspeções termográficas, nós temos um sinal de que o equipamento apresenta, em um dos seus componentes, um comportamento térmico diferente dos outros. Dessa forma, esse componente tem que ter uma atenção específica e um aumento na frequência das inspeções, possibilitando a identificação da causa raiz para a elevação da temperatura em seu núcleo. Deve-se avaliar o circuito para se identificar se novas cargas foram, progressivamente adicionadas ao sistema. Não ficou evidenciado a causa raiz para a elevação da temperatura de operação do transformador 1. Porém, a partir do momento em que seu perfil térmico se altera a cada inspeção, torna-se necessário um acompanhamento mais frequente. Em uma situação ideal, não havendo

mudança de carga, o transformador 1 deveria apresentar temperaturas constantes entre as suas inspeções. Já o transformador 2, em suas condições ideais, deveria apresentar um comportamento térmico semelhante ao comportamento do transformador 1, já que eles possuem a mesma especificação e estão sujeitos a mesma carga.

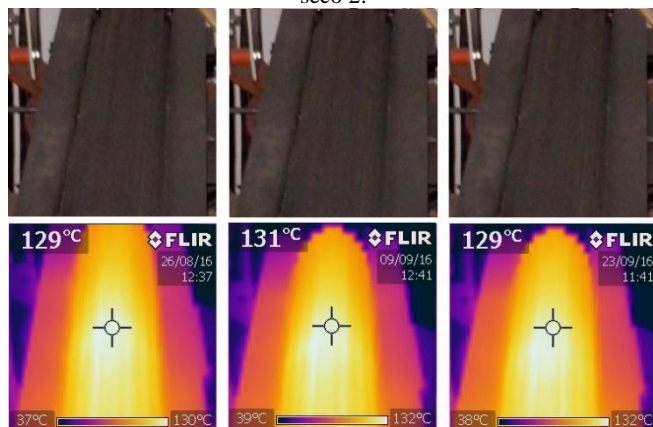
Recomenda-se a realização de um levantamento das cargas dos dois transformadores e uma equalização dessas cargas.

Figura 2 - Imagens termográficas do núcleo do transformador a seco 1.



Fonte: Autores.

Figura 3 - Imagens termográficas do núcleo do transformador a seco 2.



Fonte: Autores.

V. CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto, ao utilizarmos a termografia como uma técnica preditiva de detecção das causas das falhas, pode-se concluir que existem oportunidades para a melhoria das atividades de manutenção em transformadores a seco. Observa-se que é necessário uma atenção especial para a temperatura desses equipamentos, pois a temperatura é um fator que tem uma influência direta na vida útil dos equipamentos. A temperatura precisa ser monitorada continuamente, uma vez que, grande parte das falhas que ocorrem nesses equipamentos, são decorrentes do calor excessivo gerado pelos seus componentes. Logo, tem-se um ganho efetivo na confiabilidade e disponibilidade, ao incluirmos a termografia em um programa de manutenção para os transformadores a seco.

Considerando-se os resultados obtidos nas primeiras inspeções, propõe-se que os dois equipamentos analisados sejam acompanhados com uma maior frequência, a fim de se identificar as causas do comportamento térmico de

ambos. Uma vez identificadas as causas dessas alterações, devem ser tomadas ações para correção, como a distribuição uniforme das cargas.

Cabe ressaltar que todas as outras políticas e técnicas de manutenção devem continuar sendo utilizadas nesses equipamentos, pois elas também possuem um elevado grau de importância. Contudo, sugere-se que a termografia seja adotada e adicionada às políticas e técnicas preditivas para a manutenção dos transformadores a seco, pois, além das inúmeras vantagens já mencionadas, ela não requer o desligamento do sistema a ser analisado.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, J. T. Junior, S. G. de Carvalho, M. J. de Oliveira, H. J. A. Martins e A. N. da Silva, **Diagnóstico de Campo de Condição Operativa de Subestações 138kV através de Termovisão**. 2001.

FINOCCHIO, M. et al. **Comparação entre transformadores a óleo e a seco**. CONTECC - Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Foz de Iguaçu, PR. 2016.

FRANÇA, G. et al.. **Estudos de Falhas em Transformadores a Seco, Causados por Erros de Projeto, Fabricação e Montagem**. 2010.

GARNAIK, S.. **Infrared thermography: A versatile technology for condition monitoring and energy conservation**. Retrieved September, 1–7. Disponível em: http://www.reliabilityweb.com/art05/Infrared_thermography_a_versatile_technology.pdf. 2005.

GORCHINSKI, A. L., H. M. S. Amarante, J. L. Kovaleski, E. A. A. Matos, A. C. Francisco. **Termografia em redes de distribuição de energia elétrica**. CONBREPRO - Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, PR. 2013.

HELLIER, C., 2013. *Handbook of nondestructive evaluation*, McGraw-Hill.

HUDA, A.S.N.; TAIB, S.. **Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment**. *Applied Thermal Engineering*, 61(2), pp.220–227. 2013.

HUO, D., Li, Z. & Han, D.. **The analysis of temperature rise of dry-type transformer with case**. In *2012 China International Conference on Electricity Distribution*. IEEE, pp. 1–4. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6508447>. 2012.

JADIN, M.S.; TAIB, S.. **Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography**. *Infrared Physics & Technology*, 55(4), pp.236–245. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1350449512000254>. 2012.

LEE, M. et al.. **Air temperature effect on thermal models for ventilated dry-type transformers**. *Electric Power Systems Research*, 81(3), pp.783–789. 2011.

LEE, M. et al.. **Temperature distribution in foil winding for ventilated dry-type power transformers**. *Electric Power Systems Research*, 80(9), pp.1065–1073. 2010.

LIZÁK, M.K.F.. **Improving reliability and decreasing losses of electrical system with infrared thermography.** *Acta Electrotechnica et Informatica*, 8(1), pp.60–63. 2008.

LOUVAIN, C. L.; CABRAL, L. C.; GOMES, K. R.. **Aplicação da Termografia na Manutenção preditiva.** *Bolsista de Valor*, 109–112. 2010.

PAUL, D.. **Failure analysis of dry-type power transformer.** *IEEE Transactions on Industry Applications*, 37(3), pp.689–695. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=924746>. 2001.

PELIZZARI, E. et al. **Aplicações da termografia como ferramenta de manutenção preditiva em conectores elétricos.** CBECimat - *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, PR. p.6315-6325. 2006.*

VERATTI A. B. **Sistema Básico de Inspeção Termográfica - Um novo patamar na relação custo / benefício em Termografia.** 2011.

WEG, 2010. **Manual Transformadores Seco.** , p.26.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

VALIDAÇÃO DE MODELO DE CÉLULA A COMBUSTÍVEL DE MEMBRANA TROCADORA DE PRÓTONS EM AMBIENTE PSCAD/EMTDC

MODEL VALIDATION OF PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL IN PSCAD/EMTDC

AMANDA LOUREIRO NASCIMENTO¹; JUSSARA FARIAS FARDIN¹; LUCAS FRIZERA ENCARNAÇÃO¹

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (UFES)

amanda.nascimento.aln@gmail.com; jussara.fardin@ufes.br; lucas@ele.ufes.br

Resumo – Este artigo apresenta a modelagem de uma célula a combustível do tipo membrana trocadora de prótons (PEMFC), implementada no software PSCAD. Na modelagem, são consideradas as perdas por ativação, concentração e perdas ôhmicas dissipadas sob a forma de calor sendo também representado o comportamento termodinâmico da PEMFC. O artigo traz ainda uma revisão dos principais conceitos relacionados à célula a combustível, seu modo de funcionamento e suas aplicações. São feitas simulações sob diferentes condições de carga para análise da resposta da PEMFC, além de associação série-paralelo para aumento da potência fornecida. O modelo proposto pode ser utilizado futuramente em estudos sobre o controle de microrredes, avaliação da PEMFC como fonte secundária e rastreamento de máxima potência para a célula a combustível.

Palavras-chave: PEMFC. PSCAD. Circuito equivalente.

Abstract - This paper presents the modeling of a proton exchange membrane fuel cell implemented in PSCAD/EMTDC. The model considers activation, concentration and ohmic losses dissipated as heat, of a PEMFC fuel cell, as well its thermodynamics behavior. In addition, this paper brings a review about the key concepts related to fuel cells, its operating mode and applications. Simulations are carried out under different load conditions to analyze the PEMFC model response, besides series and parallel associations to increase the power supply. In future, the presented model could be used in microgrids control studies, evaluation of PEMFC as a backup source and maximum power point tracking for fuel cells.

Keywords: PEMFC. PSCAD. Equivalent Circuit.

I. INTRODUÇÃO

A célula a combustível (CaC) é um dispositivo capaz de converter energia química em energia elétrica e calor, por meio da oxidação do combustível sem que haja combustão. Em um sistema baseado em CaC, a reação acontece na célula eletroquímica, com reagentes separados, forçando a transferência de elétrons para um circuito externo. Já nos sistemas convencionais de geração, o combustível é oxidado espontaneamente em reação de combustão irreversível, gerando calor, que precisa ser convertido em energia mecânica e posteriormente em eletricidade.

Os benefícios do uso de CaCs para geração de energia elétrica incluem alta eficiência, confiabilidade e qualidade

de energia em regime permanente, flexibilidade de combustível, pouca manutenção e, nenhum ou pouco ruído de operação, já que existem nenhuma ou poucas partes móveis. Dessa forma, as CaCs possuem potencial para competir com os meios convencionais de geração de energia, já que não apresentam limitações geográficas, podendo ser instaladas em qualquer local do sistema de distribuição.

Em aplicações estacionárias, o sistema baseado em CaC é conectado à rede provendo energia adicional à planta ou funcionando de modo isolado como fonte independente em localidades remotas. Esse tipo de geração de energia elétrica pode atingir eficiência entre 40% e 60% no processo, quando da utilização de hidrocarboneto como combustível. Se for considerada a cogeração, isto é, se o calor gerado no processo for aproveitado, aumenta-se a eficiência para até 85% (ANDÚJAR e SEGURA, 2009).

A PEMFC, objeto de estudo nesse artigo, atrai muito interesse na geração distribuída devido à alta densidade de energia, alta eficiência e baixa temperatura de operação. Além disso, o eletrólito utilizado nessa célula é não-corrosivo, o que aumenta a segurança do sistema.

II. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio de funcionamento e a estrutura de uma CaC são semelhantes aos de uma bateria, com a exceção de que a CaC pode, teoricamente, produzir energia elétrica enquanto houver injeção de combustível e oxidante (AKKINAPRAGADA, 2007). Assim, somente a degradação ou mau funcionamento de qualquer um dos componentes da CaC impõe limites a sua vida útil. Já na bateria, a máxima energia disponível é limitada pela quantidade de reagente químico armazenado, ou seja, quando os reagentes são inteiramente consumidos, a bateria deixa de produzir energia elétrica.

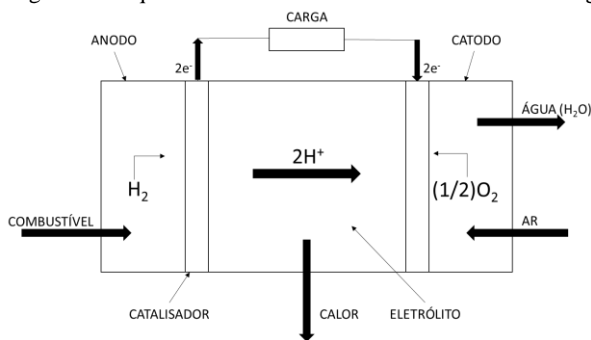
Os elementos básicos de uma célula a combustível a hidrogênio são mostrados na Figura 1. O anodo (eletrodo negativo) e catodo (eletrodo positivo) porosos são separados por um eletrólito.

A injeção de combustível acontece no anodo, ocorrendo a oxidação eletroquímica. Enquanto no catodo é injetado oxidante, ocorrendo redução eletroquímica. A partir dessas duas reações, tem-se como produtos água e corrente

elétrica, corrente esta que flui pelo circuito externo à célula. O hidrogênio que entra pelo anodo é transformado em íons de hidrogênio e elétrons com a atuação do catalisador e o oxigênio que flui pelo catodo se liga a esses íons, formando água. À medida em que a água é retirada do sistema, mais íons circulam no eletrólito dando continuidade à reação, produzindo mais eletricidade.

Na PEMFC, os eletrodos estão separados por uma membrana sólida que permite a passagem dos íons H⁺ e bloqueia o fluxo de elétrons. Como mostrado na Figura 1, os elétrons fluem do anodo para a carga externa e se acumulam na superfície do catodo, para onde os íons H⁺ são atraídos. Assim, duas camadas carregadas com polaridades opostas são formadas na fronteira entre o catodo poroso e a membrana. Essa dupla camada eletroquímica consegue armazenar energia elétrica e se comporta como um supercapacitor (LARMINIE e DICKS, 2001).

Figura 1 - Esquemático de uma célula a combustível a hidrogênio



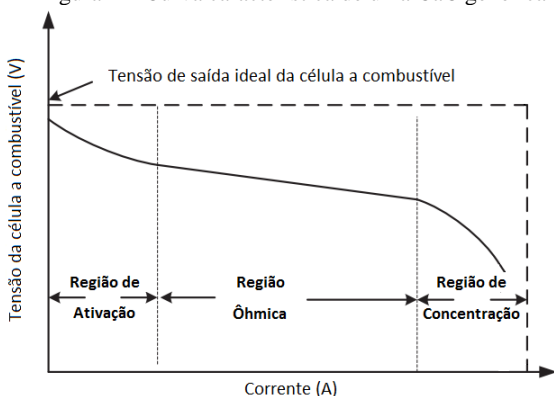
Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

As reações típicas para o anodo e catodo são dadas pelas Equações (1) e (2), respectivamente:



A curva característica de tensão *versus* corrente (VxI) de uma célula a combustível é apresentada pela Figura 2. É possível observar a existência de três regiões distintas de operação da CaC. Essas regiões são caracterizadas pelo tipo de perda mais significativa no ponto de operação da célula.

Figura 2 – Curva característica de uma CaC genérica



Fonte: Adaptado de Larminie e Dicks, 2001.

2.1 – Tensão ideal

A tensão a vazio ideal, E_N, denominada tensão de Nernst, que representa o potencial termodinâmico eletroquímico de uma única célula, é definida na Equação (3):

$$E_N = E_0 + \frac{R * T}{2 * F} * \ln \left(P_{H_2} * \sqrt{P_{O_2}} \right) \quad (3)$$

em que E₀ é a tensão máxima teórica que pode ser fornecida por uma célula em circuito aberto sob condições padrão de pressão e temperatura (1 atm e 298 K); T é a temperatura em [K]; R é a constante universal dos gases [JK/mol]; F é a constante de Faraday [C] e, P_{H₂} e P_{O₂} são as pressões parciais do hidrogênio e oxigênio em [atm].

2.2 – Perdas

Ressalta-se que a tensão real de saída de uma célula a combustível, V_{OUT}, é sempre inferior à tensão ideal, E_N, devido a contabilização de quedas de tensão por ativação, concentração e perdas ôhmicas dissipadas sob a forma de calor (NETL, 2004). Assim, a tensão de saída de uma única célula é descrita em:

$$V_{OUT} = E_N - V_{ativ} - V_{conc} - V_{ohm} \quad (4)$$

2.2.1 – Perdas por ativação

Essas perdas são decorrentes do potencial perdido durante a inicialização da reação eletroquímica entre o combustível e o oxidante, ocorrendo tanto no anodo como no catodo da CaC.

2.2.2 – Perdas ôhmicas (dissipadas sob a forma de calor)

São causadas pela resistência iônica nos eletrodos e no eletrólito, resistência dos eletrodos, resistências de contato nas interconexões e no coletor de corrente. São proporcionais à densidade de corrente, dependem do material construtivo da CaC, bem como da arquitetura da pilha e da temperatura.

2.2.3 – Perdas por concentração

Resultam da variação de concentração dos reagentes na superfície dos eletrodos com o consumo de combustível. À medida que os reagentes são consumidos nas reações, ocorre uma pequena redução na concentração dos reagentes. Essa variação leva à queda nas pressões parciais, implicando na redução da tensão de saída da CaC.

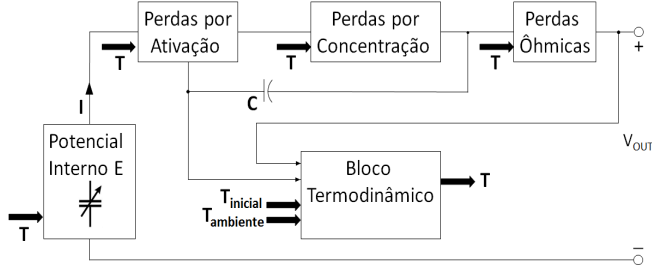
III. MODELAGEM DA PEMFC

A modelagem simulada em PSCAD/EMTDC é baseada em um modelo já validado por Wang (2006), com a utilização de circuitos equivalentes para emular o comportamento da PEMFC, considerando suas características eletroquímicas e termodinâmicas. A partir da temperatura e da corrente de carga, o modelo consegue determinar a tensão de saída da PEMFC. Na Figura 3, tem-se o resumo do modelo em diagrama de blocos.

O potencial interno, E, no circuito equivalente da PEMFC é dependente da corrente de carga e da temperatura, sendo mostrado na Figura 4. A função f₁(I,T), Equação (5), é a Equação (3) considerando o efeito da temperatura de operação da PEMFC sobre o valor de E₀, multiplicada pelo número de células utilizadas na pilha. Na Equação (5), N_{cel} é o número de células da pilha e k_E é uma constante empírica no cálculo de E₀. Já a função f₂(I), Equação (6), representa a influência do atraso entre a variação de corrente de carga e a variação do fluxo de combustível e oxidante na CaC, assumindo valores diferentes de zero apenas em transientes de carga. Na Equação (6), λ_E é uma constante para o cálculo da queda de tensão em transientes e τ_E é a constante de

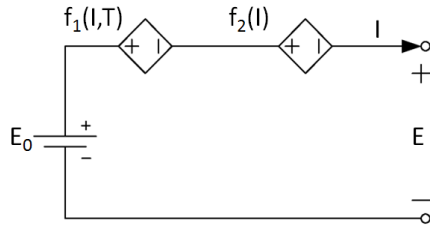
tempo que representa o atraso mencionado anteriormente (WANG, 2006).

Figura 3 – Diagrama de blocos do modelo elétrico em PSCAD/EMTDC



Fonte: Adaptado de Wang, 2006.

Figura 4 - Circuito equivalente para o potencial interno E



Fonte: Wang, 2006.

$$f_1(I, T) = -\frac{N_{cel} \cdot R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln\left(P_{H_2} \cdot \sqrt{P_{O_2}}\right) + N_{cel} \cdot k_E (T - 298) \quad (5)$$

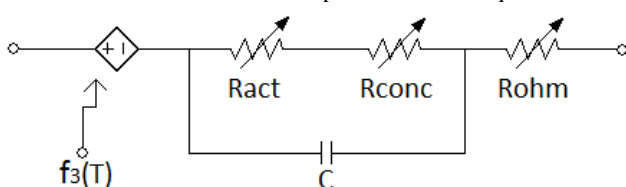
$$f_2(I) = N_{cel} \cdot \lambda_E \cdot I(s) \cdot \frac{\tau_E \cdot s}{\tau_E \cdot s + 1} \quad (6)$$

O circuito equivalente, que representa as perdas por ativação, concentração e perdas ôhmicas, além do efeito da dupla camada eletroquímica representado pela capacitância C, é mostrado na Figura 5.

No circuito elétrico, as perdas por concentração e perdas ôhmicas (dissipadas sob a forma de calor) são representadas na modelagem por resistências variáveis, R_{conc} e R_{ohm} , ambas compostas por um valor constante somado a duas componentes. Uma dessas componentes é dependente da corrente de carga e a outra, da temperatura de operação da PEMFC.

As perdas por ativação são modeladas por uma fonte de tensão dependente da temperatura definida pela Equação (7), $f_3(T)$, associada com a resistência, R_{act} . O valor de R_{act} é composto do mesmo modo que os valores de R_{conc} e R_{ohm} explicados anteriormente. Na Equação (7), η_0 representa a parte invariante das perdas por ativação e a é uma constante em [V/K].

Figura 5 – Circuito equivalente para representação das perdas, considerando o efeito da dupla camada eletroquímica



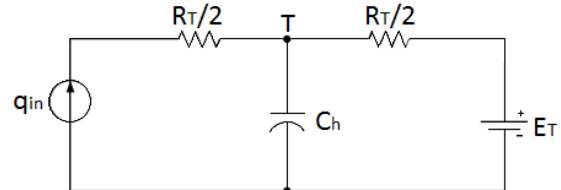
Fonte: Adaptado de Wang, 2006.

$$f_3(T) = \eta_0 + (T - 298) \cdot a \quad (7)$$

A potência consumida nas perdas é considerada como fonte de calor, q_{in} , Equação (8), que causa o aumento da temperatura de operação da CaC. Sendo assim, as propriedades termodinâmicas da PEMFC são emuladas com o circuito mostrado na Figura 6. No circuito, E_T é a temperatura ambiente, R_T representa a resistência térmica devido a convecção do ar, enquanto que a tensão medida na capacitância C_h , T , representa a temperatura de operação da pilha.

$$q_{in} = (E - V_{OUT}) \cdot I \quad (8)$$

Figura 6 – Circuito equivalente para representação comportamento termodinâmico da PEMFC



Fonte: Wang, 2006.

IV. RESULTADOS DE SIMULAÇÕES

4.1 – Validação do modelo em PSCAD

Para validação do modelo, foram utilizados dados experimentais de uma PEMFC SR-12 500-W dos Laboratórios Avista (WANG, 2016). A SR-12 é composta por 48 células do tipo PEMFC conectadas em série, com potência total de 500 W, podendo operar em ambientes com temperatura entre 5°C e 35°C. Os parâmetros utilizados na simulação estão descritos na Tabela 1 e as entradas para o modelo são a corrente de carga e a temperatura ambiente.

Tabela 1 – Parâmetros da PEMFC SR-12 500-W para simulação

E_0 (V)	58,9	a (V/K)	-0,1373
k_E (V/K)	0,00085	C_h (μ F)	22000
τ_E (s)	80,0	R_T (Ω)	0,0347
λ_E (Ω)	0,00333	p_{O_2} (atm)	1,0
η_0 (V)	20,145	p_{H_2} (atm)	0,26
N_{cel}	48	E_T (K)	308,0
R (J/mol·K)	8,3143	C (F)	
F (C/mol)	96487	0,1(4,8 F para cada célula)	

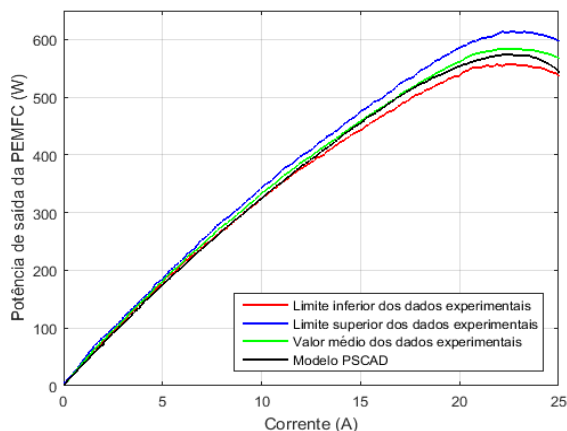
Fonte: Adaptado de Wang, 2006.

Na Figura 7, são mostrados os dados experimentais e os valores obtidos no modelo proposto para a curva de potência *versus* corrente. Observa-se que o modelo implementado representa adequadamente o comportamento da PEMFC. Para essa curva, o erro relativo entre o modelo e da curva média dos dados é de 4,22%.

Já na Figura 8, são comparados os dados experimentais e os valores obtidos no modelo proposto para a curva $V \times I$ da PEMFC. É possível notar as três regiões da curva $V \times I$, explicadas na Seção II. Constatou-se que o modelo em PSCAD concorda com a média dos dados experimentais, apresentando um erro relativo de 1,26%.

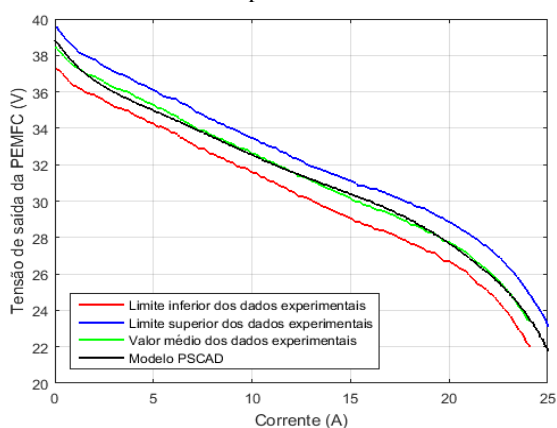
O comportamento da temperatura de operação da célula é mostrado na Figura 9. Examinando-a, percebe-se que o modelo apresenta diferenças quando comparado aos valores experimentais. Entretanto, constatou-se que o modelo prevê a temperatura da PEMFC em regime permanente adequadamente, apresentando erro médio de 1,68 K.

Figura 7 – Comparação entre dados experimentais e modelo em PSCAD/EMTDC para curva Pxi da SR-12



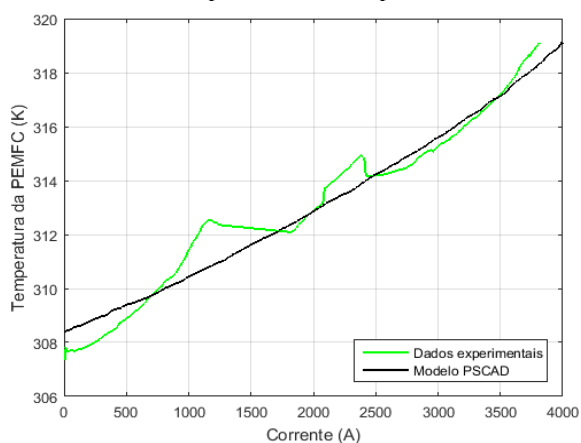
Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

Figura 8 - Comparação entre dados experimentais e modelo em PSCAD/EMTDC para curva Vxi da SR-12



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

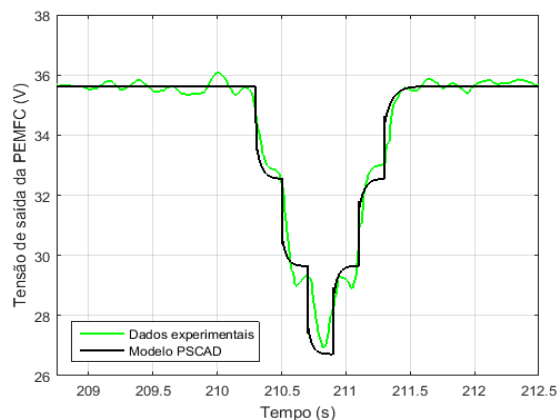
Figura 9 - Comparação entre dados experimentais e modelo em PSCAD/EMTDC para curva de temperatura da SR-12



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

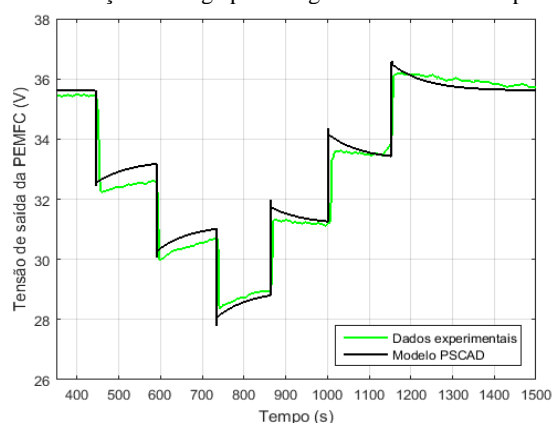
Nas Figuras 10 e 11, são mostradas as respostas transitórias do modelo para curtos e longos intervalos de tempo, respectivamente. As respostas em transitório foram obtidas variando-se a corrente de carga, sendo comparadas aos dados experimentais a fim de verificar a acurácia do modelo. A partir dos resultados, considera-se o modelo satisfatório para representação de variações de carga nos terminais da PEMFC, para curtos e longos intervalos de tempo.

Figura 10 – Resposta transitória do modelo em PSCAD/EMTDC em variação de carga para curtos intervalos de tempo



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

Figura 11 - Resposta transitória do modelo em PSCAD/EMTDC em variação de carga para longos intervalos de tempo



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

4.2 – Associação série-paralelo e conexão à rede

Após a validação do modelo em PSCAD/EMTDC, projetou-se um sistema baseado em células a combustível para conexão à rede. A interface com a rede utiliza um inversor trifásico tipo fonte de tensão (VSI – Voltage Source Inverter). As chaves semicondutoras desse inversor são controladas pela técnica de modulação por largura pulso senoidal (SPWM – Sinusoidal Pulse Width Modulation), sendo o índice de modulação, m_a , definido como a razão entre a amplitude do sinal senoidal de controle e a amplitude do sinal da portadora.

No controle SPWM empregado, as larguras dos pulsos são geradas por meio de comparação de uma tensão de referência triangular com uma portadora de tensão senoidal retificada, sendo 60Hz a frequência da rede de alimentação. A portadora está em fase com a rede de alimentação e as larguras dos pulsos, e consequentemente, a tensão de saída do inversor é variada a partir da alteração da amplitude da portadora.

Sabe-se que o valor de pico por fase da componente fundamental de tensão saída do inversor, V_{An}^{pico} , pode ser expresso pelas Equações (9) e (10) (JAIN et al, 2007):

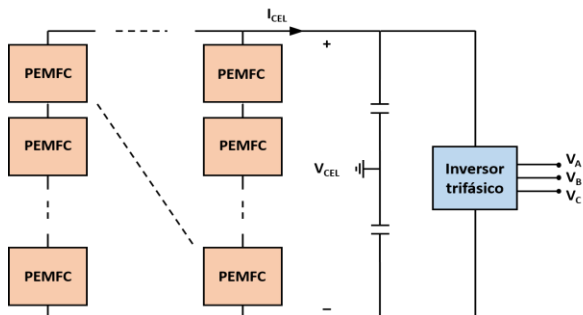
$$V_{An}^{pico} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} V_L \quad (9)$$

$$V_{An}^{pico} = m_a \cdot \frac{V_{CEL}}{2} \quad (m_a \leq 1) \quad (10)$$

Em que V_{CEL} representa a tensão de saída do arranjo das células a combustível e V_L é a tensão de linha da rede.

O sistema conectado à rede, Figura 12, apresenta um único estágio de conversão, isto é, sem conversor CC/CC. Isso garante menores perdas de potência no sistema devido ao menor número de elementos dissipativos, garantindo maior eficiência. Como não existe um conversor CC/CC para controlar a tensão de saída do arranjo de células a combustível, V_{CEL} , ocorre variação do índice de modulação do inversor a fim de manter o valor de V_{An}^{pico} , compensando as variações de V_{CEL} nas solicitações de carga.

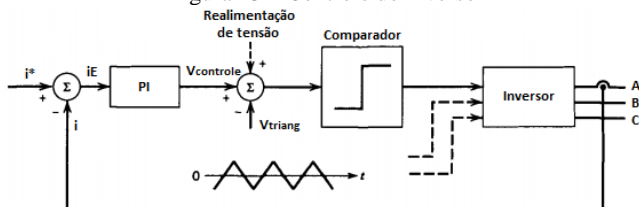
Figura 12 – Sistema baseado em CaC conectado à rede trifásica



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

O controle do inversor é de frequência fixa e utiliza a referência síncrona dq , isto é, aplica a transformada $abc-dq$ para simplificar a manipulação de variáveis. Na Figura 13, o erro entre a corrente de referência e a corrente real, i_E , é amplificado e alimentado a um controlador proporcional integral. A saída $V_{controle}$ é comparada a uma onda triangular, V_{triang} , de frequência fixa igual a 20 kHz. A comparação gera os sinais de controle para as chaves semicondutoras do inversor. A realimentação de tensão na Figura 13 detecta as fases da rede para sincronia da mesma com o inversor.

Figura 13 – Controle do inversor



Fonte: Mohan, N., Undeland, T. M. e Robbins, W. P., 1995.

A tensão de linha da rede a qual o inversor é conectado é igual a 220 V. O índice de modulação do inversor deve assumir valores em torno de 0,8, variando em $\pm 0,2$ sem prejuízo ao controle e à tensão de saída. Sendo assim, para atender a essas condições, o valor de V_{CEL} pode variar entre 360 e 600 V.

Para atingir os níveis de tensão e potência de saída desejáveis, as células a combustível foram associadas em série e em paralelo. A fim de determinar o número de células a combustível conectadas em série, escolhe-se o ponto de operação da PEMFC que esteja preferencialmente na região ôhmica. Para a PEMFC em estudo, isso ocorre com corrente de carga entre 5 e 22 A. Assim, para evitar que a CaC entre na região de concentração, a corrente de carga deve ser menor que 22 A, de acordo com a Figura 8. Dessa forma, adotou-se a corrente de operação para cada CaC, I_{carga} , igual a 17 A, tendo como tensão e potência de saída iguais a 29,48 V e 500 W, respectivamente.

Para satisfazer a faixa de tensão de conexão ao inversor, isto é, de 360 a 600 V, considerando o ponto de operação

definido, o número de células conectadas em série, N_s , é calculado pela Equação (11):

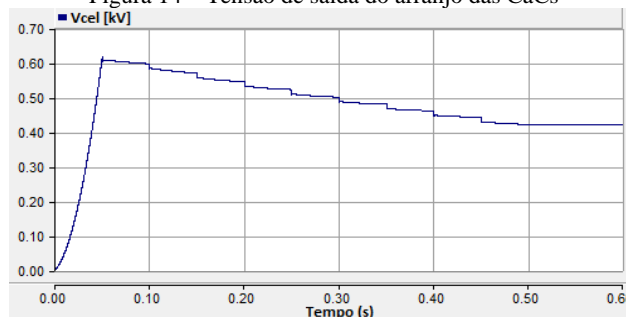
$$\frac{V_{CEL\ MIN}}{29,48} < N_s < \frac{V_{CEL\ MAX}}{29,48} \quad (11)$$

$$12,21 < N_s < 20,35$$

Definiu-se N_s igual a 16, totalizando 8 kW de potência. O número de pilhas série conectadas em paralelo, N_p , é definido pela potência total requerida do sistema. Para a simulação, o N_p adotado é igual a 4. Assim, no sistema proposto são 64 células a combustível SR-12 associadas, com V_{CEL} aproximadamente igual a 460 V a plena carga e potência total de 32 kW.

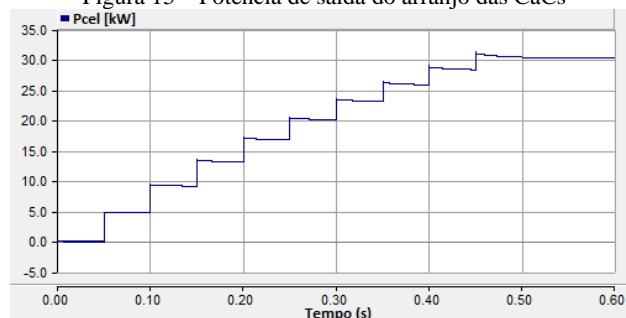
Nas Figuras 14 e 15, são mostrados os resultados para a simulação da associação das CaCs ainda isolada. Essa simulação foi feita aplicando degraus de corrente iguais a 8A em intervalos de 0,05 s na saída do arranjo. A potência e tensão a plena carga diferem dos valores calculados, devido a escolha de um *time step* (passo de tempo) igual a 5 μ s para simulação do arranjo. O *time step* reduzido foi escolhido para que quando o arranjo fosse conectado ao inversor, o controle e chaveamento funcionasse corretamente. Dessa forma, o valor de tensão a plena carga obtido é igual a 420,3 V e o de potência igual a 30,5 kW, representando erros com relação aos valores desejados de 8,53% e 4,6%, respectivamente.

Figura 14 – Tensão de saída do arranjo das CaCs



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

Figura 15 – Potência de saída do arranjo das CaCs

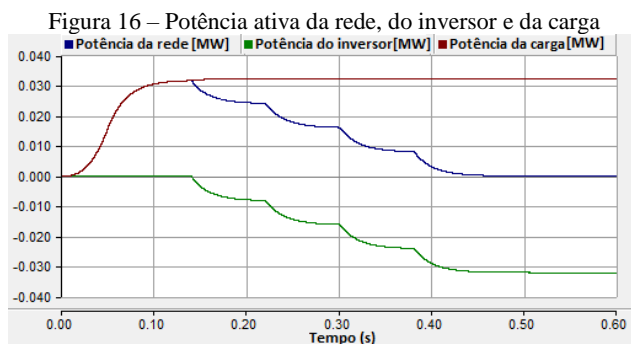


Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

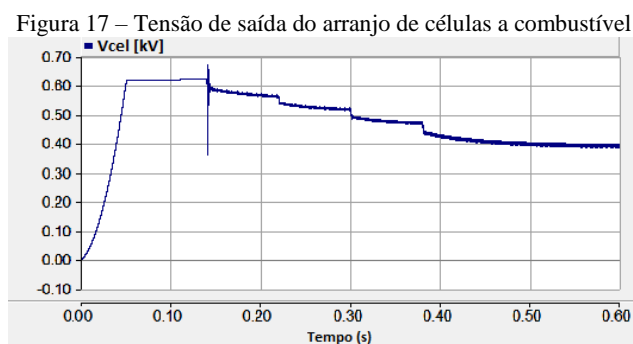
As Figuras 16, 17 e 18 apresentam a simulação do sistema completo com o arranjo de CaCs conectado à rede por meio do inversor. Na Figura 16, são mostradas as potências ativas injetadas pelo inversor e pela rede, e a potência ativa consumida pela carga. Cada degrau aplicado no controle de potência ativa do inversor corresponde a 25% da carga total do sistema, isto é, 8 kW. É possível observar que quando o inversor aumenta o fornecimento de potência para a carga conectada à rede, a potência fornecida pela rede à carga diminui, como previsto.

Já a Figura 17 mostra a variação de tensão na saída do arranjo das CaCs. Inicialmente, com o arranjo a vazio, a tensão chega a ser aproximadamente 620 V, estando de acordo com os resultados obtidos na Seção IV em que uma única célula a vazio, apresenta 38,7 V como tensão de saída. Observa-se que devido ao aumento de solicitação de potência, V_{CEL} diminui como era esperado. Entretanto, o valor final de V_{CEL} está abaixo do calculado em 40 V devido ao *time step* escolhido para a simulação, apresentando *ripple* (ondulação) de $\pm 1,5$ V.

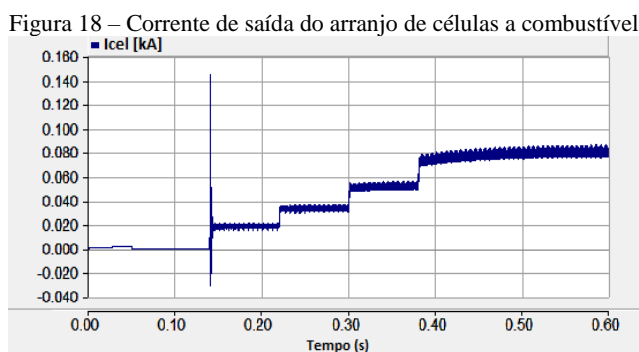
A Figura 18 traz a corrente de saída do arranjo de CaCs. É possível observar que enquanto a tensão de saída do arranjo decresce, a corrente aumenta devido ao aumento de potência ativa solicitada. Além disso, a corrente apresenta *ripple* de $\pm 1,4$ A, com valor final de 79,8 A, maior do que o valor calculado para o arranjo a plena carga igual a 72 A.



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.



Fonte: Nascimento, A.L., 2016.

No instante de tempo igual 0,14 s ocorre a conexão do inversor com a rede. Nesse instante, é possível observar na Figura 17 que a tensão na saída do arranjo das CaCs chega a 372 V e que, na Figura 18, ocorre sobrecorrente com valor igual a 148 A. Ressalta-se que a duração dessas variações é curta, inferior a 1 ms. Isso se deve ao fato de que não há pré-carga dos capacitores que fazem a interface do inversor com

o arranjo das CaCs, causando a corrente de *inrush* (energização) nos capacitores. Os capacitores são utilizados na interface para suavizar variações de tensão na entrada do inversor. Quando esses capacitores são energizados, ocorre um transitório eletromagnético que causa o aumento dos valores de corrente e de frequência, esse efeito é chamado de corrente de *inrush* (MARDEGAN, 2016).

V. CONCLUSÕES

Neste artigo, apresentou-se o modelo da célula a combustível do tipo PEMFC SR-12 dos Laboratórios Avista baseado em Wang (2006). Foram feitas simulações em PSCAD/EMTDC do modelo a fim de obter as curvas características de tensão e potência da célula a combustível e a verificar as respostas para transitórios de carga em curtos e longos intervalos de tempo. Os resultados neste artigo mostram que o modelo implementado é capaz de representar adequadamente um sistema baseado em célula a combustível, podendo ser aplicado em trabalhos futuros como o controle de microrrede e obtenção de algoritmo para rastreamento de máxima potência.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKINAPRAGADA, Nagasmitha. **Dynamic Modeling and Simulations Of Solid Oxid Fuel Cells For Grid-Tied Applications**. Dissertação de Mestrado. University Of Missouri-Rolla. 2007.

ANDÚJAR, J.M.; SEGURA, F. **Fuel cells: History and updating. A walk along two centuries**. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 2009.

JAIN, Shailendra; JIANG, Jin; HUHANG, Xinhong; STEVANDIC, Srdjan. **Single Stage Power Electronic Interface for a Fuel Cell Based Power Supply System**. IEEE Canada Electrical Power Conference. 2007.

LARMINE, David; DICKS, Andrew. **Fuel Cell Systems Explained**. Nova Iorque: Wiley, 2001.

MARDEGAN, Claudio. Proteção de Bancos de Capacitores Shunt. **Revista O Setor Elétrico**. Fascículo - Proteção e Seletividade, 60ª ed, Cap. XIII, p. 26-35. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed60_fasc_protecao_capXIII.pdf>. Acesso em 29 set. 2016.

MOHAN, Ned; UNDELAND, Tore M.; ROBBINS, William P. **Power Electronics: Converters, Applications and Design**. 2ª Edição. Nova Iorque: Wiley, 1995.

NETL (National Energy Technology Laboratory of U.S. Department of Energy). **Fuel Cell Handbook**. 7ª edição. 2004.

WANG, Caisheng. **Modeling and Control of Hybrid Wind/Photovoltaic/Fuel Cell Distributed Generation Systems**. Tese de Doutorado. Department of Electrical and Computer Engineering – Montana State University. Jul/2006.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG) DE FLUIDOS DE ARREFECIMENTO AUTOMOTIVO A BASE DE ETILENOGLICOL

THERMOGRAVIMETRIC (TG) ANALYSIS OF ETHYLENE GLYCOL- BASED AUTOMOTIVE COOLING FLUIDS

RONY OLIVEIRA DE SANT'ANA¹; CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA JUNIOR¹; CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA¹; OSVALDO CHIAVONE-FILHO¹; FÁBIO AUGUSTO DA SILVA OLIVEIRA¹; DIEGO ARAÚJO LEMOS¹, CARLA NAIANA PIRES DA SILVA¹

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN) – CAMPUS UNIVERSITÁRIO LAGOA NOVA, NATAL – RN.

rony_oliveirasantana@hotmail.com; cleitonformiga@gmail.com; cleiton@ufrnet.br; osvaldo@eq.ufr.br; fabioaugusto_2006@yahoo.com.br; lemos.diego@outlook.com; carla-naiana@hotmail.com

Resumo – A termogravimetria é uma técnica da análise térmica na qual a variação da massa da amostra (perda ou ganho) é determinada em função da temperatura e/ou tempo, enquanto a amostra é submetida a uma programação controlada de temperatura. Esta técnica possibilita conhecer as alterações que o aquecimento pode provocar na massa de substâncias, permitindo estabelecer a faixa de temperatura em que começam a decompor, acompanhar o andamento de reações de desidratação (perda de umidade), oxidação, combustão, decomposição. O etilenoglicol é um tipo de álcool amplamente utilizado como aditivo por ser totalmente solúvel, com baixa ou nenhuma atividade corrosiva e quimicamente estável, além de reduzir a pressão de vapor da água. Este trabalho tem como objetivo a caracterização da perda de massa nos fluidos automotivos a base de etilenoglicol.

Palavras-chave: Análise Termogravimétrica, Fluido de arrefecimento, Etilenoglicol, TG.

Abstract - Thermogravimetry is a thermal analysis technique in which the variation of the mass of the sample (loss or gain) is determined as a function of temperature and / or time, while the sample is subjected to controlled temperature programming. This technique allows to know the changes that the heating can provoke in the mass of substances, allowing to establish the temperature range in which they begin to decompose, to follow the progress of reactions of dehydration (loss of humidity), oxidation, combustion, decomposition. Ethylene glycol is a type of alcohol widely used as an additive because it is completely soluble, with little or no corrosive and chemically stable activity, and also reduces the water vapor pressure. This work aims to characterize the mass loss in automotive fluids based on ethylene glycol.

Keywords: Thermogravimetric Analysis, Cooling Fluid, Ethylene Glycol, TG.

I. INTRODUÇÃO

A análise térmica é um conjunto de técnicas que possibilita medir as propriedades físico-químicas de uma substância função da temperatura. As técnicas térmicas vêm sendo utilizadas em diversas áreas em diversas aplicações,

como caracterização da perda de massa, determinação do grau de pureza e estudos de estabilidade e compatibilidade.

A termogravimetria consiste basicamente em uma balança de alta precisão associada a um forno, no qual se pode controlar a taxa de aquecimento (em geral de 10 °C por minuto) ou manter a temperatura constante com precisão de $\pm 0,5$ °C. Registra-se a variação de massa durante o aquecimento. A atmosfera à qual a amostra está submetida também pode ser controlada. As possibilidades são atmosferas inertes, geralmente nitrogênio ou argônio, ou atmosferas oxidantes, geralmente ar sintético ou oxigênio. O que se mede é a variação de massa (perda ou ganho) em função da temperatura (com rampa de aquecimento) ou do tempo (medida isotérmica).

Os produtos voláteis serão arrastados para fora do sistema pelo gás de purga usado durante a medida. A variação de massa em função do tempo ou da temperatura é um registro da instabilidade térmica de um material. Geralmente se registra a temperatura de início de perda de massa (T_i), porém podem ocorrer diversos processos de perda de massa e teremos: T_1, T_2, \dots, T_n . Estes aparecerão na curva na forma de patamares. Quanto mais baixa a temperatura de início de perda de massa, T_i , menor é a estabilidade de um material às condições do experimento. O formato da curva, a temperatura na qual ocorre o máximo de velocidade de perda de massa (chamada T_{max}) e a diferença entre T_i e T_{max} também são parâmetros utilizados para determinar a estabilidade térmica de um material.

II. PROCEDIMENTOS

A obtenção de dados de qualidade é valiosa nos vários ramos da ciência, tendo em vista que os mesmos poderão ser utilizados como base para estudos da comunidade científica do mundo, sendo assim de extrema utilidade (PINTO, 2011). Neste capítulo, serão apresentados os materiais e métodos aplicados no desenvolvimento deste trabalho.

2.1 – Análise Termogravimétrica (TGA)

As curvas termogravimétricas foram obtidas utilizando-se um analisador termogravimétrico modelo TGA-60, marca Shimadzu (Figura 1). A massa utilizada foi de $5,0 \pm 0,5$ mg, a qual foi acondicionada num cadinho de alumina, a atmosfera utilizada foi nitrogênio com fluxo constante de 50 mL/min e o gradiente de temperatura foi de 25°C a 1000°C, a uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto. As curvas foram analisadas pelo programa TA60 da Shimadzu, a fim de caracterizar as etapas de decomposição e perda de massa das mesmas.

Figura 1 – Analisador termogravimétrico, TGA-60, marca SHIMADZU.



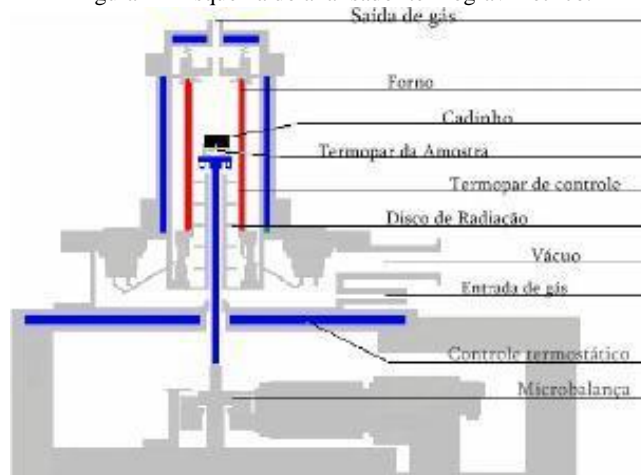
Fonte: Autores, 2016.

Segundo Santana et al. (2016) os resultados são apresentados em forma de curvas termogravimétricas (TG), em que a variação do peso é constatada em relação ao aumento controlado da temperatura ou do tempo. Assim sendo, qualquer mudança na massa que venha a ocorrer em temperaturas próximas logo será identificada (MOTA, 2010). Os fatores que podem afetar o resultado de um ensaio termogravimétrico são os efeitos instrumentais (velocidade do forno, atmosfera, forma e material do cadinho), características da amostra (peso e umidade), entre outros (SANTANA et al., 2016).

2.1.1 – Descrição do equipamento

O equipamento utilizado na análise termogravimétrica é basicamente constituído por uma microbalança, um forno, termopares e um sistema de fluxo de gás. As partes internas do equipamento podem ser vistas na Figura 2.

Figura 2 – Esquema do analisador termogravimétrico.



Fonte: Adaptado de Machado (2008).

III. RESULTADOS

Por definição os fluidos estão identificados as seguintes siglas:

- *FAA-EG* (Fluido de Arrefecimento Automotivo a base de Etilenoglicol);

3.1 – Ensaio da Perda de Massa por Termogravimétrica (TGA).

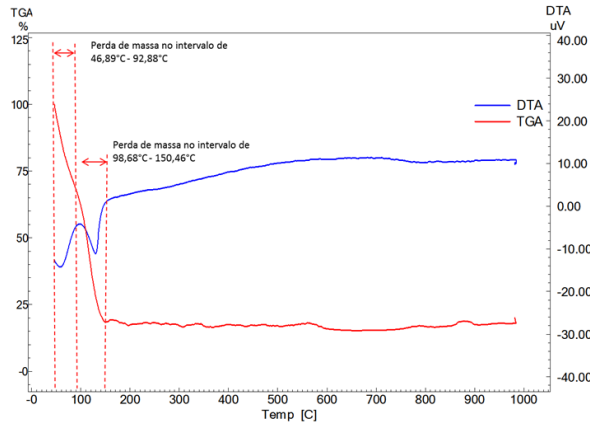
O estudo dos tratamentos térmicos foi iniciado de forma otimizada para minimizar os erros. Fez-se necessário descobrir o ponto de fusão dos fluidos *FAA-EG*, o que se dá através de análises calorimétricas por DSC.

A primeira derivada da curva de perda de massa em relação ao tempo em função da temperatura ($dm/dt = f(T)$), ou seja, o valor do DTA no gráfico dá informações a respeito do número de processos de perda de massa que estão ocorrendo e da temperatura em que elas ocorrem. Esta curva indicará mais claramente a ocorrência de diversos processos de perda de massa, como mostrado para os fluidos em estudo.

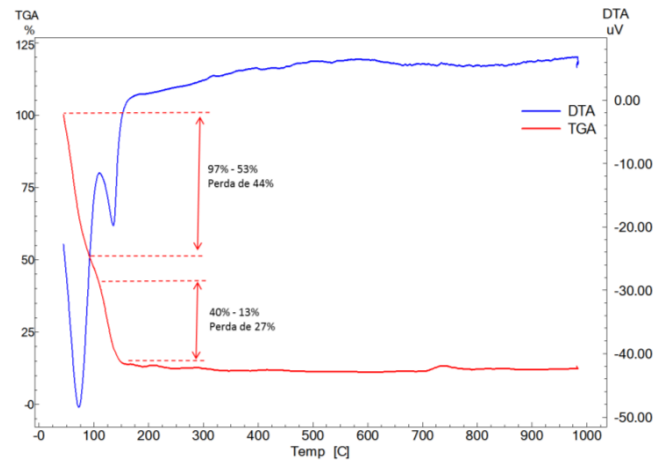
Ao interpretar as curvas do TG, a primeira etapa é: observar onde e quantos decaimentos existem no gráfico (Figuras 3, 4 e 5). As análises dos gráficos revelaram decaimentos, o que é comumente conhecido como perda de massa. Após observar as faixas que ocorreram perdas de massa, foi calculado quanto houve de perda de massa. Para isso, observamos no eixo Y, que se refere à massa (%).

Na Figura 3a vemos dois patamares na curva de TGA e dois picos na derivada. Podemos ver claramente que há duas reações químicas principais produzindo produtos voláteis durante a degradação térmica. Analisando a Figura 3a, podemos observar que a curva (na faixa de 46,89 a 92,88°C) se inicia em 97% (eixo Y; Figura 3b) e finaliza em 65% (eixo Y; Figura 3b), tirando a diferença entre esses dois pontos ($97\% - 65\% = 32\%$), podemos afirmar que houve uma perda de massa de 32%. Já na segunda curva (na faixa de 98,68 a 150,46°C; Figura 3a) em que houve outra perda de massa, avaliando os valores do eixo Y (Figura 3b), tem-se, que: $61\% - 17\% = 44\%$, ou seja, nesta região houve uma perda de massa de 44%.

Figura 3. Curva perda de massa (TGA) para o FAA-EG_60%.



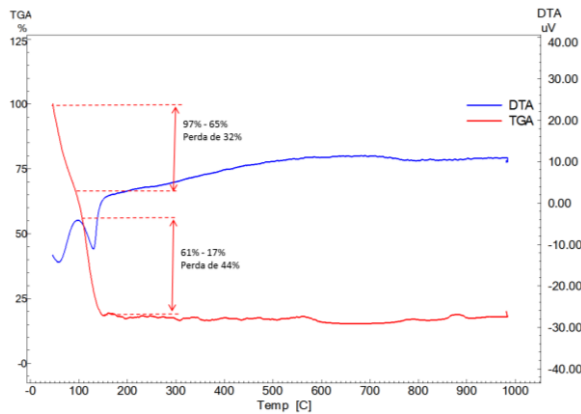
(a)



(b)

Fonte: Autores, 2016.

Foi observado na análise da Figura 5a, que a curva (na faixa de 45,76 a 86,67°C) se inicia em 97% (eixo Y; Figura 5b) e finaliza em 53% (eixo Y; Figura 5b), tirando a diferença entre esses dois pontos (97% - 53% = 44%), podemos afirmar que houve uma perda de massa de 44%. Já na segunda curva (na faixa de 109,98 a 156,17°C; Figura 5a) em que houve outra perda de massa, avaliando os valores do eixo Y (Figura 5b), tem-se, que: 40% - 13% = 27%, ou seja, nesta região houve uma perda de massa de 27%.

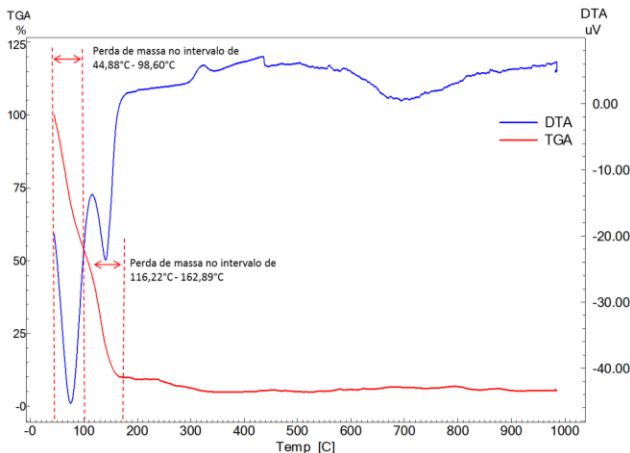


(b)

Fonte: Autores, 2016.

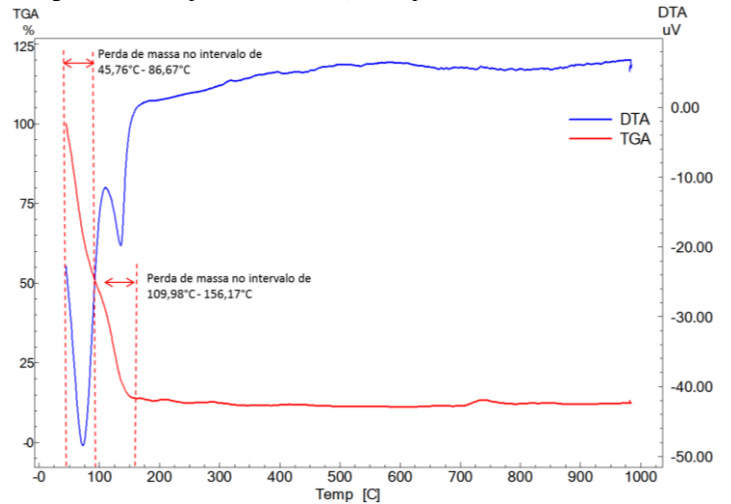
Na Figura 4a, podemos observar que a curva (na faixa de 44,88 a 98,60°C) se inicia em 99% (eixo Y; Figura 4b) e finaliza em 54% (eixo Y; Figura 4b), tirando a diferença entre esses dois pontos (99% - 54% = 45%), podemos afirmar que houve uma perda de massa de 45%. Já na segunda curva (na faixa de 116,22 a 162,89°C; Figura 4a) em que houve outra perda de massa, avaliando os valores do eixo Y (Figura 4b), tem-se, que: 43% - 10% = 33%, ou seja, nesta região houve uma perda de massa de 33%.

Figura 4. Curva perda de massa (TGA) para o FAA-EG_50%.

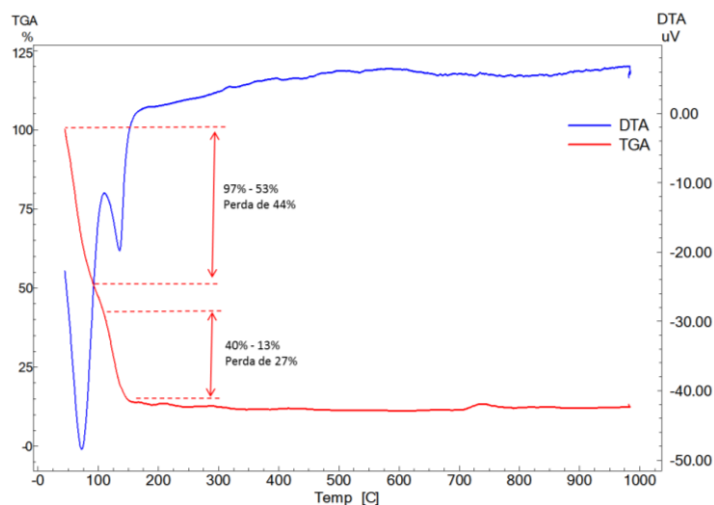


(a)

Figura 5. Curva perda de massa (TGA) para o FAA-EG_40%.



(a)



(b)

Fonte: Autores, 2016.

IV. CONCLUSÃO

A técnica utilizada neste estudo foi para determinar a perda de massa nas regiões que foram perceptíveis nos gráficos para o fluido *FAA-EG*, já sabemos também quanto houve de perda de massa em %. Para esse fluido as concentrações de 40, 50 e 60% apresentaram perda de massa total de 71, 78 e 76%, respectivamente, nos dois eventos ocorridos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MACHADO, M. E. S., —**Análise térmica diferencial e termogravimétrica**. 21 f, 2008.

MOTA, Rui Carlos Sousa, Mendes, José Ubiragi Lima, — **Análise de viabilidade técnica de utilização da fibra de bananeira com resina sintética em compósitos**. 10 f, Anais do VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2010.

PINTOS, Rafaela Rocha, **Determinação da capacidade calorífica a pressão constante de ácidos graxos através da calorimetria exploratória**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SANTANA *et al.*, **Análise das propriedades físico-químicas dos fluidos de arrefecimento automotivo a base de etilenoglicol**. 10 f, Anais do XI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2016.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO LEAN - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

LEAN IMPLEMENTATION BARRIERS – BIBLIOGRAFIC RESEARCH

CHRISTIANE G. LOBATO¹; PROF. DR. ANTONIO FARIA NETO¹; CAIO GUAZZELLI¹
1 - UNIVERSIDADE DE TAUBATE – SP.

lobatocg@gmail.com; antfarianeto@gmail.com; caio.guazzelli@gmail.com

Resumo – O sistema Lean (SL) tem sido alvo de estudos e implementações em todo o mundo, motivado por todos os resultados positivos que esta implementação proporciona, como aumento da lucratividade e competitividade. Ao se deparar com a implementação das técnicas Lean, diversas barreiras foram vivenciadas. O entendimento destas barreiras é fundamental para o sucesso de uma implementação do SL bem como para a garantia de menor lead time de resultado de obtenção dos resultados esperados na implementação. Uma pesquisa bibliográfica, através da bibliometria no banco de dados Scopus, é alvo deste trabalho. Esta teve o objetivo de verificar: (i) quantas publicações recentes foram efetuadas com este tema, (ii) quais são as principais barreiras e (iii) quais suas classificações. Esta pesquisa pode auxiliar as organizações a melhor se prepararem para a implementação.

Palavras-chave: Barreiras Lean. Implementação Lean. Pesquisa Bibliográfica.

Abstract – The Lean System (SL) has been implemented and studied all around the world, motivated by all positive results that this implementation can provide, such as profit increment and competitive advantages. Facing the lean techniques implementation a lot of barriers were found. Understanding these barriers is very important to the SL implementation success and to guarantee the shorter lead time to the expected results. A bibliographic research using database Scopus was the goal of this paper. This could identify: (i) how many recent papers were published about the barriers, (ii) what are the main barriers and (iii) their classification. This research may help all the organizations to better plan their SL implementation.

Keywords: Lean barriers. Lean implementation. Bibliographic research.

I. INTRODUÇÃO

O sistema Lean (SL) divulgado primeiramente ao mundo pelo livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK; JONES, 1990), tem sido alvo de estudos e implementações em todo o mundo. A priorização para implementação deste sistema na indústria, tem sido motivada por todos os resultados positivos que esta implementação proporciona, além de benefícios como aumento da qualidade, aspectos de segurança, garantia de fornecimento, a efetiva redução de custos (MOYANO-FUENTES; SACRISTAN-DÍAZ, 2012). Nos últimos dez anos, outros setores que não a indústria manufatureira, descobriram no SL uma forma de maximizar a lucratividade

e/ou garantir a competitividade. (WOMACK; JONES, 2003). Setores como a construção civil e também o da área da saúde identificaram que a implementação de um SL poderia garantir a maximização dos lucros através da redução dos custos/desperdícios (KOSKELA, 1992). Foi então denominado o SL na manufatura como *Lean Manufacturing* (LM), na construção o *Lean Construction* (LC) e na área da saúde o *Lean Healthcare* (LH). Na literatura, *Lean Manufacturing* é considerado não só pelas lentes de técnicas operacionais, mas como também uma abordagem estratégica e filosófica. (WOMACK ; JONES, 2003, BHASIN & BURCHER, 2006). Ao se deparar com a implementação das técnicas Lean, diversas barreiras que muitas vezes os desviava dos principais princípios expostos neste sistema foram vivenciadas. Estas barreiras foram estudadas por diversos autores considerando-se diferentes classificações como culturais, tecnológicas, contextos diferenciados nas organizações entre outras. Com três décadas de experiência a indústria manufatureira pioneira nesta implementação tem exemplos de sucessos e falhas que podem ser compartilhadas para quem deseja iniciar esta jornada. O entendimento destas barreiras é fundamental para o sucesso de uma implementação do SL bem como para a garantia de menor lead time de resultado de obtenção dos resultados esperados na implementação. A presente pesquisa contribui para um melhor conhecimento destas barreiras quando numa implementação do Sistema Lean. O resultado desta pode ser utilizado para auxiliar as empresas a priorizar o planejamento e execução das ações que possam minimizar ou até mesmo eliminar as barreiras de maior impacto a implementação Lean para obtenção dos resultados esperados em menor tempo. Uma pesquisa bibliográfica para identificação das principais barreiras encontradas entre as organizações é alvo deste trabalho.

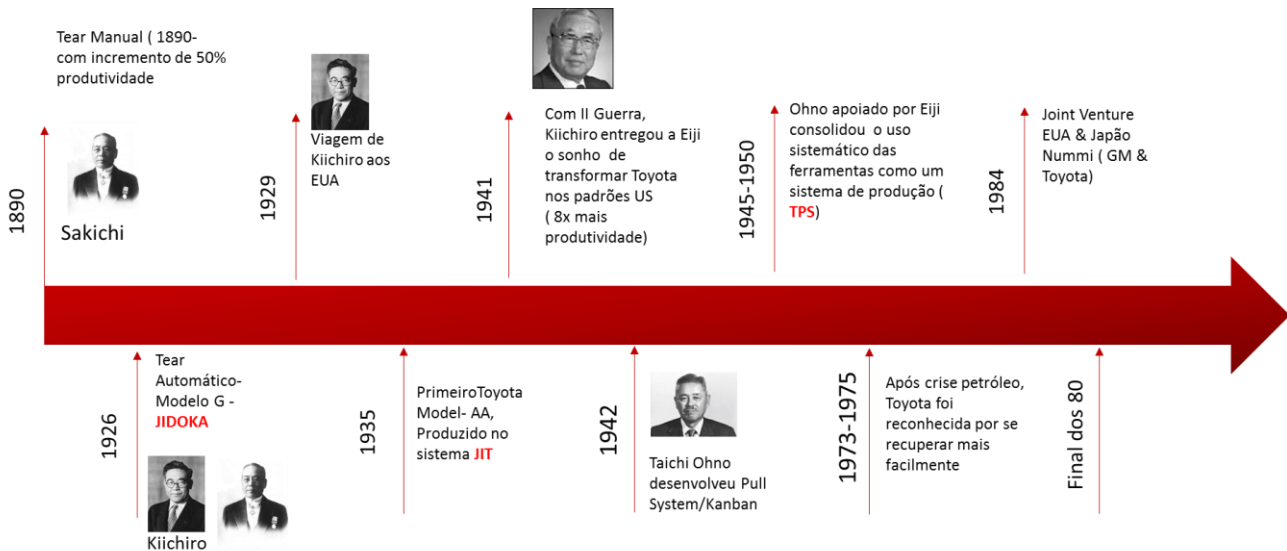
II. REVISÃO DE LITERATURA

A palavra “LEAN”, surgiu como uma denominação para o novo sistema de produção, desenhado e implementado por Ohno no Japão na década de 50 em uma unidade fabricante de automóveis da Toyota. Um aprimoramento do sistema de produção, havia sido estudado e divulgado para o mundo através da publicação de “A Máquina que mudou o Mundo “ (WOMACK ; JONES; 1990) , que descrevia ao mundo as técnicas utilizadas pela montadora japonesa para enfrentar a concorrência americana

no mercado de automóveis. O desafio de competir com um mercado 8 vezes mais produtivo, em 1950, logo após a guerra e em meio a uma forte crise, fez com que Sr. Eichi Toyota juntamente com o Sr. Ohno elaborassem um sistema produtivo, que embora fosse baseado nos primórdios de Taylor e o estilo de manufatura da Ford (MURMAN et al., 2002), era diferenciado em questão da utilização de novos

princípios: valor, fluxo de valor, fluxo, sistema puxado e busca pela perfeição, para eliminação de todo e qualquer tipo de desperdício dos processos produtivos (WOMACK; JONES, 1990). A Figura 1 ilustra o desenvolvimento deste sistema, desde os primeiros conceitos ainda na fábrica de teares da família, até sua divulgação para o mundo.

Figura 1 – Desenvolvimento do Sistema Lean.



Fonte: adaptada de Womack, 1990

De acordo com Ohno (1997) a eliminação dos desperdícios, tais como: superprodução, estoques, retrabalhos, esperas, movimentações, transportes e processos desnecessários; aumentam a eficiência e diminuem a força de trabalho, tornando assim a margem mais ampla, acrescendo assim a lucratividade. O resultado deste novo sistema produtivo utilizava menos espaço, investimento e esforço dos operários, resultando em menos custos ao atendimento de maior variedade ao cliente, mesmo com o investimento em maior capacitação e *empowerment* delegado aos funcionários. O SL que na época era denominado de TPS, foi idealizado através de dois pilares base: JIT (*Just in Time*) e *Jidoka* (autonomia) (OHNO, 1997), sendo utilizados para este diversas ferramentas como o *Kanban*, SMED, fluxo contínuo, *Poka Yokes* entre outras. Um recente estudo publicado (BORTOLOTTI et al, 2015), concluiu que empresas que investiram mais na implementação no que é denominado “*soft Lean*” (treinamento dos empregados, grupo de solução de problemas, envolvimento da liderança entre outros), obtiveram resultados mais significantes em comparação aquelas que se dedicaram mais na implementação das ferramentas como *Kanban*, JIT e redução de *set-up*, o “*hard Lean*”. Isto acontece pois para a prática constante do uso do *soft Lean*, é essencial a adoção dos fatores gerando uma melhor cultura organizacional realmente propícia a melhoria contínua. Fatores da cultura organizacional, definida em diversos estudos (DEPERT et al, 2000) como a combinação de práticas, símbolos, formas, valores, crenças que os membros de uma empresa vivenciam de forma comum, tem sido exaustivamente estudado em relação não só a performance das empresas, mas também em relação a facilidade que cada um destes fatores pode contribuir para o

sucesso de uma implementação do SL. Pesquisadores BORTOLOTTI et al, 2015), estudaram a relação entre os

elementos da cultura organizacional previamente indicados no *Globe Study* (HOUSE et al 2004) e o resultado satisfatório ou não de empresas que passaram pela implementação do SL. Eles indicaram através de análises estatísticas que as empresas que obtiveram sucesso na implementação do SL tinham fortes em suas cultura os fatores: coletivismo institucional (promovendo o trabalho em equipe, um ambiente de colaboração geral); diretrizes claras para o futuro (base para a melhoria contínua); orientação humana (foco no indivíduo) e tolerância ao erro (elementos que suportam os empregados a melhoria dos processos). Estudos efetuados indicam também que uma forte relação entre liderança, cultura organizacional e técnicas *Lean* promovem comprovadamente melhores índices de aumento da performance (WINCELL; KULL, 2013; KRAFAICK, 1988; KATAYAMA; BENNETT, 1996; BARTEZZAGHI, 1999). Segundo Mann (2009), o sucesso de uma implementação *Lean* deve demandar 80% do esforço na atividade de alterar o comportamento, práticas e até mesmo a mentalidade dos líderes. Segundo o próprio, a liderança *Lean* é o link faltante entre as a implementação das ferramentas *Lean* e uma organização de verdadeira melhoria contínua. Um estudo (NETLAND, 2015) em 2 grandes multinacionais com 432 respostas em 83 empresas indicou que o comprometimento da liderança é o fator de sucesso de maior importância para uma implementação *Lean*, sendo este exposto num ranking com uma vantagem de mais de 50% sobre o segundo colocado (atuação do líder); De acordo com Womack (2011) os métodos e as ferramentas do SL são importantes, mas sem o entendimento do SL e comprometimento da liderança não há resultados significantes e mesmo sustentáveis. A Toyota

com o TPS, seu SL, teve e tem como principal objetivo segundo Monden (1984) a produção do elemento essencial de um negócio – o lucro. Ela fez deste sistema sua principal estratégia competitiva. Diversos estudos indicam que a implementação do SL é vantajoso para o negócio, baseado no retorno financeiro obtido pela eficiência operacional e efetiva redução de custos (MACKELPRANG; NAIR, 2010). Esta redução de custos se deve principalmente a redução de horas de retrabalho, quantidade de refugos e minimização da variabilidade do processo, melhorando também a flexibilidade de atendimento ao cliente e performance de qualidade. (MOYANO-FUENTES; SACRISTAN-DÍAZ, 2012). Para a Toyota, conforme descrito no livro *Toyota Way* (LIKER, 2004) os fatores de sucesso para a obtenção destes resultados devem considerar , os 4 aspectos: Solução de Problemas (processo de aprendizado), Pessoas e Parcerias (respeito, desafio e comprometimento) , Processos (eliminação dos desperdícios) e Filosofia *Lean* (estratégia de longo prazo). Liker (2004), comenta em seu livro que ao iniciar uma implementação do SL, as empresas dão muita importância ao P – Processo , com a diretriz de implementar as ferramentas. Mas negligenciar a importância do desenvolvimento de trabalhos também nos demais P's, leva a muitas delas as falhas e frustrações durante a implementação e por consequência não obtenção dos resultados esperados. Mas nem todas as empresas conseguem obter o mesmo resultado e sucesso obtido pela Toyota, (LIKER; ROTHER, 2011) . Menos de 10% conseguem esta façanha. Nota-se então a importância de entendimento destes desafios/barreiras nos diversos setores onde já foi implementado um SL para prover um melhor aproveitamento do conhecimento e lições aprendidas entre eles.

III. MÉTODOS

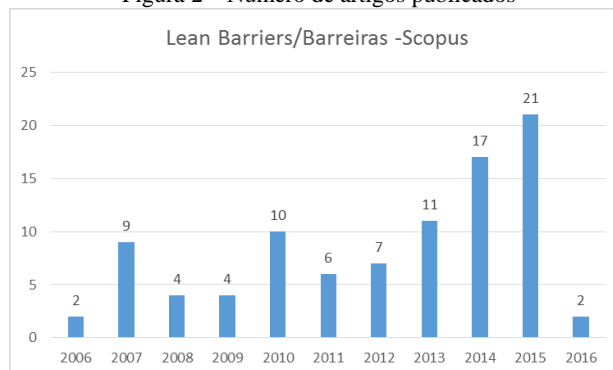
A pesquisa bibliográfica, teve por objetivo a identificação das barreiras para uma implementação do SL, e responder as seguintes questões: (i) Quantas publicações recentes (desde 2006) foram efetuadas sobre o tema barreiras para implementação do SL? (ii) Quais são as principais barreiras/ fatores críticos de sucesso para a implementação do SL citados nestes estudos? (iii) Existe alguma pesquisa que denote qualquer classificação para estas barreiras/fatores ? Para obter a resposta destas questões utilizou-se a ferramenta da bibliometria. A pesquisa foi efetuada utilizando-se o banco de dados Scopus que contém 21500 periódicos inscritos e mais de 60 milhões de registros entre artigos, livros e publicações de congressos de mais de 83 mil eventos em todo o mundo. Para a busca dos documentos, foram utilizadas as palavras chaves *barriers/barreiras* em complementação as palavras *lean implementation/implementação lean*. Aplicado também o filtro para o tipo de documento como artigo, e somente aqueles publicados entre as datas de 2006 a 2016 (uma década). A pesquisa foi realizada no dia 18/02/2016. Importante salientar que não foi utilizado o limitante ao idioma, para que fosse possível verificar a abrangência dos estudos efetuados. O completo relato dos resultados da bibliometria serão apresentados a seguir.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico da Figura 02 abaixo demonstra o resumo quantitativo dos artigos obtidos como resultado da pesquisa

bibliométrica. Este indica o número de artigos publicados em cada ano dentro dos parâmetros previamente indicados.

Figura 2 – Número de artigos publicados



Fonte: Autores , 2016 – Bibliometria Scopus Fev/16

Embora o valor absoluto do ano de 2016 não deva ser levado em consideração devido ao período em que foi realizada a pesquisa nota –se por este gráfico, que o assunto de estudo das barreiras encontradas durante a implementação tem sido alvo de publicações mais recentes. Demonstrando que embora o SL tenha sido desenvolvido há mais de 50 anos, somente nestes últimos anos as organizações estão considerando como pré -condição de custo e competitividade a implementação de um SL. Iniciativas positivas e também negativas durante esta implementação estão ultimamente mais frequentemente estudadas (MARODIN & SAURIN, 2015) e o interesse em que esta implementação seja realmente de sucesso tem motivado diversos pesquisadores de diversos países e também de diversos setores : produtivos, serviços, públicos e privados. Foram encontradas na pesquisa bibliográfica diferentes barreiras para a implementação do SL. O quadro 01 abaixo, denota os autores que citaram em seus estudos estas barreiras. Vale notar que foram citados aspectos não só técnicos, como a aplicação das ferramentas *Lean* mas também aspectos humanos, gerencias, culturais e também de planejamento. O que reforça a afirmação de que o Sistema *Lean* é realmente uma filosofia e não somente técnica. (BHASIN & BURCHER, 2006). Também foram encontrados na pesquisa bibliográfica artigos que classificaram de forma qualitativa as barreiras para implementação. Mohammad & Mohd (2015) indicaram em seu estudo, uma pesquisa bibliográfica categorizando as barreiras encontradas na literatura quanto aos aspectos: (i) gerenciais(indicando o papel e comprometimento dos líderes para .motivar e sustentar a implementação) ; (ii) financeiros (denotando a importância de obter fundos para garantia do conhecimento e implementação de todo o projeto *Lean*); (iii) educacionais (crucial para o sucesso , a garantia de aprendizado, treinamento, desenvolvimento e comunicação de todo o processo de implementação);(iv) governamentais (abrange as políticas governamentais de incentivos as organizações ou falta destes); (v) técnicos (derivados dos educacionais incluem barreiras que demonstram falta de conhecimento das técnicas *Lean*, uso de tecnologia inadequadas ou dificuldades de lidar com a adaptação a complexidade dos processos);(vi) atitudinal (mais comum entre as barreiras indicando falhas na atitude dos participantes , normalmente indicadas como resistência

ou falta de sustentação / perseverança.). O quadro 02 retrata os contribuintes desta classificação.

Quadro 01 – Barreiras para Implementação do SL e autores

Barreiras a Implementação do SL	Autores
Suporte da Alta Administração	Worley and Doolen; Smeds; Alavi; Bamber and Dale; Boyer and Sovilla; Parks; Womack and Jones; Achanga et al.; Bamber and Dale; Boyer and Sovilla; Hoyte and Greenwood; Scherrer et al.; Nordin N. and Deros; Talib; Sim and Rogers; Ramarapu
Comunicação	Worley and Doolen; Hancock and Zayko; Storch and Lim; Spear and Bowen; Jenner; Smeds; Achanga et al.; Mehta and Shah; Lucey; Scherer et al; Alavi; Zhu at al; White and Pearson,
Treinamento e Desenvolvimento	Hancock and Zayko; Harris; Achanga et al.; Bamber and Dale; Womack et al.; Krafick; Murman; Hoyte and Greenwood; Spear and Bowen; Drucker; Niepce and Molleman; Alavi; Nordin N. and Deros; Im at al; Zhu
Seleção do Projeto	McManus; Yang and Hsieh
Participação dos Colaboradores	Boyer and Sovilla; Smeds; Spear and Bowen; Hoyte and Greenwood; Achanga; Drucker; Murman; Niepce and Molleman; Scherrer et al.; Talib at al; Young
Desejo de melhoria do serviço	Mehta and Shah; Cheser
Resistência da média gerência	Boyer and Sovilla; Armenakis; Piderit; Strebel; Trader-Leigh; Hoyte and Greenwood; Stamm; Burge; Ezzamel; Hancock and Zayko
Seleção do time de implementação	Smeds; Mehta and Shah; Niepce and Molleman; Pil; Paez et al.; Ezzamel et al
Finalização do projeto	Mehta and Shah; Niepce and Molleman
Contabilização dos Resultados, Responsabilidades e Follow up	Lucey; Scherrer et al.; Womack and Jones; Stamm; Wood
Falta de Planejamento	Bhasin and Burcher; Roy at al; Danese at al
Recursos Financeiros	Doolen & Hacker; Bayo-Moriones at al
Lay-out Físico/ Processos ou Mix Produtos	Wong at al; Heragu; Eswaramoorthi et al
Conflitos interdepartamentais	Talib at al
Diferenças Culturais	Sandanayake

Fonte: Adaptado de Turesky & Connell (2010), Marodin & Saurin (2014), Mohamed et al (2015), Netland (2015)

Quadro 02 – Classificação das Barreiras para Implementação

Autor	Gerenciais	Financeiros	Educacionais	Governamentais	Técnicos	Atitudinal
Bashir et al	x	x	x	x	x	x
Achanga et al	x	x			x	x
Jadhav et al	x	x	x	x	x	x
Dombrowski et al	x					
Boyer	x		x		x	
Mostafa et al	x		x		x	
CL Alves et al			x		x	

Fonte: Mohammad & Mohd (2015)

Um outro tipo de classificação das barreiras, foi a evidenciada por Marodin e Saurin (2015) aplicada de acordo com contextos encontrados nas organizações. Eles organizaram as barreiras em forma de riscos: de áreas de apoio, da alta e média gerência e de nível operacional. Vale destacar que não foram encontrados expressivos estudos de classificação quantitativa, indicando por exemplo a importância ou influência relativa de cada barreira durante a implementação de um SL nas organizações.

V. CONCLUSÕES

A implementação de um SL tem seus desafios e resultados sendo acompanhados por diversos estudos em diversas áreas de atuação: manufatura, serviços públicos e privados. Através desta pesquisa, pode-se identificar os principais fatores que podem ser considerados impeditivos

para obtenção dos melhores resultados no menor tempo de implementação. Identificou-se através do reconhecimento das barreiras por vários estudos que o sucesso deste novo sistema depende não só do conhecimento das ferramentas *Lean*, mas também de uma transformação da cultura organizacional e alterações nos aspectos estratégicos, gerenciais e operacionais. O conhecimento destas dificuldades deve auxiliar as organizações que desejam implementar um SL a um melhor planejamento e preparação técnica, comportamental e gerencial para garantir que os investimentos aplicados aos projetos de implementação do SL tenham seu retorno no menor período de tempo, garantindo assim o sucesso da implementação e melhores resultados de lucratividade e competitividade. Estudos quantitativos sobre a importância relativa entre as barreiras não foram exaustivamente exploradas, sendo esta uma sugestão para futuros estudos e contribuição para um foco e priorização das ações quando de uma nova implementação do SL neste estudo.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTEZZAGUI, Emilio. The evolution of production models: Is a new paradigm emerging? **International Journal of Operations & Production Management**, 19(2): 229–250, 1999.

BHASIN, Sanjay; BURCHER, Peter. Lean Viewed as a Philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 17 (1): 56–72, 2006.

BORTOLOTTI, Thomas; BOSCARI, Stefania; DANESE, Pamela. Successful Lean Implementation: Organizational Culture and Soft Lean Practices, **International Journal of Production Economics**, 160, .182-201, 2015.

DEPERT, James; SCHROEDER, Roger; MAURIEL, John. A framework for linking culture and improvement initiatives in organizations. **Academy of Management**, Rev.25(4),850–863, 2000.

HOUSE, Robert; HANGES, Paul; JAVIDAN, Mansour; DORFMAN, Peter; GUPTA, Vipin. **Culture, Leadership, and Organizations: The GLOBE Study of 62 Societies**. Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2004.

KATAYAMA, Hiroshi; BENNETT, David. Lean production in a changing competitive world: A Japanese perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, 16(2):8–23, 1996.

KOSKELA, Lauri 1992. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering). Stanford, CA:Stanford University, 1992.

KRAFAIK, John. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, 30(1): 41–52, 1988.

LIKER, Jeffrey. **The Toyota Way - 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. McGraw-Hill: New York, 2004.

LIKER, Jeffrey; ROTHER, Mike. **Why Lean Programs Fail**. Lean Enterprise Institute, 2011.

MACKELPRANG, Alan; NAIR, Anand. Relationship between just-in-time manufacturing practices and

- performance. a meta-analytic investigation. **Journal of Operations Management**, 28(4), 283–302, 2010.
- MANN, David. The Missing Link: Lean Leadership. **Frontiers of Health Services Management**, 26.1, pp. 15-26, 2009.
- MARODIN, Giuliano; SAURIN, Tarcisio. Classification and Relationships between Risks That Affect Lean Production Implementation: “A Study in Southern Brazil.” **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 26 Iss: 1, pp.57 – 79, 2015.
- MARODIN, Giuliano; SAURIN, Tarcisio. Managing barriers to lean production implementation: context matters, **International Journal of Production Research**, 53:13, 3947-3962, 2014.
- MOHAMMAD, Asri.; MOHAMMAD, Naim; MOHD Naw; MOHD Nasrun. Actualizing Lean Construction: Barriers Toward the Implementation. **Advances in Environmental Biology**, 9(5), 172-174, 2015.
- MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre, 2015.
- MOYANO-FUENTES, Jose; SACRISTAN-DIAZ, Macarena. Learning on lean: a review of thinking and research. **International Journal of Operation and Production Management**, 32 (5), 551–582, 2012.
- MURMAN, Earll; ALLEN, Thomas; BOZDOGAN, Kirkor; CUTCHER-GERSHENFELD, Joel ;MCMANUS, Hugh; NIGHTINGALE, Deborah; REBENTISCH, Eric; SHIELDS, Tom; ,STAHL, Fred; WALTON, Myles; WARMKESSEL, Joyce; WEISS, Stanley; WIDNALL, Sheila. **Lean enterprise value: Insights from MIT’s lean aerospace initiative**. New York, NY: Palgrave, 2002.
- NETLAND, Torbjorn. Critical Success Factors for implementing Lean production, **International Journal of Production Research**, 54, 2433-2448, 2015.
- OHNO, Taichi., . **O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre, 1997.
- WOMACK, James; JONES, Daniel; ROOS, Daniel. **The Machine that Changed the World**. Rawson associates, New York, NY, 1990.
- WOMACK, James; JONES, Daniel. **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. Simon & Schuster: London, UK, 2003.
- WOMACK, James. **Gemba Walks**, Cambridge: LeanEnterprise Institute, 2011.
- WINCELL, Jeffrey; KULL, Thomas. **People, Process, and Culture: Lean Manufacturing in the Real World**. CRC Press, Boca Raton, 2013.
- TURESKY, Elizabeth; CONNEL, Patrick. “Off the Rails: Understanding the Derailment of a Lean Manufacturing Initiative.” **Organization Management Journal**, 7 (2): 110–132, 2010.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

DOSAGEM DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO UTILIZANDO A FERRAMENTA COMPUTACIONAL DCAD

MIX-DESIGN OF HIGH PERFORMANCE CONCRETES USING DCAD SOFTWARE

ANA WALDILA DE QUEIROZ RAMIRO REIS¹; MARGARETH DA SILVA MAGALHÃES¹;
RODRIGO BIRD BURGOS¹
1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ)

anawaldila@hotmail.com.br, margareth.magalhaes@uerj.br, rburgos@eng.uerj.br

Resumo – Entre as inúmeras vantagens do Concreto de Alto Desempenho (CAD) pode-se citar a elevada resistência mecânica, durabilidade, economia financeira e de espaço físico. O CAD caracteriza-se por incorporar certos aditivos químicos e minerais aos elementos normais do concreto. Tais composições, quando bem dosadas, geram estruturas mais resistentes, de alta rigidez, esbeltas, duráveis e seguras para o usuário final. O CAD se diferencia do concreto de alta resistência pela sua baixa porosidade, o que contribui para a grande durabilidade e resistência. O presente trabalho é resultado de um estudo aprofundado da literatura sobre os métodos de dosagem, tipos e características dos materiais utilizados na confecção do CAD. Com base nesses dados, foi desenvolvido um programa computacional capaz de proporcionar a dosagem ideal de um CAD a partir de um valor fornecido de resistência à compressão.

Palavras-chave: Concreto de Alto Desempenho (CAD). Dosagem. Resistência à compressão.

Abstract – There are innumerable advantages concerning High Performance Concrete (HPC), such as higher compressive strength and durability, leading to a more effective use of financial and physical resources. This special type of concrete is obtained by using traditional constituents with the addition of chemical and mineral elements. This mixes, when appropriately dosed, produce structures with higher strength, durability and safety. High Performance Concrete differs from High Strength Concrete in its porosity, which is lower in HPC, improving its durability and strength. This paper is the result of a thorough study of HPC dosage methods known in literature. Using this data, computer software was developed in order to provide an ideal HPC dosage using compressive strength values required by the user.

Keywords: High Performance Concrete (HPC). Mix-design. Compressive strength.

I. INTRODUÇÃO

As propriedades do concreto no estado fresco e endurecido dependem do proporcionamento da mistura, fabricação, transporte, lançamento e cura. A concretagem, incluindo transporte, lançamento e cura, se torna efetiva somente após a obtenção da proporção adequada dos ingredientes da mistura.

Com toda a influência sobre as propriedades do concreto, dosar concretos é considerado uma arte e nem sempre é uma tarefa fácil, uma vez que para se atingir os mais elevados valores possíveis de resistência à compressão é necessário reduzir a dimensão dos agregados, tornando o concreto menos heterogêneo, minimizando o efeito da zona de transição e a contribuição do agregado na resistência à compressão (ORANGE *et al.*, 2000).

Para a dosagem de concretos tradicionais existem na literatura métodos como o do INT (Instituto Nacional de Tecnologia), ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ACI (American Concrete Institute) e BSI (Norma Britânica), que dosam concretos com resistência inferior a 50 MPa (NEVILLE, 2016) e consideram que o concreto é formado por cimento, areia, brita e água, não levando em conta os aditivos minerais e químicos. Entretanto, cada vez mais estruturas são construídas com concretos de resistência à compressão maior, para atender não apenas às solicitações impostas, mas também a critérios de durabilidade e as formas mais arrojadas dos projetos arquitetônicos.

No início da década de 70, concretos com resistência à compressão entre 40 e 50 MPa começaram a ser empregados na construção de pilares em edifícios altos, principalmente nos países mais desenvolvidos. Com os anos, concretos que apresentavam resistência à compressão igual ou superior a 50 MPa ficaram conhecidos como Concreto de Alto Desempenho (CAD) porque, além da resistência à compressão elevada, percebeu-se que eles apresentavam durabilidade superior à do concreto convencional, devido à sua baixa porosidade. Concretos com estas características têm sido usados em construções ao ar livre ou sob as mais severas condições ambientais, como plataformas marítimas, pontes, usinas nucleares, etc.

Concretos de altíssimo desempenho com resistência à compressão superior a 150 MPa também tem sido desenvolvidos (FORMAGINI, 2005), contudo, ainda apresentam aplicação reduzida devido a fatores ligados ao custo elevado, incluindo os componentes da mistura e devido à pequena escala de produção do material, e a logística de operacionalização de sua produção.

Outros concretos com características diferenciadas no estado fresco também foram desenvolvidos, como os

concretos auto adensáveis e projetáveis, com requisitos de exigência no estado fresco adequadas para lançamento, bombeamento e adensamento, devendo o material no estado endurecido obedecer a requisitos de resistência e durabilidade.

Para atingir tais desempenhos, foi necessária a adição de novos materiais em sua composição, tais como aditivos minerais e químicos. Já o uso de fibras sintéticas, metálicas ou vegetais foi introduzido com o objetivo de aumentar a tenacidade à fratura e, conseqüentemente, diminuir a sua característica de ruptura frágil (ORANGE *et al.*, 2000; RICHARD & CHEYREZY, 1995; CHANVILLARD & RIGAUD, 2004).

Diante destes parâmetros e com a inclusão de novos materiais, torna-se difícil dosar concretos não convencionais usando as metodologias de dosagem tradicionais disponíveis na literatura. Para o CAD podemos citar os métodos de dosagem de Mehta e Aïtcin (1990), Aïtcin (2004) e o de De Larrard (1999). O método de Mehta e Aïtcin (1990) é um método simplificado e assume que os agregados escolhidos não limitam a resistência do concreto. Aïtcin (2004) difere dos métodos tradicionais por levar em conta os efeitos da adição de sílica ativa e introduzir conceitos como ponto de saturação e compatibilidade entre o superplastificante e o cimento. Segundo Formagini (2005), o método de De Larrard (1999) apresenta uma abordagem totalmente diferente dos outros métodos. Sua conceituação baseia-se num modelo de empacotamento de partículas para a otimização de misturas granulares visando à máxima compactação possível. Em seguida, faz-se a dosagem a partir da fração volumétrica otimizada dos materiais e adequada às propriedades do concreto nos estados fresco e endurecido.

Na literatura científica também é possível encontrar alguns métodos computacionais para concretos convencionais, com resistência não superior a 50 MPa, alto adensável e altíssimo desempenho (GANJU, 1996; DAY, 1996; FORMAGINI, 2005; DE LARRARD & SEDRAN, 1996 e PEYFUSS, 1990)

Neste contexto, a motivação desta pesquisa é apresentar um *software* computacional (DCAD) capaz de proporcionar a dosagem ideal de um CAD.

O DCAD é um *software* fácil e versátil que realiza dosagens de concretos com resistência elevada. O DCAD é baseado em dois métodos de dosagem conhecidos e consolidados na literatura: o método de Mehta e Aïtcin (1990) e o método de Aïtcin (2004). Com o programa é possível dosar concretos com resistências entre 60 MPa e 120 MPa pelo método de Mehta e Aïtcin (1990) e entre 40 MPa e 160 MPa pelo método de Aïtcin (2004).

O desenvolvimento do *software* tem como objetivo auxiliar engenheiros e estudantes de engenharia na dosagem do CAD seja no laboratório ou na obra.

II. MÉTODOS DE DOSAGEM UTILIZADOS NO SOFTWARE DCAD

2.1. Método de Mehta e Aïtcin

O método de dosagem de Mehta e Aïtcin (1990) é considerado um método de fácil desenvolvimento e execução, e é recomendado para resistências de 65 a 120 MPa. Contudo, no *software* DCAD foi feita uma extrapolação do limite inferior para 60 MPa. Essa faixa de resistência é dividida em 5 grupos, A, B, C, D e E, as quais

equivalem a resistências médias de 65, 75, 90, 105 e 120 MPa, respectivamente (ver Tabela 1). Esse método considera os seguintes parâmetros para a dosagem:

- O volume de pasta de cimento e agregados é, respectivamente, 35% e 65% do volume total do concreto;
- O consumo de água é tabelado de acordo com a classe escolhida (ver Tabela 1) e varia no intervalo de 120 a 160 litros por metro cúbico de concreto;
- O teor de cimento é calculado pela diferença entre o volume de pasta de cimento (fixado em 35%) e o volume de água e ar incorporado, considerado 2%;
- O consumo de agregados também é tabelado em função da resistência, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de resistência e consumo de água estabelecidos pelo método Mehta e Aïtcin (1990).

Nível	Resistência (MPa)	Consumo de água (litro/ m ³)	Relação volumétrica agregados miúdos/ graúdos
A	65	160	2,00 : 3,00
B	75	150	1,95 : 3,05
C	90	140	1,90 : 3,10
D	105	130	1,85 : 3,15
E	120	120	1,80 : 3,20

O método de Mehta e Aïtcin (1990) não considera o uso de superplastificante no cálculo da dosagem e sim no ajuste final para a trabalhabilidade requerida pelo projeto. Sendo, neste caso, necessário reduzir a quantidade de água do aditivo químico, da quantidade total de água da mistura.

Com base nesta informação, foi feita uma adaptação no desenvolvimento do *software* DCAD: foi incluído nos cálculos o uso do superplastificante, sendo um fator necessário, para a dosagem do concreto.

2.2. Método de Aïtcin

O método apresentado em Aïtcin (2004) foi desenvolvido para faixas de resistência à compressão entre 40 e 160 MPa, e segue as mesmas diretrizes básicas do American Concrete Institute (2001), *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavy-weight and Mass Concrete*. O método é baseado na combinação de resultados empíricos a partir da experiência e do critério do volume absoluto. Funciona, também, para concretos com ar incorporado, pela consideração da redução da resistência mecânica causada pelas bolhas de ar.

Para a aplicação deste método são necessárias informações preliminares dos materiais, tais como, definição do diâmetro máximo característico e forma do agregado graúdo; valores de massa específica na condição superfície saturada e seca, teor de absorção de água e umidade dos agregados miúdo e graúdo; massa específica do cimento e das adições e massa específica, teor de sólidos e ponto de saturação do aditivo químico.

O método utiliza um gráfico que correlaciona o fator água/material cimentício a resistência do concreto e dois ábacos que relacionam o consumo de água ao teor de superplastificante no ponto de saturação e o consumo de agregado graúdo ao formato da partícula. Dessa forma são calculados os teores de cimento, adição mineral, água e superplastificante por metro cúbico de concreto. O consumo do agregado miúdo é calculado para o volume de 1 metro cúbico, em função do volume dos outros componentes já

definidos e do teor de ar incorporado, que, no método, é sugerido em 2%.

III. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DO CAD

Em relação às características dos materiais utilizados na fabricação do CAD, trabalhos como Mehta e Aïtcin (1990), expõem que não existe um critério claro para a definição de cimento mais apropriado para produzir CAD, no entanto a escolha do tipo de cimento é de vital importância, devido a sua influência sobre a resistência da pasta e a aderência com os agregados. Segundo Mehta (2008), a característica primordial do cimento para uso na confecção do CAD é aquele que apresenta menor variabilidade em suas propriedades, e sendo a principal delas a resistência. No entanto, a escolha do tipo de cimento será função de sua disponibilidade no mercado e também das propriedades necessárias para atender às finalidades que deve possuir o concreto a ser produzido.

A seleção do agregado miúdo baseia-se na quantidade de água da mistura. Geralmente um agregado miúdo com partículas mais arredondadas e textura mais lisa necessita de menos quantidade de água, desta forma permitindo melhor fluidez e maior plasticidade (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2001). Por este motivo é indicado o seu uso na confecção do CAD. A escolha do agregado miúdo está condicionada ao consumo de água. Este fator é essencial para permitir uma relação água/aglomerante baixa.

Conforme Aïtcin (2004), a finura dos grãos deve estar entre 2,7 e 3,0 mm o que caracteriza o uso de areia mais grossa. Em um traço de alta resistência existirá uma grande quantidade de partículas finas pela necessidade de haver materiais com alto valor cimentício, então, pelo ponto de vista da trabalhabilidade, a areia não necessita ser tão fina. Além disso, o uso de areia mais grossa resulta em decréscimo na quantidade de água na mistura para certa trabalhabilidade o que traz vantagem para a resistência.

Em concretos convencionais, uma pequena redução no teor de água para uma dada resistência pode ser conseguido com um aumento do diâmetro máximo do agregado graúdo, por exemplo, de 12 a 25 mm. Contudo, no CAD o ganho de resistência associado ao aumento do diâmetro pode não ser grande o suficiente para compensar a perda de resistência devido a efeitos adversos. Isto porque, com o aumento da dimensão máxima característica do agregado, a zona de transição se torna maior e mais heterogênea, e em segundo lugar, como a maioria dos tipos de rochas, as partículas menores dos agregados graúdos são geralmente mais resistentes do que as partículas maiores (AÏTCIN, 1988). Isso ocorre porque o processo de redução de tamanho, muitas vezes elimina defeitos internos no agregado, tais como poros dilatados e microfissuras. Segundo Aïtcin (2000) é difícil, mas não impossível, produzir CAD da classe III (100 – 125 MPa) utilizando agregados maiores que 25 mm. Contudo, com a maioria dos agregados naturais, é mais seguro fazer CAD utilizando agregados graúdos com a dimensão máxima de 10 a 15 mm (MEHTA e AÏTCIN, 1990) na ausência de qualquer teste para otimização do agregado. Isto não quer dizer que agregados com 20 mm não pode ser utilizado. Quando a rocha mãe, a partir do qual o agregado é derivado, é suficientemente forte e homogênea, 20 ou 25 mm pode ser usado sem afetar de forma adversa a viabilidade e resistência do concreto.

Em relação ao formato dos grãos do agregado graúdo, Aïtcin (2004) sugere que as partículas devem ter forma cúbica ou esférica, pois exigem menos água para atingir a trabalhabilidade desejada e Gutiérrez e Cánovas (1996) ressaltam que os agregados devem ter coeficiente de forma em torno ou superior a 0,25 e coeficiente de absorção inferior a 1 %.

As adições minerais são de elevada importância para a produção de CAD por possibilitar melhorias nas suas características técnicas. Com a aplicação destes materiais de forma adequada, pode-se alcançar benefícios ao concreto fresco e para o concreto endurecido, tais como: aumento da coesão e a diminuição da segregação e da exsudação; aumento de resistências à compressão, tração e abrasão; redução da retração e da porosidade, minimizando a permeabilidade e aumentando a durabilidade.

Estes materiais podem ser incorporados ao CAD como adições ao material cimentício ou como substituição de parte do cimento.

As adições mais usuais em concretos de elevada resistência são as pozolânicas, em especial a sílica ativa, as cinzas volantes e as argilas calcinadas (AÏTCIN, 2004). Estas são interessantes para a produção de CAR devido a sua ação pozolânica que transforma o hidróxido de cálcio em estruturas C-S-H e o efeito filer, que preenche os vazios da microestrutura.

Segundo Mehta e Aïtcin (1990), as cinzas volantes e escórias de alto forno podem ser utilizadas em teores de 20% e 30% em substituição a massa do cimento e a sílica ativa até 10% para não prejudicar requerimentos de trabalhabilidade. No entanto, estudos realizados em laboratório tem utilizado entre 15% a 25% de sílica ativa, o que demandou o uso de altos teores de superplastificantes, tornando a mistura relativamente cara.

Além dessas adições, o método não descarta outras adições e a possibilidade de utilizar mais de um tipo, como, 75% de cimento Portland, 15% de cinza volante e 10% de sílica ativa ou até mesmo 100% de cimento Portland. Contudo, estudos adicionais devem ser realizados.

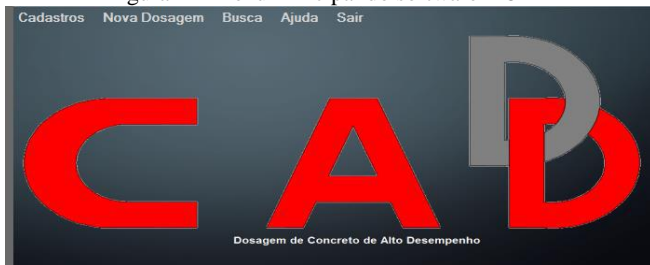
Para a obtenção do CAD o uso de superplastificante ou hiperplastificante é essencial, já que uma de suas propriedades é a redução na relação água-aglomerante. Aditivos superplastificantes aumentam a fluidez do concreto a níveis elevados sem alterar outras características, o que permite produzir através da redução da relação água-aglomerante concretos com alta resistência e maior durabilidade,

IV. O SOFTWARE DCAD

O *software* DCAD consiste em um software, desenvolvido na linguagem Visual Basic, com capacidade de manipulação de dados, ou seja, o usuário é capaz de realizar cadastros, atualizar e excluir, sendo que todo esse processo é salvo no banco de dados embutido no próprio programa.

DCAD inicia com uma tela principal, que corresponde ao “Menu Principal”, conforme apresentado na Fig. 1, onde possui uma barra de ferramentas com todas as opções disponíveis no programa, ou seja, cadastros de materiais e fornecedores, apresentados em seus subitens, buscas de materiais e fornecedores, um menu de ajuda, auxiliando o usuário quando aos materiais e ao procedimento de manipulação do *software*, e o item de dosagem, onde o usuário é encaminhado para a tela de dosagem do concreto.

Figura 1 – Menu Principal do software DCAD



Fonte: O autor, 2016.

A primeira etapa a ser realizada no *software* é o cadastro de fornecedores, que correspondem às empresas que fornecem os materiais, localizado em “Cadastros” e depois em seu subitem “Fornecedores”, onde o usuário deve inserir alguns dados com relação ao fornecedor dos materiais, como ilustrado na Fig. 2.

É importante que primeiro seja realizada esta etapa, já que os materiais a serem cadastrados dependem dos fornecedores já inseridos no banco de dados do *software*.

Figura 2 – Cadastro de fornecedores



Fonte: O autor, 2016.

Em seguida, é realizado o processo de cadastro do material, localizado também na aba “Cadastros” e depois no subitem “Material”, onde para os fornecedores cadastrados o usuário tem a oportunidade de salvar dados dos vários materiais utilizados no CAD (adições minerais, aditivos químicos, cimento, agregado miúdo e agregado graúdo).

Conforme o cadastro é realizado, algumas abas são disponibilizadas para inserção de dados, conforme Fig. 3. Estas abas correspondem às informações necessárias, tanto para identificação quanto para os cálculos da dosagem.

Figura 3 – Cadastro de materiais



Fonte: O autor, 2016.

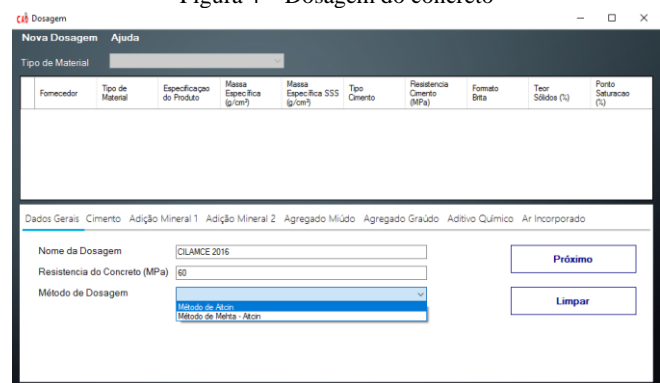
Outros tipos de dados também foram disponibilizados para o cadastro do usuário, como: “Tipo de Cimento (CP)” e “Resistência aos 28 dias”, para o cimento, e “Diâmetro Máximo dos Grãos”, “Módulo de Finura” e “Massa Unitária”, para os agregados. Estes dados não são utilizados pelos métodos de dosagem utilizados no programa, contudo, foram disponibilizados para um melhor detalhamento do material conforme a preferência do usuário.

Desta forma, o usuário terá sucesso no cadastro caso insira as informações e estas estejam de acordo com os dados necessários para os cálculos da dosagem.

O próximo passo corresponde à “Nova Dosagem”, na barra de ferramentas do menu principal. Para que se possa calcular a dosagem do concreto, é necessário que o usuário já tenha cadastrado os materiais que serão utilizados no cálculo da dosagem.

O procedimento é iniciado com a tela solicitando o nome da dosagem, que corresponderá com o nome do arquivo, a resistência do concreto desejada e o método de dosagem a ser utilizado, de acordo com a Fig. 4. Todas as abas posteriores, com os dados dos materiais, estarão bloqueadas e, só serão liberadas quando as informações das abas anteriores forem devidamente preenchidas, conforme o método selecionado.

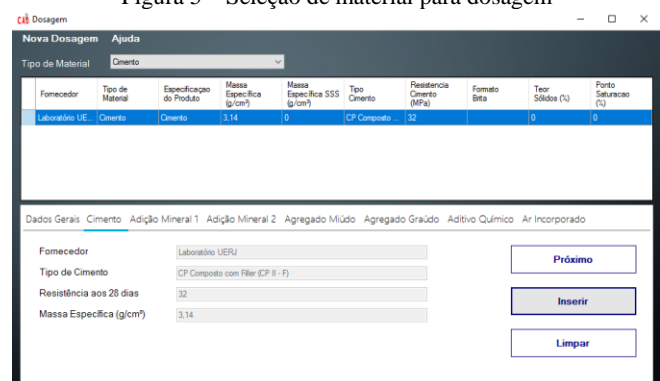
Figura 4 – Dosagem do concreto



Fonte: O autor, 2016.

Em seguida, o usuário deverá selecionar o tipo de material que será utilizado. Deve-se selecionar o material na tabela apresentada e depois clicar em “Inserir”. Os dados serão automaticamente apresentados em suas respectivas abas, conforme apresentado na Fig. 5. Caso algum campo imprescindível para os cálculos esteja vazio, o programa DCAD acusa o ocorrido, sendo então necessário selecionar os materiais faltantes ou realizar um novo cadastro.

Figura 5 – Seleção de material para dosagem



Fonte: O autor, 2016.

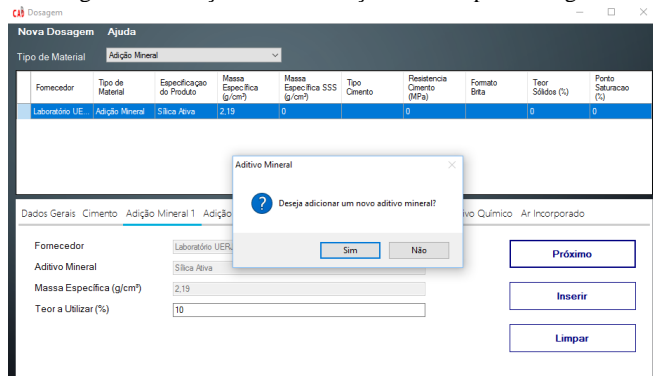
De forma complementar, o *software* possibilita ainda a inserção de dois tipos diferentes de adições minerais, caso o usuário opte por utilizar duas adições minerais ao invés de uma, conforme apresentado na Fig. 6.

Vale ressaltar que para o cálculo da dosagem do concreto são necessários dados iniciais dos materiais, tais como:

- Cimento: massa específica e resistência;

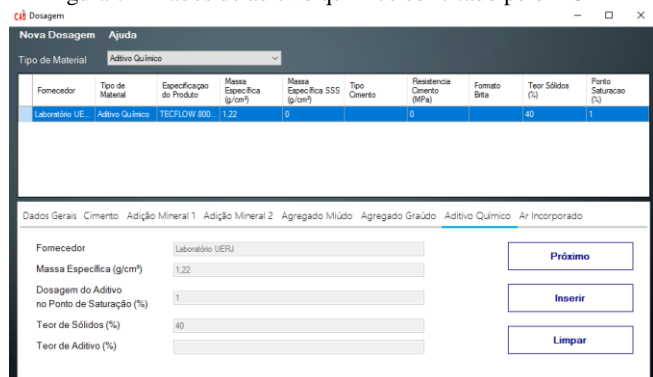
- Adições minerais: massa específica e teor;
- Agregados miúdo e graúdo: massa específica no estado saturado superfície seca (SSS), absorção de água e teor de água (obtido pelo ensaio de teor de umidade);
- Aditivos químicos: massa específica, teor de sólidos, ponto de saturação e teor a ser utilizado (ver Fig. 7).

Figura 6 – Seleção de nova adição mineral para dosagem



Fonte: O autor, 2016.

Figura 7 – Dados de aditivo químico solicitado pelo DCAD



Fonte: O autor, 2016.

A opção de incluir uma nova adição mineral oferece ao usuário uma variedade de possibilidades de combinações de traços para o concreto em função de uma mesma resistência.

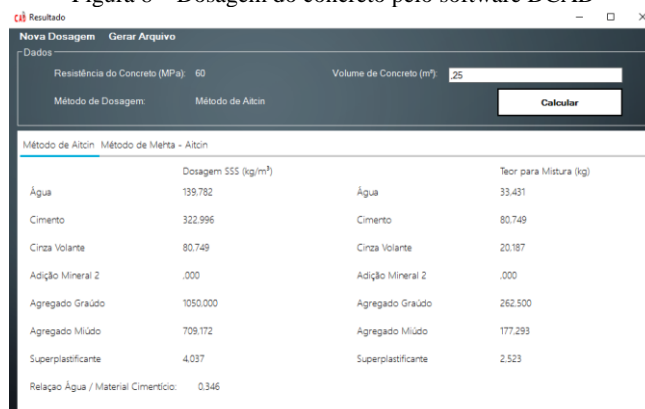
No método de Aitcin (2004), não é necessário a introdução do teor de aditivo químico (superplastificante ou hiperplastificante) a ser introduzido na mistura, já que é calculada com base em seu ponto de saturação e teor de sólidos. Já no método de Mehta e Aitcin (1990), é necessário informar o teor de superplastificante a ser utilizado, de acordo com trabalhabilidade requerida para o concreto. Nos dois métodos a quantidade de água presente no aditivo já é descontada na quantidade de água total.

O último dado a ser inserido refere-se ao “Teor de ar incorporado”. O valor varia de acordo com o concreto a ser produzido, sendo função de diversos fatores, como os materiais, principalmente o aditivo químico, que pode incorporar mais ar, como os equipamentos de produção e adensamento. O método de Aitcin (2004) sugere que sejam considerados 2% de ar incorporado, já Mehta e Aitcin (1990) aconselham 1,5%. De qualquer forma é sempre aconselhável realizar testes iniciais, antes de realizar um teste definitivo, para uma melhor exatidão na dosagem.

Finalmente, o usuário é encaminhado à tela com a dosagem dos materiais. Na Fig. 8 é possível ver que a primeira coluna corresponde ao traço na condição de agregados saturados com a superfície seca. A segunda coluna refere-se ao quantitativo dos materiais para um

volume especificado e após ser realizada a compensação da água total da mistura. Essa compensação é feita pelo *software*, baseado nos dados dos agregados fornecidos pelo usuário (absorção de água e teor total de água) e da água do aditivo químico líquido.

Figura 8 – Dosagem do concreto pelo software DCAD



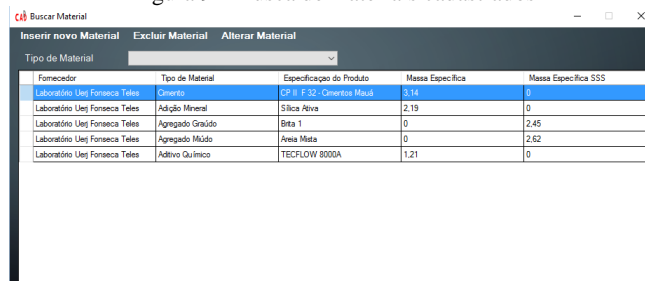
Fonte: O autor, 2016.

Além disso, é possível obter um relatório em formato PDF com as informações utilizadas para a dosagem, ou até mesmo imprimir diretamente o documento pelo ícone da impressora na barra de ferramentas da janela “Arquivo”. Em “Gerar Documento”, o software cria o documento PDF especificando cada tipo de material, suas características cadastradas, seu fornecedor relacionado e, por fim, apresenta a dosagem gerada, conforme o método escolhido.

Através do banco de dados do *software*, além dos cadastros realizados, é possível realizar modificações e exclusões de cadastros. No “Menu principal”, na Fig. 1, é possível ir em “Buscas” e depois “Fornecedor”, sendo então aberta uma janela. Na tela de “Buscar fornecedor”, o usuário tem a oportunidade de inserir novo fornecedor, de acordo com a barra de ferramentas da tela, sendo então encaminhado para a janela de “Cadastro Fornecedor”. Outras opções são “Alterar”, onde é possível alterar alguma informação do fornecedor cadastrado, e “Excluir”, em que se exclui o fornecedor cadastrado. Para esta opção é válido ressaltar que só é possível excluir um fornecedor quando não possui nenhum material relacionado a ele.

Além dessas possibilidades para o fornecedor, é possível realiza-las também para os materiais. No “Menu principal”, da mesma forma, em “Busca”, o usuário é dirigido para a janela “Buscar material” a partir do subitem “Material”. Nesta janela, pode-se listar todos os materiais já cadastrados ou somente um tipo de material (Fig. 9).

Figura 9 – Busca de materiais cadastrados



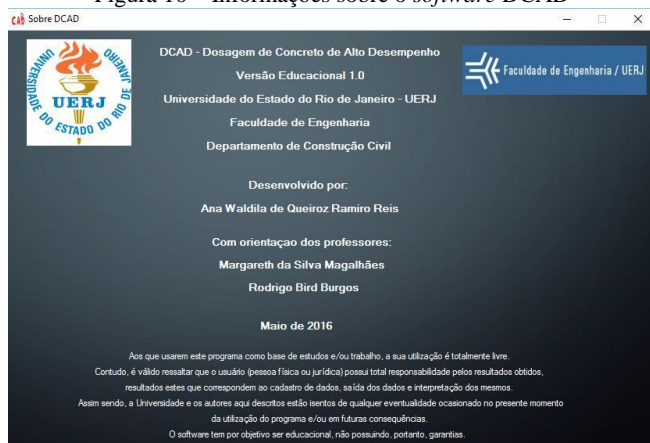
Fonte: O autor, 2016.

Da mesma forma, na janela “Buscar material”, também é possível fazer novos cadastros de materiais, alterações ou

até mesmo exclusões dos existentes. Com relação à exclusão, é importante ressaltar que o material é excluído normalmente, já que um material cadastrado está relacionado a somente um fornecedor.

No “Menu Principal” ainda se apresenta a aba “Ajuda”, cujos subitens são sobre os materiais, como utilizar o Software e sobre o Software. Os dois primeiros encaminham para a janela “Definições”, de forma que cada um desses subitens abre a aba relacionada ao material. O primeiro descreve a respeito dos materiais componentes do concreto de alto desempenho com base na literatura de Mehta e Aïtcin (1990) e Aïtcin (2004). O segundo, “Utilizando o software”, ensina como funciona o software DCAD. Além dessas duas abas, existe uma terceira, que corresponde às referências utilizadas para que o software fosse concebido. Finalmente, ainda na aba “Ajuda” do menu principal, dispõe-se o subitem “Sobre o DCAD”, que faz referência aos autores do projeto, conforme a Fig. 10.

Figura 10 – Informações sobre o *software* DCAD



Fonte: O autor, 2016.

V. CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo a apresentação de um *software* computacional, DCAD, para a dosagem de Concretos de Alto Desempenho (CAD).

O *software* desenvolvido utiliza como princípio os métodos de Mehta Aïtcin (1990) e Aïtcin (2004) para dosar concretos com resistência entre 60 MPa a 160 MPa e utilizando diferentes tipos de materiais.

O software tem como objetivo auxiliar engenheiros e estudantes de engenharia na dosagem do CAD seja no laboratório ou na obra

Desta forma, os especialistas na área de construção civil poderão aproveitar a facilidade e versatilidade do programa para ter maior controle quanto à qualidade e o traço de concretos de alto desempenho em suas obras, já que tal concreto normalmente é obtido a partir de registros feitos com base em outros traços obtidos experimentalmente e com valores de resistências similares. Além disso, o software apresenta uma margem de segurança matemática quanto aos cálculos realizados para a dosagem.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÏTCIN, Pierre-Claude. **High Performance Concrete**. Université de Sherbrooke, Québec, Canadá, 2004.
- AÏTCIN, Pierre-Claude. From gigapascals to nanometers. **Engineering Foundation Conference on Advance in**

Cement Manufacture and Uses (ed. E. Gartner), American Society of Civil Engineers, Potosi, Mo, p. 105-130, 1988.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 211.1-91: Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete. **Manual of concrete practice: materials and general properties of concrete, part 1**. Detroit, 2001, reapproved 2009.

CHANVILLARD, Gilles; RIGAUD, Sylvain. Complete Characterization of Tensile Properties of Ductal UHPFRC According to the French Recommendations. **Fourth International Workshop on High Performance Fiber Reinforced Cement Composites**, p. 21-34, 2004.

DAY, Ken. Computer control of concrete proportions. **Concrete international**, v. 18, n. 12, p. 48-53, 1996.

DE LARRARD, François; SEDRAN, Thierry. Computer-aided mix design: predicting final result. **Concrete International**, v. 18, n. 12, p. 39-41, 1996.

DE LARRARD, François. **Concrete Mixture Proportioning: A Scientific Approach**, Modern Concrete Technology Series, vol. 9, E & FN Spon, London, 1999.

FORMAGINI, Sidiclei. **Dosagem Científica e Caracterização Mecânica de Concretos de Altíssimo Desempenho**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

GANJU, Triloki Math. Spread sheeting mix designs. **Concrete international**, v. 18, n. 12, p. 35-38, 1996.

GUTIÉRREZ, Pilar Alaejos; CÁNOVAS, Manuel Fernandez. High-performance concrete: requirements for constituent materials and mix proportioning, **ACI Materials Journal**, v. 3, p. 233-241, 1996.

MEHTA, Povindar Kumar; AÏTCIN, Pierre-Claude. **Principles underlying of high-performance concrete, Cement Concrete Aggregates**. American Society for Testing Materials, Philadelphia, 1990.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3ª ed., São Paulo, Ed. IBRACON, 2008.

NEVILLE, Adam. **Properties of Concrete**. 5ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2016.

ORANGE, Gilles; DUGAT, Jerome; ACKER, Paul. Ductal: new Ultra High Performance Concretes - Damage Resistance and Micromechanical Analysis. **Fifth RILEM Symposium on Fiber-Reinforced Concrete (FRC)**, p. 781-790, 2000.

PEYFUSS, Kurt. Simplifying concrete mix design with the PC. **Concrete international**, v. 12, n. 12, p. 47-49, 1990.

RICHARD, Pierre; CHEYREZY, Marcel. Composition of Reactive Powder Concretes. **Cement and Concrete Research**, v. 25, n. 7, p. 1501-1511, 1995.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE TANGENCIAL MÉDIA NA ESPECIFICAÇÃO DE BOMBAS DE CAVIDADE PROGRESSIVA PARA FLUIDOS ABRASIVOS

INFLUENCE OF THE AVERAGE TANGENTIAL VELOCITY ON THE SPECIFICATION OF PROGRESSIVE CAVITY PUMPS FOR ABRASIVE FLUIDS

CARLA NAIANA PIRES DA SILVA¹; CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA¹; RONY OLIVEIRA DE SANT'ANA¹

1 – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA /UFRN

carla-naiana@hotmail.com; cleiton@ufrnet.br; rony_oliveirasantana@hotmail.com

Resumo – Bombas de cavidade progressiva são bombas de deslocamento positivo que funcionam com baixa velocidade, vencem as perdas de carga da linha e são utilizadas para bombear fluidos com alto teor de abrasivos e elevada viscosidade. Estas bombas se mostram como a solução para muitos problemas da indústria. No entanto, a forma mais segura de especificar este tipo de bomba, principalmente quando o fluido de trabalho tem uma grande quantidade de sólidos em suspensão, é através da velocidade tangencial média (VTM) que é pouco utilizada. Após meses de experiência trabalhando com bombas helicoidais para os mais variados tipos de fluidos e condições de operação, percebeu-se que para que o equipamento tivesse vida útil adequada, certas faixas de VTM poderiam ser adotadas durante seu dimensionamento, tornando-o desta forma mais confiável.

Palavras-chave: Bomba de cavidade progressiva. Deslocamento positivo. Velocidade tangencial média.

Abstract - Progressive Cavity Pumps are positive displacement pumps that operate at low speed, overcome pipe head losses, and are used to pump fluids with high content of abrasive and high viscosity. These pumps are the solution to many industry problems. However, the safest way to specify this type of pump, especially when the working fluid has a large amount of suspended solids, is through the average tangential velocity (ATV) which is less used. After months of experience working with helical pumps for the most varied types of fluids and operating conditions, it was realized that in order for the equipment to have an adequate life cycle, certain ATV ranges could be adopted during its specification, thus making it more trustworthy.

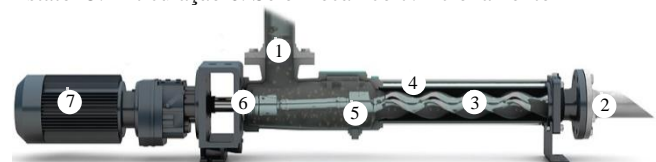
Keywords: Progressive cavity pump. Positive displacement. Average tangential velocity.

I. INTRODUÇÃO

Equipamentos de bombeio são divididos principalmente em bombas de deslocamento positivo e bombas cinéticas. No primeiro grupo estão as bombas de cavidade progressiva que são definidas como máquinas hidráulicas que transportam um determinado fluido da sucção até a descarga do equipamento o aprisionando em cavidades, que possuem volume fixo, através de

movimentos rotacionais gerados a partir da energia mecânica de um eixo (Figura 1). Se contraponto as bombas centrífugas que são as bombas cinéticas mais utilizadas na indústria e que normalmente funcionam bem com fluidos limpos e com baixa viscosidade como a água, as bombas de cavidades progressivas bombeiam praticamente qualquer tipo de fluido e apresentam ótimo desempenho para o deslocamento de fluidos extremamente abrasivos ou viscosos. De acordo com Nelik e Brennan (2005), este tipo de bomba é o último recurso quando outros tipos de bombas não podem ser utilizados.

Figura 1 – Partes da bomba. 1. Sucção 2. Descarga 3. Rotor 4. Estator 5. Articulação 6. Selo mecânico 7. Acionamento



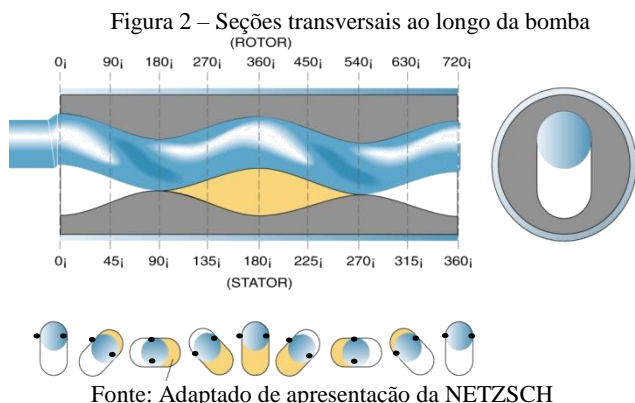
Fonte: Adaptado do site da NETZSCH.

O conceito da bomba de cavidade progressiva foi desenvolvido inicialmente na década de 30 pelo piloto e engenheiro francês René Moineau. Quando tentava construir um compressor para superalimentar motores de avião, o Dr. René Moineau inventou a bomba de cavidade progressiva. Na época, ainda não havia sido atribuído este nome à bomba de Moineau, que foi inicialmente chamada de Mono bomba, Moyno bomba, Mohno bomba ou até mesmo de bomba de Moineau; mais tarde os fabricantes anglo-americanos chamariam este equipamento de bomba de cavidade progressiva que pode ser abreviada para BCP, pois a pressão aumentava ou progredia da sucção até a descarga da bomba.

A bomba do Dr. Moineau tratava-se de um novo mecanismo de engrenagem adaptado para ser usado como uma bomba, um motor hidráulico ou um meio de transmissão que consistia essencialmente em dois membros helicoidais, dispostos um dentro do outro, onde o elemento exterior (estator) tinha uma rosca helicoidal ou dente a mais que o membro interior (rotor), cada dente do referido

elemento interior tinha um contorno tal que era mantido um contato constante com o elemento exterior em qualquer seção transversal. (Moineau, 1932).

Para que a selagem dessas cavidades aconteça e para que se obtenha o menor refluxo possível através destas cavidades, o estator é elastomérico com o intuito de manter um ajuste interferente entre as cavidades, formando assim uma linha de vedação que é evidenciada na figura 2 como sendo os pontos pretos. Esta figura também mostra o posicionamento do rotor dentro do estator em várias sessões transversais ao longo da bomba.



Este tipo de bomba vem ganhando novas aplicações industriais a cada dia onde a automatização de processos se faz necessária para uma fabricação em série confiável. Algumas dessas aplicações extremas é no bombeio de barbotina cerâmica que é uma mistura viscosa de água e argila utilizada na fabricação de produtos cerâmicos, bombeio de lodo em várias etapas no processo de tratamento de efluentes, bombeio de concreto e argamassa para preenchimento de moldes, etc. As figuras 3 e 4 mostram as condições extremas de bombeio para concreto e do lodo em processo de adensamento.



II. MÉTODOS (VELOCIDADE TANGENCIAL MÉDIA)

São inúmeros os modos de falha e desgaste de bombas de cavidade progressiva, principalmente se o equipamento estiver trabalhando em condições fora das condições ideais. No entanto, o desgaste por abrasão tanto do rotor quanto do estator é o modo de falha mais comum quando o fluido de trabalho é abrasivo. Segundo Vetter e Wirth (1995) o desgaste cresce quase linear com a velocidade de rotação, pois as partículas abrasivas continuam a entrar entre o rotor

e o estator, quebrando assim a formação de um filme lubrificante.

Figura 4 – Lodo em processo de adensamento



Fonte: Ecohabitat

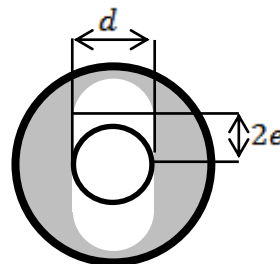
Nesses casos, o conhecimento da velocidade tangencial média ou de contato do conjunto rotor/estator (VTM) se torna crucial para a especificação correta do equipamento com o intuito de manter uma vida útil adequada que pode variar de três meses a dois anos de operação dependendo da aplicação. Segundo Whittaker (2003) a velocidade tangencial média pode ser calculada através da equação (1):

$$VTM = \frac{(\pi d + 8e) \times n}{60000} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

Onde: e : excentricidade (mm)
 d : diâmetro do rotor (mm) n : rotação do eixo (rpm)
 $(\pi d + 8e)$: perímetro do estator

As variáveis desta equação estão representadas na figura 5:

Figura 5 – Excentricidade e diâmetro do rotor



Fonte: Autores, 2016

Como a velocidade tangencial média varia com parâmetros geométricos como o diâmetro do rotor e excentricidade que dependem diretamente do tamanho da bomba, ou ainda, da capacidade volumétrica, os valores da VTM observados em aplicações práticas podem ser tomados como padrões para o dimensionamento correto, tanto de tamanho quanto de rotação, para praticamente qualquer tamanho de bomba helicoidal.

Após trabalhar durante 23 meses na indústria de bombas helicoidais, foi possível observar que determinadas faixas de valores da VTM proporcionavam uma vida útil considerável aos equipamentos dependendo do seu nível de abrasividade. Tais faixas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores práticos da VTM

Nível de abrasividade	Produtos	Faixas Recomendadas da VTM
Muito alto	Argamassa, barbotina cerâmica, lodo adensado, hidróxido de cálcio (>10% de sólidos), etc.	0 a 0,8
Alto	Lodo decantado, hidróxido de cálcio (<10% de sólidos)	0,8 a 1,3
Médio	Cola, tinta, silicato de sódio, geleias, lodo bruto, etc.	1,3 a 1,8
Baixo	Água de esgoto, lodo fino, sulfato de alumínio, etc.	1,8 a 2,5
Nenhum	Água, óleos, soluções de polímeros, etc.	2,5 a 3,5

Os valores das faixas recomendadas da VTM também são válidos para a variação de viscosidade do fluido que é outro parâmetro que afeta diretamente a vida útil dos equipamentos.

III. ESTUDO DE CASO

A figura 6 mostra a curva de uma bomba qualquer que é normalmente utilizada para a recirculação de lodo em estações de tratamento de esgoto e que teria um ótimo funcionamento e vida útil adequada operando com os dados abaixo:

Fluido: lodo decantado com 15% de sólidos
 Vazão: 40 m³/h
 Pressão diferencial: 2 bar
 Sucção: Afogada (abaixo do nível do reservatório)

Bomba:
 Rotação: 127 rpm
 Os dados abaixo foram estimados conforme dimensões externas da bomba da curva abaixo, ou seja, não são os valores reais.
 Diâmetro do rotor: Aproximadamente 100 mm
 Excentricidade: Aproximadamente 30 mm

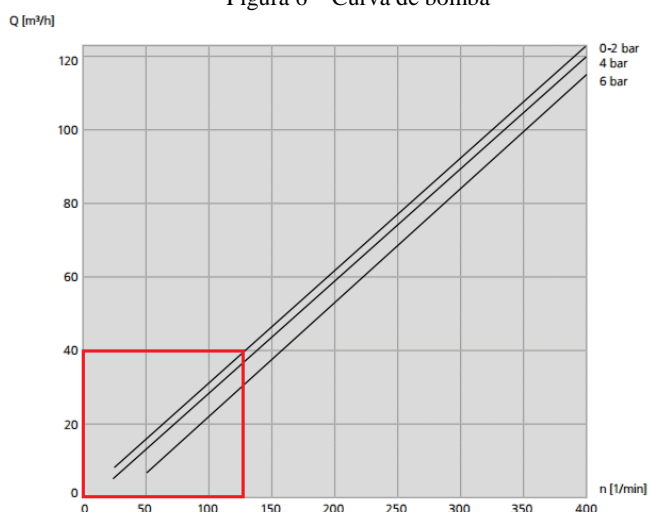
De acordo com valores apresentados na tabela 1, para o fluido em questão, a bomba deveria operar com valores de VTM de 0,8 a 1,3 m/s. O VTM para a bomba correspondente a curva abaixo após a substituição dos dados apresentados acima na equação 1 é 1,17 m/s.

IV. RESULTADOS

O estudo de caso que foi mostrado anteriormente foi para exemplificar a utilidade da VTM na especificação de bombas de cavidade progressiva.

O valor da VTM obtido se enquadrou na faixa adequada de VTM para fluidos com alto nível de abrasividade, ou seja, como era de se esperar, este tamanho de bomba com a rotação de 127 rpm e pressão diferencial de 2 bar fornecerá uma vazão de 40 m³/h em regime contínuo de trabalho com uma ótima vida útil.

Figura 6 – Curva de bomba



Fonte: Adaptado de catálogo NETZSCH

V. CONCLUSÃO

A utilização da VTM como parâmetro de dimensionamento de bombas de cavidade progressiva é bastante eficaz, principalmente em meios de trabalho críticos onde os fluidos são abrasivos ou muito viscosos. É evidente que este parâmetro define o tamanho ideal da bomba ou a rotação ideal para funcionamento do equipamento. No entanto, muitos outros fatores como o material do rotor, se é de aço ou revestido com cromo, por exemplo; ou ainda, se a borracha tem uma dureza em torno de 60 Shore A que permite que os particulados sólidos a deformem e sejam expulsos sem afetar o material da bomba, também são parâmetros decisivos na especificação de bombas helicoidais. Contudo, a definição de faixas seguras de VTM que independem do tamanho da bomba facilita na decisão de um modelo de bomba mais satisfatório com maior segurança.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOINEAU, R.J.L. **Gear Mechanism**. US Patent No. **1,892,217**. 1932.

NELIK, Lev; BRENNAN, Jim. **Progressing Cavity Pumps, Downhole Pumps, and Mudmotors**. Huston: Gulf Publishing Company, 2005.

VETTER, Gerhard; WIRTH, Wolfgang. **Understand Progressing Carvity Pumps Characteristics and Avoid Abrasive Wear**. Erlangen. S.d. University of Erlangen-Nuremberg. Huston: 12th International Pump User Symposium, 1995, P1247-59.

WHITTAKER, Lucy V. **Evaluation and Analysis of Wear in Progressive Cavity Pumps**. Tese de doutorado – University of Hull, Kingston upon Hull, Setembro, 2003.

Figura 1 disponível em: <<https://pumps.netzsch.com/en/>> Acesso em 9 de nov. 2016.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

O USO DE CAD 3D NO PLANEJAMENTO DA PROGRAMAÇÃO *ON-LINE* DE UMA OPERAÇÃO DE MONTAGEM USANDO ROBÔ PEGASUS

ON-LINE PROGRAMMING STEPS USING 3D CAD MODELS TO PLAN AND PERFORM AN ASSEMBLY TASK USING PEGASUS ROBOT

RAFAEL ROSENBERG SANTOS; FELIPE ALVARES DE AZEVEDO MACEDO;
FELYPPE LABORDE MARINHO SANTOS; LUIZ PAULO GOMES RIBEIRO
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME
LABORATÓRIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL E DE DEFESA – IDR LAB

rafael.s@globo.com; felipeaamacedo1@gmail.com; felyppelaborde@hotmail.com; ribeiro@ime.eb.br

Resumo – Robôs industriais podem oferecer vantagens competitivas para processos de fabricação, como por exemplo, o aumento da produtividade e a diminuição dos custos. No entanto, algumas tarefas são complexas de serem programadas, exigindo especialistas e consumindo tempo excessivo. Muitos processos de fabricação realizam algum tipo de montagem, combinando dois ou mais componentes. Existem muitos motivos para se usar robôs nessas atividades, tais como: ser tedioso; repetitivo; e, até mesmo, perigoso. Este artigo apresenta as etapas de programação *on-line* usando um modelo, desenvolvido em CAD 3D SolidWorks, de um sistema de manufatura flexível, para possibilitar uma análise prévia e auxiliar o planejamento da programação e da sequência dos pontos para execução de uma tarefa de montagem de quatro componentes, utilizando o robô Pegasus, de modo a reduzir o tempo de programação.

Palavras-chave: Programação *on-line*. Robô Pegasus. Operação de montagem. CAD 3D. SolidWorks.

Abstract – Industrial robots can provide competitive advantages for manufacturing processes, such as the increase in productivity and a decrease in manufacturing costs. Nevertheless, some manufacturing tasks are complex to be programmed, requiring specialist and time consuming. Many manufacturing processes use some type of assembly, which combines two or more components to form one part. There are many reasons to use robot in an assembly task, e.g., it can be boring, repetitive and sometimes dangerous. This paper presents *on-line* programming steps using a flexible manufacturing system model, developed in SolidWorks 3D CAD, to plan and reduce the robot programming time, to perform an assembly task using point-to-point motions. These steps consist in a previous CAD analysis to plan the logic sequence of points; a robot program; and teach the points necessary to assemble four parts, using Pegasus robot.

Keywords: *On-line* programming. Pegasus robot. Assembly task. 3D CAD. SolidWorks.

I. INTRODUÇÃO

A globalização e a internacionalização da economia mundial têm imposto condições cada vez mais severas em termos de competição entre produtos similares fabricados por empresas concorrentes, motivando uma incessante busca por alcançar e manter a preferência dos consumidores, nos mercados regional, nacional e internacional.

Em um cenário tão desafiador, existe uma necessidade constante de aumentar a robustez dos produtos, atualizando e otimizando os respectivos processos de fabricação, objetivando torná-los mais rápidos, confiáveis, produtivos e econômicos, sem perda de qualidade, o que resulta em novas oportunidades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) aos engenheiros.

Segundo Slack et al. (2002), a vulnerabilidade de um produto começa a despontar quando uma empresa concorrente lança um produto similar, com preço de mercado menor, capaz de desempenhar a mesma função com qualidade e confiabilidade. Essa situação agrava-se ainda mais, quando o produto concorrente possui menor tempo de entrega, melhor adequação às necessidades do cliente ou, ainda, quando proporciona inovações a cada versão produzida. Diante disso, fica cada vez mais presente a necessidade do uso de ferramentas computacionais para auxiliar o projeto, que possibilitem desenvolver modelos para simulação investigativa e comparativa, facilitando a análise e o planejamento, gerando indicadores de tempo e custo, que auxiliem a tomada de decisão.

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a utilização de modelos 3D em CAD (*Computer-Aided Design*) de um Sistema Flexível de Manufatura – FMS (*Flexible Manufacturing System*) didático, para auxiliar o planejamento das etapas de programação *on-line* do robô Pegasus, objetivando a redução dos tempos de programação e de execução da tarefa de montagem de quatro componentes de uma caixa de engrenagens didática.

A estrutura deste artigo inicia na seção 2, com uma apresentação sumária sobre conteúdos relacionados à robótica industrial, onde é ressaltada a situação da robótica industrial no Brasil em 2015, diante do cenário mundial. A seção 3 apresenta os modelos do FMS e das peças que irão ser montadas, desenvolvidos em CAD 3D com a ferramenta computacional *SolidWorks*, com o objetivo de auxiliar o planejamento das etapas de programação e diminuir o respectivo tempo associado. Um estudo de caso é apresentado na seção 4, que envolve a automação robotizada de uma tarefa de montagem de quatro componentes de uma caixa de engrenagens didática, mediante o desenvolvimento da programação *on-line* do robô Pegasus, o que permite

levantar indicadores, tais como o tempo de execução da tarefa e o tempo de programação. São apresentadas, na seção 5, análises e comparações de resultados obtidos com e sem o auxílio prévio dos modelos em CAD 3D, na fase de planejamento da tarefa de montagem. Finalmente, uma conclusão é apresentada na seção 6.

II. ROBÓTICA INDUSTRIAL

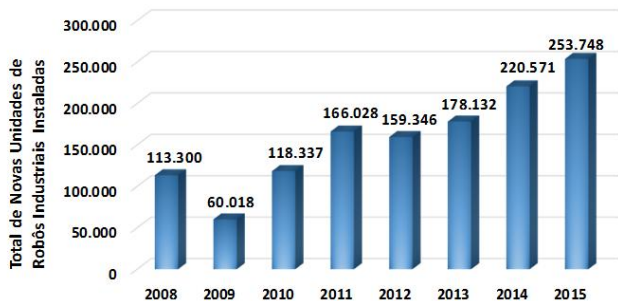
Na atualidade, o robô industrial é o Sistema Mecatrônico mais vendido e utilizado no mundo, sendo considerado estratégico por vários países economicamente desenvolvidos, por proporcionar, em uma primeira análise, um aumento de produtividade, associado a uma redução do custo de fabricação. É um componente típico dos Sistemas Automáticos Programáveis, em virtude da sua capacidade de ser reprogramável; entretanto, também são passíveis de serem utilizados nos Sistemas Automáticos Rígidos e nos Flexíveis (SCIAVICCO; SICILIANO, 2008).

No entanto, traz consigo novas exigências, em termos de utilização eficiente, de modo a reduzir o tempo associado ao retorno do investimento de implementação, além de demandar tempo e pessoal treinado para planejamento, programação, sincronização e controle dos movimentos.

Admite-se como consenso em países industrialmente desenvolvidos, as Leis da Aplicabilidade dos Robôs, enunciadas por Nof (1999), que tratam da substituição dos humanos por robôs em atividades: **perigosas ou insalubres** ao ser humano (níveis excessivos de ruído, temperatura, pressão ou radiação); **indesejáveis ou impossíveis** (tarefas repetitivas ou complexas e em escalas nano, micro ou macrométricas); e onde são mais **produtivos e econômicos** (os robôs padronizam o nível de qualidade do produto, trabalham noite e dia sem serem afetados por problemas familiares).

De modo a traçar um panorama da evolução da instalação de robôs industriais no mundo, busca-se amparo no relatório de 2016 do Departamento de Estatística da IFR (*International Federation of Robotics*). No ano de 2015, foi obtido o maior volume de robôs industriais vendidos já registrado, alcançando 253.748 unidades no mundo todo, o que representa um aumento de aproximadamente 15% em relação ao ano de 2014, quando se atingiu 220.571 unidades, conforme pode ser observado na Figura 1, sendo que o setor automobilístico foi o líder de implementação de novas unidades em suas fábricas (IFR, 2016).

Figura 1 - Novas unidades instaladas de robôs industriais por ano



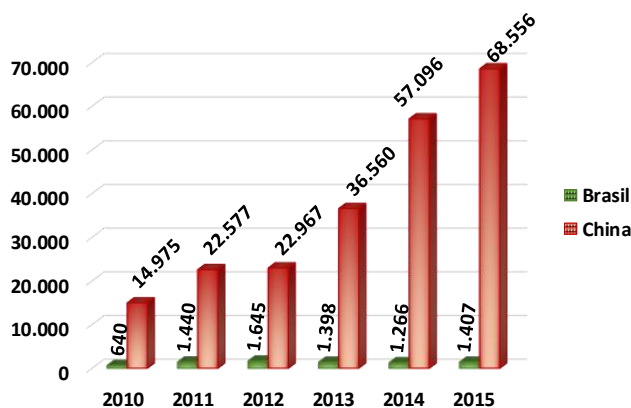
Fonte: Adaptado pelos Autores, das estatísticas da IFR (2016).

No ano de 2015, no Brasil, houve aumento de 11%, em relação a 2014, alcançando 1.407 unidades de robôs industriais. Entretanto, esse número, relativamente baixo, corresponde a apenas 0,55% do total de novas unidades instaladas no mundo, enquanto que os cinco principais

países que lideram em investimento na área, instalaram 74,77% do total, ou seja, segundo a IFR (2016): China (27,02%), Coreia do Sul (15,09%), Japão (13,80%), EUA (10,84%) e Alemanha (7,92%).

De modo a ilustrar o baixo ritmo de instalação de novas unidades de robôs industriais no Brasil, encontra-se ilustrado na Figura 2, um comparativo, de 2008 até 2015, com o mesmo índice na China, que foi o país líder em investimentos em robótica industrial no mundo, um total de 68.556 novas unidades, correspondendo a um crescimento de 20,1% em relação a 2014.

Figura 2 - Novos robôs industriais por ano no Brasil e na China



Fonte: Adaptado pelos Autores, das estatísticas da IFR (2016).

Finalmente, cabe uma reflexão sobre tamanha variação percentual entre Brasil e China, e quanto os respectivos investimentos trarão para o nível de robustez aos processos de fabricação de cada país, diante do cenário de globalização.

III. MODELOS EM CAD 3D

Os sistemas de CAD (*Computer-Aided Design*) são um conjunto de ferramentas computacionais que auxiliam engenheiros, arquitetos e outros profissionais ligados ao *design* (ou projeto), em atividades que envolvam a geração do desenho técnico no computador (LUTTERS, 2014).

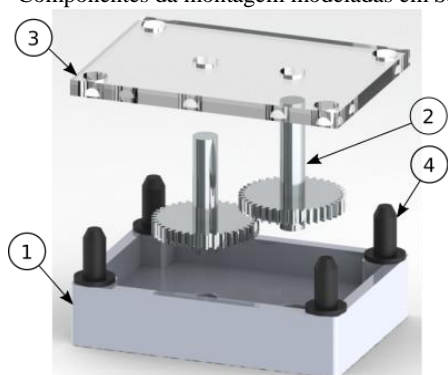
A ferramenta de CAD empregada neste trabalho é o *SolidWorks*, que disponibiliza uma série de recursos, possibilitando a geração peças e a montagem de conjuntos, a partir de desenhos ou informações técnicas próprias da peça que se deseja modelar. Com os modelos dessas peças ou conjuntos montados, é possível realizar uma ampla gama de simulações e, até mesmo, análise de mercado, muito usado no setor automobilístico (PEIXOTO, RIBEIRO, 2016).

De modo a auxiliar o planejamento das etapas de programação, objetivando reduzir o respectivo tempo associado, este trabalho buscou utilizar as vantagens auferidas pela ferramenta de CAD 3D e, para isso, foi desenvolvido um ambiente virtual composto pelos modelos em CAD 3D de cada recurso disponível no FMS, bem como, de cada componente envolvido na tarefa de montagem.

Inicialmente, os componentes envolvidos na tarefa foram modelados e o resultado encontra-se ilustrado na Figura 3. A tarefa de montagem é constituída: pela base (1) de alumínio sobre a qual encontram-se fixados quatro pinos (4); por um par de engrenagens (2); e por uma tampa (3) em acrílico com seis furos, sendo dois para os

eixos das engrenagens e quatro para os pinos de fixação com a caixa.

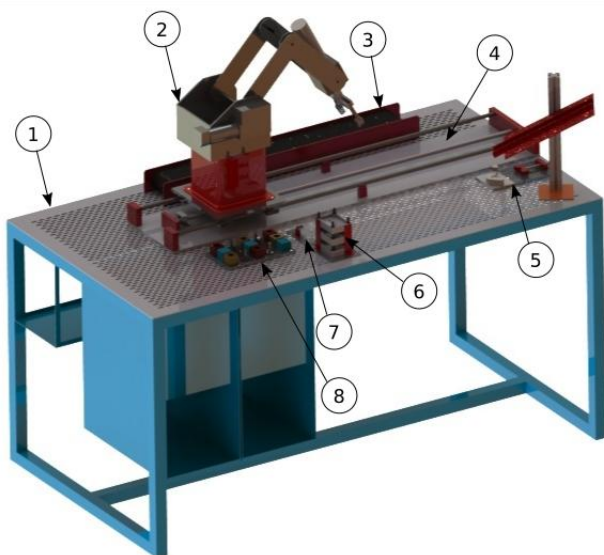
Figura 3 – Componentes da montagem modeladas em *SolidWorks*



Fonte: Autoria Própria

O próximo passo foi modelar em *SolidWorks* o FMS e o resultado pode ser visualizado na Figura 4. O FMS modelado é composto: (1) pela mesa em aço com base perfurada para fixação dos recursos; (2) pelo robô Pegasus; (3) pela esteira onde são colocadas as caixas montadas; (4) pela junta prismática onde a base do robô é fixada; (5) pela morsa pneumática, onde são fixadas a caixa e acopladas as duas engrenagens e a tampa; (6) pelo local de armazenagem das caixas; (7) das tampas; e (8) das engrenagens.

Figura 4 – Modelo obtido em CAD 3D *SolidWorks* do FMS



Fonte: Autoria Própria

Cabe ressaltar que o avanço tecnológico da capacidade de processamento dos computadores, permite que os modelos obtidos em CAD 3D ganhem em qualidade de cores e texturas, conduzindo a resultados de visualização muito próximos à realidade.

Existem tutoriais que auxiliam o treinamento e a modelagem em *SolidWorks* (DASSAULT, 2014).

IV. ETAPAS DA PROGRAMAÇÃO DO ROBÔ

De maneira sumária é possível afirmar que a programação de um robô industrial, para executar uma tarefa desejada, pode ser desenvolvida de forma *on-line* e *off-line*.

A programação *on-line* consiste em utilizar o próprio robô para realizar a programação. Já na programação *off-line*, essa necessidade é substituída, em grande parte, pela utilização de softwares que possuam um ambiente 3D que auxiliem na programação. Todavia, o robô Pegasus não apresenta um software que permita que a configuração do FMS seja modelada.

De todo modo, é necessário ensinar todos os pontos, pelos quais a garra do robô irá se deslocar para realizar a tarefa desejada. O ato de ensinar os pontos na programação *on-line* é feito manualmente, utilizando o TP (*Teach Pendant*) para posicionar a garra na posição desejada e gravar os valores dos *encoders* de cada junta do robô na memória do controlador, o que, dependendo do número de pontos e da complexidade de acesso para visualização da posição da garra diante da peça a manipular, pode ser um processo demorado, cansativo e tedioso. A Figura 5 mostra o TP do robô Pegasus.

Figura 5 – TP (*Teach Pendant*) do robô Pegasus



Fonte: (AMATROL, 2009)

Em uma operação de manipulação, o robô se move ponto a ponto, que são previamente definidos e selecionados cuidadosamente levando em consideração a não colisão com os obstáculos (acessórios) da célula de trabalho.

Há técnicas para escolher pontos a serem ensinados, que basicamente são denominados pontos: de *hover*; de *aproximação/afastamento*; e de *pegar/soltar* (onde existem contato e maior risco de colisão).

Existem seis etapas básicas sugeridas pelo fabricante do robô Pegasus (AMATROL, 2009), para a programação *on-line*, que devem ser seguidas de modo a otimizar o tempo de programação e evitar retrabalhos.

Antes de qualquer etapa, é preciso que o programador esteja atento às normas de segurança e esteja habilitado/treinado a operar o robô. Tão importante quanto o conhecimento de operação do TP do robô, é conhecer a tarefa que deseja programar.

Um planejamento prévio de cada etapa evita desperdiçar tempo de robô “parado”, pois, ao ser usado para programação da nova tarefa, fica impossibilitado de realizar outra tarefa. Assim sendo, recomenda-se que se utilize o robô, somente após concluídas as seis etapas descritas a seguir.

4.1 – Diagrama Pictórico

Esta etapa consiste em planejar usando um Diagrama Pictórico, que nada mais é que um desenho da célula de trabalho do robô, em escala, ou pelo menos, nas proporções corretas. Esta etapa afeta as demais, logo é importante ter disponível uma boa representação do FMS.

4.2 – Sequência Geral de Operações

Esta etapa consiste em fazer uma descrição geral dos passos a serem executados pelo robô para realizar a tarefa.

4.3 – Lista de Entradas e Saídas

Nesta etapa, deve incluir o nome, a função, o tipo de dispositivos de I/O necessários e o endereço de I/O de cada dispositivo.

4.4 – Sequência Detalhada de Operações

Consiste em listar, passo-a-passo, toda ação ou processo de comunicação que o robô deverá executar para concluir a tarefa.

4.5 – Lista de pontos

Esta etapa consiste em levantar os pontos necessários para se alcançar a sequência detalhada de operações, bem como a função de cada um.

4.6 – Escrever o programa

Após as etapas anteriores, pode-se escrever o programa. Convém iniciar com um fluxograma para facilitar. Utilizam-se um ou mais comandos de programa para cada passo da sequência detalhada de operações.

Quanto mais automatizadas, ou seja, auxiliadas por computador, forem cada uma das etapas supracitadas, melhor será a capacidade de abstração e representação do ambiente real e, por conseguinte, melhor o resultado final, economizando tempo de robô.

V. RESULTADOS

Foram realizados dois experimentos por alunos distintos, iniciando com a execução das seis etapas para a mesma tarefa de montagem, utilizando o robô Pegasus da marca AMATROL, pertencente ao FMS, instalado nas dependências do Laboratório de Robótica Industrial e Defesa (IDR Lab) no Instituto Militar de Engenharia (IME).

O primeiro programa foi obtido sem a utilização de modelos em CAD, como resultado de um Projeto de Fim de Curso (FILIFE, 2015) na graduação em Engenharia Mecânica do IME. Como não existiam modelos em CAD 3D do FMS, somente alguns esquemas disponibilizados pelo fabricante, o robô foi utilizado massivamente para programação, resultando em um tempo de programação de 45 horas e um tempo de execução de cerca de 16 min.

O segundo programa foi obtido utilizando um planejamento prévio mais minucioso e pôde contar com os modelos em CAD 3D. Foi desenvolvido por três alunos de pós-graduação em Engenharia Mecânica do IME, sendo que dois deles já haviam realizado outra programação de tarefa (SANTOS, SANTOS, RIBEIRO, 2016), relativamente mais simples, do tipo *pick-and-place*, ou seja, além de serem três componentes, dois já possuíam nível de experiência anterior em operação e programação do robô. Assim sendo, resultou em um tempo de programação de 27 horas e um tempo de execução de cerca de 12 min, uma vez que a utilização de modelos em CAD 3D facilita o planejamento das etapas como apresentadas a seguir.

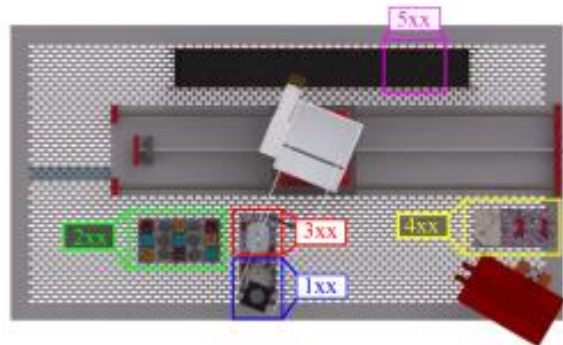
5.1 – Diagrama Pictórico

Com o auxílio da vista superior do modelo do FMS foi possível determinar cinco regiões de particular interesse

para a tarefa de montagem a ser programada, como podem ser visualizadas na Figura 6, estando descritas a seguir:

- a área (1xx) é denominada região de centena 1, referente ao local onde estão armazenadas três bases das caixas de engrenagens, ou seja, três bases estão empilhadas;
- a área (2xx) é denominada região de centena 2, referente ao local onde estão armazenadas seis engrenagens, dispostas em duas colunas de três linhas cada, sendo que em cada caixa serão montadas duas engrenagens;
- a área (3xx) é denominada região de centena 3, referente ao local onde estão armazenadas três tampas de acrílico empilhadas;
- a área (4xx) é denominada região de centena 4, referente ao local onde existe uma morsa pneumática que fixa a base de forma rígida, permitindo que o robô posicione as engrenagens e a tampa de forma precisa, ou seja, é a área de montagem;
- finalmente, a área (5xx) é denominada região de centena 5, referente ao local onde serão armazenadas caixas de engrenagens montadas, enfileiradas, mediante comando de avanço controlado da esteira.

Figura 6 – Vista superior do modelo obtido em CAD 3D



Fonte: Autoria Própria

5.2 – Sequência Geral de Operações

Observando a Figura 6, a garra do robô deve mover-se:

- da posição de HOME para região (1xx);
- pegar a base e ir para morsa (4xx);
- largar a base e ir para região (2xx);
- pegar uma engrenagem e ir para região (4xx);
- largar engrenagem e ir para região (2xx);
- pegar a segunda engrenagem, ir para (4xx);
- largar e ir para região (3xx);
- pegar a tampa empilhada mais acima e ir para (4xx);
- montar tampa;
- pegar caixa montada e ir para (5xx);
- largar e acionar a esteira;
- repetir o ciclo por mais 2 vezes em posições distintas para (1xx), (2xx) e (3xx), função do tipo de armazenamento.

5.3 – Lista de Entradas e Saídas

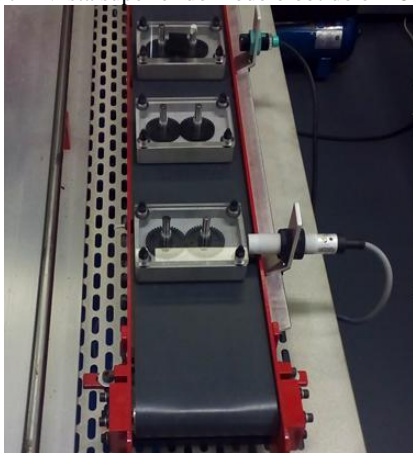
As saídas utilizadas são de números 14, 15 e 16 referentes a torre de sinalização verde, amarela e vermelha, respectivamente, de forma a ressaltar a segurança e informar que o robô está em utilização.

5.4 – Sequência Detalhada de Operações

Observando a Figura 6, a garra do robô deve sair da posição de HOME mover-se para a região (1xx); pegar a base e leva-la de forma segura para morsa (4xx), de modo que seja fixada. A garra deve mover-se para a região (2xx), pegar uma engrenagem e posicionar no primeiro furo da

caixa na região (4xx). Deve retornar à região (2xx), porém deve pegar a segunda engrenagem, trazendo novamente para região (4xx), entretanto posicionando no segundo furo da caixa. Em seguida, deve ir para a região (3xx) e pegar a tampa empilhada mais acima, trazendo para a região (4xx), onde posicionará e acoplará nos quatro pinos da caixa. Finalmente, o comando de abrir morsa é executado e o robô pega a caixa montada, leva para a região (5xx) e solta sobre a esteira, onde são enfileiradas, por efeito do acionamento da mesma por alguns segundos. Toda essa sequência é repetida mais duas vezes, entretanto os pontos de pegar são distintos, em função do tipo de armazenamento, seja em linhas/colunas, no caso das engrenagens, seja por empilhamento, no caso das bases e das tampas. Após concluída, as três montagens ficam dispostas como mostra a Figura 7 e o robô volta para HOME.

Figura 7 – Vista superior do modelo obtido em CAD 3D



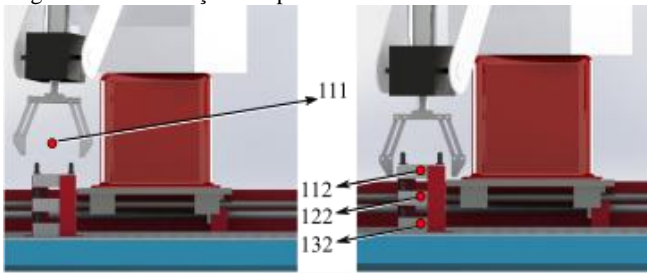
Fonte: Autoria Própria

5.5 – Lista de pontos

Existem três tipos de pontos que foram utilizados e a cada um deles associou-se uma unidade distinta, ou seja: ponto de hover unidade 0; de aproximação/afastamento unidade 1; e contato, pontos de pegar e soltar, unidade 2. Cada uma das 5 regiões possui esses três tipos de pontos. De modo a exemplificar, a Figura 8(b) utiliza o modelo em CAD 3D para representar os pontos de contato (pegar/soltar) com unidade (xx2), referente à região (1xx), e, como estão empilhados, a casa da dezena assume (x1x), (x2x) e (x3x), para a primeira, segunda e terceira bases, respectivamente, ou seja, pontos de pegar/soltar de números 112; 122 e 132.

Analogamente, a Figura 8(a) mostra o ponto 111 que identifica à região (1xx), primeira base (x1x) e unidade (xx1) referente ao ponto de aproximação/afastamento.

Figura 8 – Localização dos pontos no modelo obtido em CAD 3D



Fonte: Autoria Própria

A Tabela 1 apresenta todos os pontos de hover, de aproximação/afastamento e de pegar/soltar (contato),

referente a cada uma das cinco regiões de relevância para a programação da tarefa de montagem.

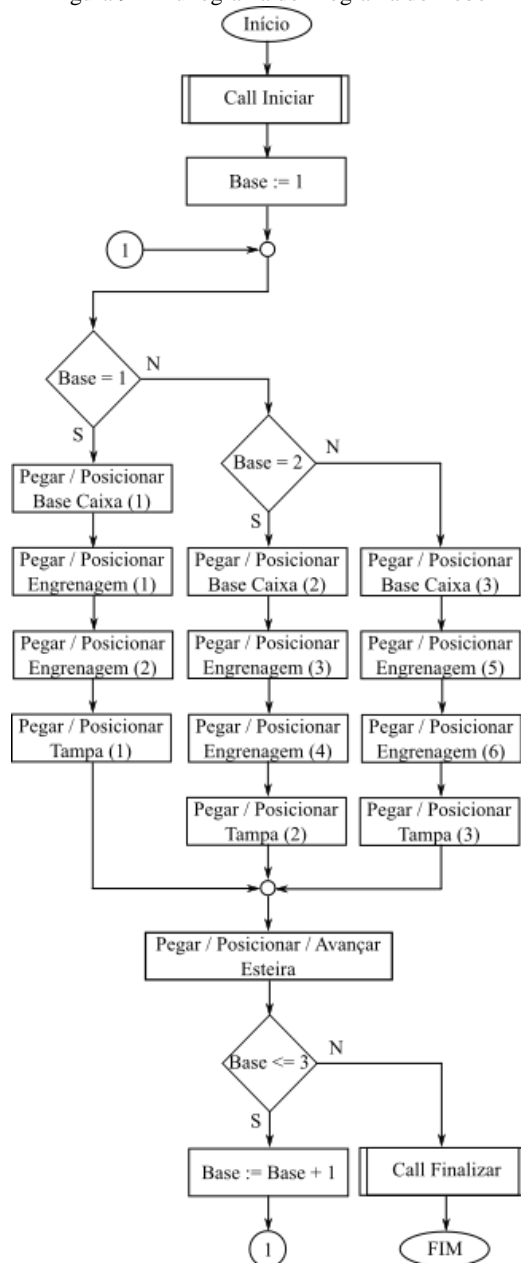
Tabela 1 – Valores dos pontos ensinados.

Pontos sobre Área das Caixas de Engrenagens							
Posição	Pontos	X	Y	Z	Pitch	Roll	Trans
Hover	110	13.37	-1.10	3.52	-180.00	-9.60	9.99
Aproximação	111	13.40	-1.17	1.67	-179.92	-7.90	9.99
Contato	112	13.37	-1.07	0.46	-180.02	-6.93	9.99
Hover	120	13.41	-1.15	3.69	-179.83	-7.83	9.98
Aproximação	121	13.40	-1.16	1.66	-179.90	-7.82	9.99
Contato	122	13.37	-1.08	-1.08	-180.03	-7.03	9.99
Hover	130	13.40	-1.16	1.66	-179.91	-7.81	9.99
Aproximação	131	13.37	-1.08	-1.08	-180.04	-7.03	9.99
Contato	132	13.37	-1.08	-2.63	-180.04	-7.03	9.99
Pontos sobre Área das Engrenagens							
Posição	Pontos	X	Y	Z	Pitch	Roll	Trans
Hover	210	10.66	-10.47	3.25	-180.08	-41.65	9.50
Aproximação	211	10.66	-10.47	-0.82	-180.08	-41.65	9.50
Contato	212	10.66	-10.47	-1.98	-180.08	-41.65	9.50
Hover	220	9.14	-10.42	-0.82	-180.00	-45.88	9.50
Aproximação	221	9.14	-10.42	3.25	-180.00	-45.88	9.50
Contato	222	9.14	-10.42	-1.98	-180.03	-48.14	9.50
Hover	230	7.63	-10.36	3.25	-180.00	-49.99	9.50
Aproximação	231	7.63	-10.36	-0.82	-180.00	-49.99	9.50
Contato	232	7.63	-10.36	-1.98	-179.95	-55.15	9.50
Hover	240	7.71	-7.27	2.29	-179.91	-48.50	9.50
Aproximação	241	7.71	-7.27	-0.59	-179.91	-48.50	9.50
Contato	242	7.71	-7.27	-1.84	-179.91	-48.50	9.50
Hover	250	9.27	-7.32	2.29	-179.97	-40.16	9.50
Aproximação	251	9.27	-7.32	-0.59	-179.97	-40.16	9.50
Contato	252	9.27	-7.32	-1.84	-179.97	-40.16	9.50
Hover	260	10.78	-7.40	2.29	-179.95	-37.84	9.50
Aproximação	261	10.79	-7.41	-0.59	-179.95	-37.84	9.50
Contato	262	10.79	-7.41	-1.84	-179.96	-37.84	9.50
Pontos sobre Área das Tampas							
Posição	Pontos	X	Y	Z	Pitch	Roll	Trans
Hover	310	8.11	-0.97	4.83	-178.14	-8.25	9.99
Aproximação	311	8.32	-0.99	-1.82	-178.16	-8.32	9.99
Contato	312	8.34	-0.99	-2.26	-178.17	-8.31	9.99
Hover	320	8.12	-0.97	4.83	-178.12	-8.24	9.99
Aproximação	321	8.32	-0.99	-1.84	-178.18	-8.28	9.99
Contato	322	8.35	-0.99	-2.46	-178.18	-8.31	9.99
Hover	330	8.11	-0.97	4.83	-178.16	-8.24	9.99
Aproximação	331	8.35	-1.00	-2.51	-178.20	-8.25	9.99
Contato	332	8.35	-0.99	-2.67	-178.21	-8.28	9.99
Pontos sobre Estação de Montagem							
Posição	Pontos	X	Y	Z	Pitch	Roll	Trans
Hover	410	8.44	10.51	1.00	-180.00	-88.18	24.36
Aproximação	411	8.12	10.46	-1.37	-180.14	-85.68	24.36
Contato	412	8.13	10.46	-2.45	-180.17	-85.74	24.36
Hover	420	8.32	9.71	0.63	-180.19	4.58	24.35
Aproximação	421	8.31	9.65	-1.36	-180.26	3.33	24.35
Contato	422	8.31	9.65	-1.60	-180.36	9.02	24.35
Hover	431	7.44	10.74	-1.28	-179.98	-80.72	24.35
Aproximação	432	7.54	10.62	-1.42	-179.99	9.49	24.35
Contato	433	7.78	10.64	-1.58	-180.04	-64.75	24.35
Hover	440	7.61	10.65	-1.70	-179.96	-85.97	24.35
Hover	441	8.02	10.32	0.86	-180.29	94.75	24.34
Aproximação	441	8.01	10.23	-1.04	-180.30	96.07	24.34
Aproximação	442	8.01	10.23	-1.17	-180.31	96.06	24.34
Aproximação	443	8.01	10.22	-1.53	-180.31	96.05	24.34
Aproximação	444	8.02	10.26	-0.96	-180.26	94.36	24.35
Aproximação	445	8.01	10.30	-0.99	-180.29	94.75	24.34
Contato	446	8.01	10.30	-1.65	-180.29	94.75	24.34
Hover	450	7.77	10.35	1.67	-180.02	94.66	24.35
Aproximação	451	7.98	10.58	-1.39	-180.04	94.55	24.35
Aproximação	452	7.79	10.35	-2.26	-180.06	94.64	24.35
Aproximação	453	-8.02	6.56	3.56	-179.93	-35.85	24.36
Aproximação	454	-8.43	1.70	0.96	-179.90	-14.82	24.35
Contato	455	-8.37	1.69	0.07	-179.91	-14.83	24.35
Pontos sobre Esteira							
Posição	Pontos	X	Y	Z	Pitch	Roll	Trans
Hover	560	-7.82	10.31	1.66	-179.99	94.60	24.35
Aproximação	561	-7.00	1.78	1.66	-180.05	160.66	24.35
Aproximação	562	-8.37	1.67	0.87	-180.05	162.19	24.35
Contato	563	-8.66	1.64	0.23	-180.05	164.07	24.35

5.6 – Escrever o programa

Após as etapas anteriores é possível esquematizar um fluxograma, apresentado na Figura 9, para escrever o programa. Basicamente, para mover de um ponto a outro, utiliza-se o comando *PMove*, sendo que, para mover do ponto de aproximação para um de contato é necessário que haja movimento linear, e para tal usa-se o comando *LMove*.

Figura 9 – Fluxograma do Programa do Robô



Fonte: Autoria Própria

A sub-rotina “Iniciar” consiste em capturar a data/hora do sistema; acender a sinalização indicativa de alerta de segurança; e mover o robô de modo que os *encoders* das juntas sejam zero, ou seja, posição denominada de HOME. Já a sub-rotina “Finalizar”, posiciona o robô em HOME; apaga as luzes de sinalização; e captura a data/hora do sistema, permitindo que possa ter com precisão o cálculo do tempo de execução da tarefa de montagem pelo robô.

VI. CONCLUSÃO

A utilização de robôs industriais na automação aumenta a robustez dos processos de fabricação, reduzindo a vulnerabilidade dos produtos manufaturados, sendo considerado um fator estratégico diante de cenários de intensa competição por fatias de mercado. Muitos países estão atentos e implementando novas unidades de robôs a cada ano, enquanto que o ritmo de instalação no Brasil é relativamente pequeno.

A programação de novas tarefas é um processo que demanda tempo e pessoal especializado. Este artigo procurou utilizar modelos em CAD 3D para auxiliar a fase de planejamento das etapas de programação objetivando facilitar o processo e reduzir o tempo associado. A operação de montagem programada neste artigo guardou relação de 135 vezes entre os tempos de programação e de execução.

Segundo Pan et al. (2010), a programação *on-line* de uma grande linha automotiva de soldagem a arco pode levar mais de 8 meses, enquanto o tempo de execução do processo é de 16 horas, ou seja, o tempo de programação é 360 vezes maior que o tempo execução.

O problema da programação é complexo e desafiador, pois além de demandar pessoal capacitado, pode sofrer influência significativa entre tarefas distintas, o que ressalta a importância de estudos nesta área.

Finalmente, cabe ressaltar a possibilidade de reaproveitamento do modelo desenvolvido em CAD 3D, no planejamento de outras tarefas que o FMS disponibiliza, além de permitir simular novos layouts.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATROL. **Flexible Manufacturing Systems**. 2. ed. [S.l.], 2009.
- DASSAULT, S. **Apostila de SolidWorks 2014**. Ed. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 2014.
- IFR. **Executive Summary World Robotics 2016 Industrial Robots**. Disponível em: <<http://www.ifr.org/downloads/>> - Acesso em 01/11/2016.
- FILIPE, Denis L.L. **Análise das técnicas de programação do robô Pegasus em operações de montagem de peças**. Projeto de Fim de Curso, IME, 2015.
- LUTTERS E. **Computer-Aided Design**. In: Laperrre L, Reinhart G, editors. CIRP Encyclopedia of Production Engineering. 2014.
- NOF, S. Y. **Handbook of Industrial Robotics**. 2nd. ed. John Wiley & Sons, 1999.
- PAN, Z. et al. Recent Progress on Programming Methods for Industrial Robots. **International Symposium on Robotics**, 2010.
- PEIXOTO, Pedro; RIBEIRO, Luiz. Metodologia para Modelagem em CAD 3D de Automóveis a partir de suas Vistas Ortogonais. **Revista Sodebras [on line]**. v. 11, n.129, Set./2016, p. 180-165. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N129.pdf>>. Acesso em 12 Out. 2016.
- SANTOS, F., SANTOS, R. e RIBEIRO, L. P. Fatores de influência da programação *on-line* no tempo de execução de uma tarefa realizada pelo robô Pegasus. **Revista Sodebras [on line]**. v. 11, n.129, Set./2016, p. 173-179. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N129.pdf>>. Acesso em 12 Out. 2016.
- SCIAVICCO, L.; SICILIANO, B. **Robotics: Modelling, Planning and Control**. Springer Verlag, 2008.
- SLACK, N. et al. **Administração da produção**. Atlas, 2002.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

OTIMIZAÇÃO DA POTÊNCIA CONSUMIDA EM UM IMPELIDOR DE PÁS INCLINADAS ATRAVÉS DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD)

CONSUMED POWER OPTIMIZATION IN A IMPELLER BLADES TILTED THROUGH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

FERNANDO RODRIGO MORO¹; ALEXANDRE MARCONI DE SOUZA DA COSTA¹
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

frmoro2@uem.br; amscosta@uem.br

Resumo - Um estudo de otimização da potência mecânica consumida foi realizado para um impelidor do tipo pás inclinadas em um tanque agitado, através da Fluidodinâmica Computacional (CFD) pelo uso do software CFX ANSYS 14.5, onde o mesmo resolve as equações de massa, quantidade de movimento, energia e modelos de turbulência pelo método de discretização de volumes finitos. O ângulo de pá que forneceu o maior bombeamento aliado ao menor uso de potência foi de 35°. Foram executadas várias simulações computacionais e foi construído um modelo experimental em que foi possível extrair os valores reais da potência mecânica consumida e confrontá-los com a potência simulada. Para o enriquecimento dos estudos de simulação computacional utilizou-se ainda o Método dos Elementos Discretos (DEM) no conjunto misturador proposto com o impelidor otimizado de 35°.

Palavras-chave: Potência. Otimização. Computacional.

Abstract - A mechanical power consumed optimization study was conducted for the type impeller blades inclined in a stirred tank, by Computational Fluid Dynamics (CFD), the software use CFX ANSYS 14.5, where resolves mass equations, momentum, energy and turbulence models, by discretization finite volume method. The blade angle that provided the largest pumping combined with less use of power was 35°. They were executed several computer simulations and it built an experimental model it was possible to extract the actual values of the consumed mechanical power and confronts them with the simulated power. To enrich the computer simulation studies still used the Discrete Element Method (DEM) the mixer together with the proposed optimized impeller 35 ° tilt of the blades, where appropriate reviews and qualitative validations were made.

Keywords: Power. Optimization. Computational.

I. INTRODUÇÃO

A otimização de um conjunto misturador impelidor consiste em atingir a melhor eficiência de agitação ou mistura, aliadas ao menor consumo de potência ou gastos de energia (FERNANDES; NUNHEZ; CEKINSKI, 2008). Será levado em consideração o objetivo para o qual este impelidor estaria sendo empregado, para o caso de suspensão de sólidos, um impelidor ótimo deve promover a suspensão completa ou a homogeneização da mistura usando um mínimo de energia (OLINO, 2010).

Agitação, mistura e secagem de materiais granulares são processos importantes, estando presentes em áreas tão

diversas como a produção de alimentos, farmacêutica tecnologia, biotecnologia, processamento de minerais, detergentes, carvão, aço e da indústria agroquímica. Misturadores industriais e secadores incluem misturadores de alto cisalhamento, leitos filtrantes agitados, reatores de leito fluidizado e tambores rotativos. Muitas vezes, protocolos de fabricação exigem a mistura de um lote para uma quantidade de tempo predefinida, tendo a necessidade de prever misturas em função de revoluções ou do tempo (RADL, *et al.*, 2010, adaptado).

O objetivo do presente estudo consiste (1) em encontrar o ângulo da pá do impelidor de pás inclinadas que forneça a melhor eficiência para o caso estudado, (2) extrair os resultados experimentais através de um modelo real e efetuar a validação dos resultados da potência simulada com a potência experimental, (3) comparar a movimentação simulada de partículas de 3 mm de diâmetro (no caso estudado foram utilizadas partículas de nylon) com a dispersão de partículas no experimento para o impelidor otimizado e (4) comparar simulação pelo método DEM com o experimento em meio apenas particulado.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

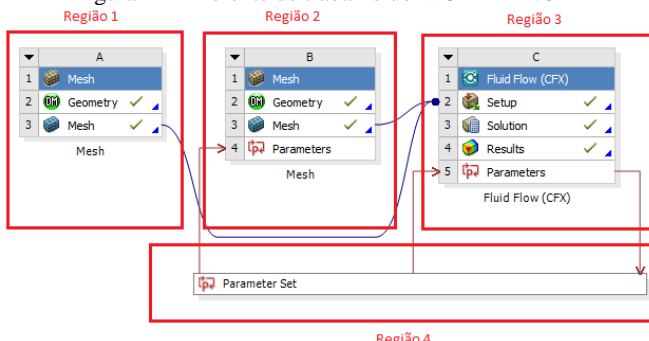
Para atingir os dois primeiros objetivos (denominados Caso1 e Caso2), as simulações e validações foram realizadas somente com água. E para atender o terceiro objetivo (Caso 3), adicionou-se 1000 (mil) esferas de nylon com 3mm de diâmetro e densidade $\rho=1060\text{kg/m}^3$ (tais esferas de nylon atuaram como as partículas sólidas para o Caso 3).

Para o desenvolvimento das análise computacionais foi utilizado o método da Fluido Dinâmica Computacionais (CFD) através do software ANSYS CFX 14.5. Este é um software comercial de propósito geral com pacote que resolve as equações de Navier-Stokes através de um solver acoplado a técnica de discretização conhecida como Volumes Finitos (AUBIN; XUEREB, 2006, adaptado), em que através desta técnica é que serão resolvidas as equações de balanço de massa, quantidade de movimento, energia e modelos de turbulência. O modelo de turbulência utilizado nas simulações consiste no modelo *Shear Stress Transport* (SST), pois o mesmo faz uma relação matemática entre os modelos $k-\varepsilon$ (modelo cuja região de interesse encontra-se

em fluxo de corrente livre – no caso estudado regiões internas ao tanque) e $k-w$ (modelo cuja a região de interesse encontra-se próxima a paredes – no caso estudado são as regiões próximas as paredes do impelidor e das paredes do tanque agitado). O uso do modelo SST ainda acabou por ser efetivado após se observar o seu uso em casos de estudos similares de Spogis e Nunhez (2007).

Internamente ao software ANSYS 14.5 há uma sequência de passos até o resultado final das simulações. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é possível observar um fluxograma representando todos os passos internos do ANSYS 14.5 para se chegar a simulação final. O ambiente onde o fluxograma é representado é conhecido como WORKBENCH e se destacam os softwares internos, DesignModeler (onde serão definidas as geometrias do problema), ANSYS MESH (ambiente responsável pela elaboração da malha para a aplicação da técnica de volumes finitos), FLUID FLOW CFX (ambiente onde são alocadas as condições de contorno, tais como aceleração da gravidade, tipo do fluido, paredes do problema e rotações das pás do impelidor), SOLUTION (ambiente onde serão resolvidas as equações de balanço de massa, quantidade de movimento, energia e modelos de turbulência), RESULTS CFX (ambiente responsável pela visualização dos resultados) e por fim PARAMETERS (ambiente do ANSYS WORKBENCH responsável pela parametrização dos resultados, onde é possível alimentar a variável de entrada, no caso a inclinação das pás e obter a variável de resposta como a potência mecânica necessária para a movimentação do impelidor).

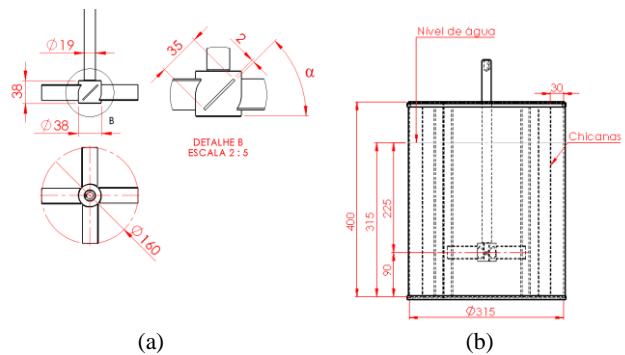
Figura 1 - Ambiente de trabalho do WORKBENCH



Fonte: Autores

Por questões de simplificação no desenvolvimento da geometria a ser estudada internamente no ambiente do software DesignModeler optou-se separar o problema em dois domínios, sendo um o domínio do impelidor e o outro o domínio do tanque agitado. Observa-se a geometria estudada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** onde há em (a) a representação do impelidor de pás inclinadas e o ângulo α que é a variável de interesse a ser estudada e o diâmetro do impelidor de $\varnothing 160\text{mm}$ e largura da pá de 35mm , em (b) há a geometria do tanque agitado com o uso de 4 chicanes laterais de 30mm de largura e diâmetro do tanque de $\varnothing 315\text{mm}$, destaca-se ainda a altura da água no tanque que foi de 315mm . Todas as dimensões respeitam as relações matemáticas estipuladas por Cekinski, Nunhez e Urenha (2007).

Figura 2 - Geometria estudada do impelidor e do tanque.



Nota: (a) geometria do impelidor. (b) geometria do tanque.

Fonte: Autores

Algumas relações matemáticas importantes que foram aplicadas no campo resultadas seguem apresentadas nas Equações (1), (2) e (3). Onde em (1) N_{PO} representa o número de potência, P_m é a potência mecânica necessária para a movimentação do impelidor, ρ é a densidade do fluido de estudo, N a rotação do impelidor e D o diâmetro do impelidor. Em (2) tem o N_{BO} que é o número de bombeamento, que consiste em uma relação entre \dot{Q} que é a vazão do fluido através de um plano central cortante ao impelidor e de mesmo diâmetro do impelidor por N e D elevados a terceira e quinta potência respectivamente. E (3) é o número de consumo que nada mais é que uma relação entre N_{BO} e N_{PO} .

$$N_{PO} = \frac{P_m}{\rho N^3 D^5} \quad (1)$$

$$N_{BO} = \frac{\dot{Q}}{ND^3} \quad (2)$$

$$\text{Consumo} = \frac{N_{BO}}{N_{PO}} \quad (3)$$

Após as devidas simulações foi construído um modelo físico do caso estudado para a validação experimental do problema. O tanque foi construído em acrílico para uma melhor visualização do comportamento das partículas de Nylon, a rotação foi controlada e variada através do inversor de frequência da marca WEG e modelo CFW080026S2024PSZ e os dados do torque necessário para a movimentação do impelidor no tanque agitado foram extraída através do torquímetro axial da marca KING TONY de modelo 34111-2DG. O torque experimental é uma informação importante uma vez que é através deste que se encontra a potência mecânica necessária para movimentar o impelidor no tanque agitado.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

SIMULAÇÃO CFD: Segue resultados das potências, número de potência, número de bombeamento, torque e eficiência para as simulações com a rotação fixa em 400RPM somente com água (caso 1) para diferentes ângulos de pás e também para a condição de ângulo de pá fixa a 45° com diferentes faixas de rotações e somente com água (caso

2) e por fim a simulação com partículas esféricas e água em uma pá de 35°(caso 3). Tais resultados das simulações confrontados com os dados experimentais, irão validar as simulações geradas.

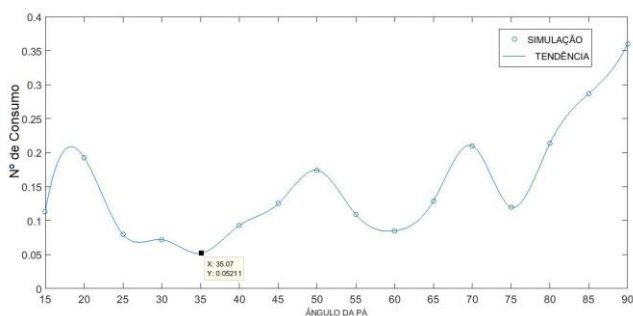
Caso 1 – Rotação fixa em 400RPM somente com água: Os valores da potência mecânica e do Torque para cada ângulo de pá seguem apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, porém existem alguns números adimensionais que também devem ser considerados. Segundo SPOGIS e NUNHEZ (2007) para o estudo de tanques agitados existe uma série de números adimensionais que podem ser associados. Dentre os principais utilizou-se o número de bombeamento N_{BO} , o Número de potência N_{po} e o número de Consumo que seguem representados nas Equações (1), (2) e (3).

Tabela 1 – Resultados da simulação Caso 1

Ângulo da pá	Torque de simulação (N.m)	Potência simulação (W)	Vazão ($m^3 s^{-1}$)	Npo	Nbo	Consumo
15	0,3400	14,450	0,001438	0,467	0,053	0,113
20	0,4421	18,520	0,003157	0,598	0,116	0,193
30	1,1800	49,460	0,003128	1,597	0,115	0,072
35	1,5110	63,292	0,002922	2,044	0,107	0,052
45	2,1100	88,190	0,009719	2,848	0,356	0,125
65	1,9698	82,509	0,009357	2,664	0,343	0,129
75	3,5100	147,230	0,015586	4,755	0,571	0,120
90	2,5131	105,270	0,033396	3,399	1,224	0,360

Após a coleta de dados das simulações que estão representados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, foi possível gerar uma curva de tendência que segue representada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Erro! Fonte de referência não encontrada., confrontando o Consumo com a inclinação das pás.

Figura 3 - Linha de tendência da eficiência simulada pelo ângulo da pá.

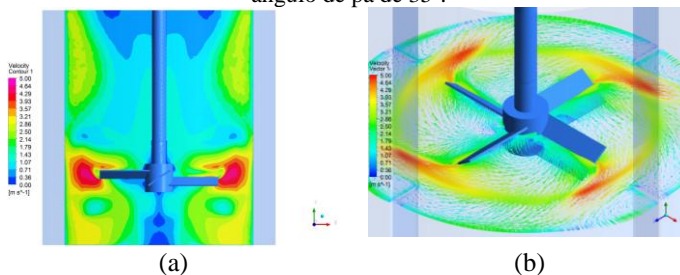


Fonte: Autores.

O impelidor que apresentou um menor número de consumo na simulação, possui o ângulo de pás de 35°, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.** No campo ambiente de resultados do *ANSYS RESULT* é

possível observar o campo de velocidades do fluido como segue na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 4 - Campo de velocidades - 400RPM somente água e ângulo de pá de 35°.



Nota: Em (a) campo de velocidades do fluido em um plano central, já em (b) vista isométrica de um campo de vetores representando a velocidade do fluido no plano cortante ao impelidor. O Impelidor otimizado de 35°. Velocidade máxima fixa em 5m/s (em vermelho). Fonte: Autores.

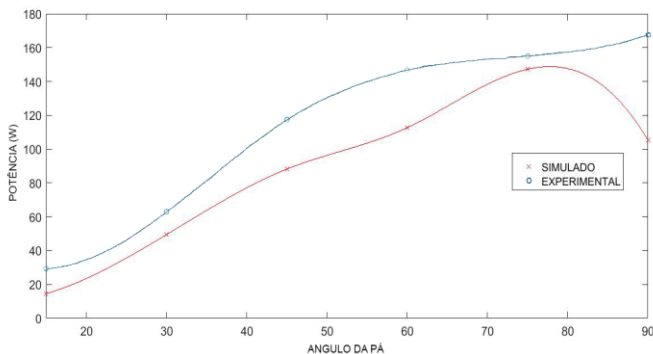
VALIDAÇÃO DAS SIMULAÇÕES ATRAVÉS DE TESTES EXPERIMENTAIS: Para efeito de validação das potências encontradas através da simulação do caso 1 onde o tanque agitado continha apenas água foram construídas 6 pás com as inclinações de 15°, 30°, 45°, 60°, 75° e 90° e posteriormente foram extraídos os torques pelo torquímtero axial KING TONY modelo 34111-2DG. Segue na Tabela 1 o torque experimental encontrado e a potência mecânica calculada.

Tabela 1 – Tabela de potência experimental e simulada para 400RPM

Ângulo da pá	Experimental		Simulado
	Torque (N.m)	Potência (W)	Potência (W)
15	0,7	29,32	14,45
30	1,5	62,83	49,46
45	2,8	117,28	88,19
60	3,5	146,60	112,68
75	3,7	154,98	147,23
90	4,0	167,55	105,27

Para uma melhor compreensão dos dados da Tabela 1, gerou-se as curvas experimental e de simulação para as potências encontradas, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Ao se interpretar observa-se que a curva experimental segue um padrão similar a curva simulada na região de 15° a 80° porém com um certo deslocamento superior. Este deslocamento da curva experimental pode indicar perdas mecânicas no conjunto cubo e eixo do impelidor impulsionando a curva experimental para cima da curva simulada. Pelas observações acima feitas considerou-se os resultados das simulações satisfatórios para as angulações de 15° a 80°.

Figura 5 - Curvas potência experimental e simulada para o caso 1.



Fonte: Autores.

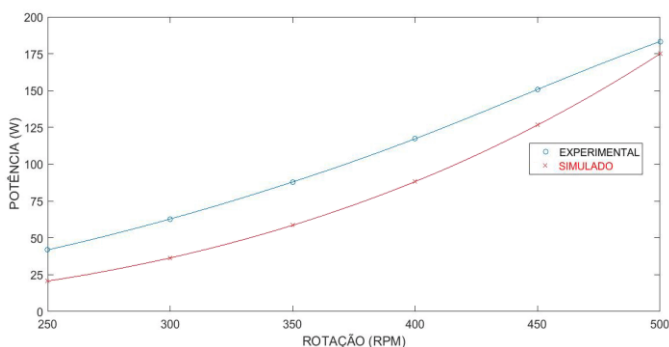
Caso 2 – Ângulo de pá de 45° (somente com água): Para efeito de validação das potências encontradas através da simulação do Caso 2 onde o tanque agitado continha apenas água foram utilizadas as faixas de rotação de 250RPM, 300RPM, 350RPM, 400RPM, 450RPM e 500RPM em uma única inclinação de pá de 45°. Posteriormente foram extraídos os torques pelo torquímeter axial KING TONY modelo 34111-2DG. Segue na Tabela 3 o torque experimental encontrado e a potência mecânica calculada.

Tabela 3 - Tabela de potência experimental e simulada para pá de 45°.

Rotação (RPM)	Experimental		Simulado
	Torque (N.m)	Potência (W)	Potência (W)
250	1,6	41,88	20,71
300	2,0	62,83	36,41
350	2,4	87,97	58,57
400	2,8	117,28	88,19
450	3,2	150,78	126,64
500	3,5	183,26	174,93

Segue representado na Figura 1 as curvas experimental e simulada referente aos dados da Tabela 3. Nesta curva de validação observa-se uma estreita semelhança entre a curva experimental e a curva simulada. Novamente assim como no caso 1 a curva experimental ficou deslocada para cima da curva simulada, reforçando ainda mais a ideia de perdas mecânicas no conjunto do cubo experimental.

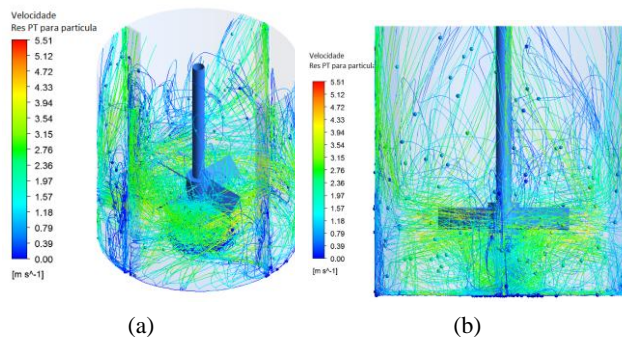
Figura 1 – Curva potência.



Fonte: Autores.

Caso 3 - Partículas sólidas e água: Nas condições de contorno foi estabelecido o regime transiente para um tempo de 20s de simulação para a visualização do percurso gerado pelas partículas sólidas. Na Figura 2 (a) e (b) podemos visualizar o caminho gerado pelas partículas em um instante de 20s de simulação.

Figura 2 – Simulação do caminho provável das partículas.



Nota: Em (a) temos uma vista isométrica e em (b) uma vista frontal das simulações com partículas de Nylon de 3 mm de diâmetro.

Fonte: Autores.

Figura 8 – Junção das partículas experimento e simulação.



Nota: Junção das do movimento simulado com o experimental das partículas sólidas. Fonte: Autores

A potência mecânica simulada necessária para movimentar o impelidor otimizado de 35° no caso 3 foi de 58,26W e a experimental foi de 71,63W, e novamente a potência experimental mostrou-se superior a potência simulada como observado nas curvas de validação nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 1.

Na etapa de validação da simulação com partículas e com o impelidor otimizado de 35°, executou-se um ensaio no misturador experimental e buscou-se uma validação empírica da dispersão das partículas encontradas no experimento e na simulação. Na Figura 8 temos a visualização da dispersão das partículas de nylon no tanque agitado, a dispersão das partículas na simulação e a junção do movimento das partículas simuladas com o movimento das partículas do experimento.

IV. CONCLUSÕES

O presente estudo cumpriu seus objetivos propostos em que o ângulo da pá do impelidor de melhor eficiência foi encontrado e corresponde a 35° em que obteve um menor número de consumo pelo ângulo da pá, ou seja a melhor

relação de consumo de potência mecânica para a movimentação das pás do impelidor por uma maior movimentação do fluido a ser agitado. Obtendo assim o impelidor de maior eficiência através do ângulo de pá otimizado.

A bancada experimental foi construída e os resultados foram devidamente extraídos e as validações foram efetuadas através do confronto entre valores simulados pelos experimentais, após se confrontar as curvas simuladas pelas experimentais fica evidente a proximidade dos resultados das simulações com os experimentais. E por fim foram confrontadas as movimentações das partículas simuladas com a dispersão das partículas no experimento no caso do impelidor otimizado para uma validação qualitativa.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUBIN, Joelle; XUEREB, Catherine. **Design of multiple impeller stirred tanks for the mixing of highly viscous fluids using CFD**. ELSEVIER 61 - Laboratoire de Génie Chimique, UMR CNRS 5503, 5 rue Paulin Talabot, BP-1301, 31106 Toulouse Cedex 1, France (2006) 2913-2920

ANSYS 14.5 HELP, **Ansys basic documents fluid flow**. Ansys Inc ©2012.

CEKINSKI C. F. J., E. NUNHEZ, J. R. URENHA, L. C. **Agitação e Mistura Na Indústria**. Rio de Janeiro, Rj 2007.

CONSOL MODULES, **Flow across a Cylinder**. Disponível em:

<<http://www.rpi.edu/dept/chemeng/WWW/faculty/plawsky/Comsol%20Modules/CylinderTransient/Ch13CylinderTime.html>>. Acesso em 19/10/2015, 21:37.

ESSS ANSYS 14.5. **Introdução à qualidade de malha**. Disponível em:

< http://www.esss.com.br/biblioteca_virtual.php > . Acesso em: 09/09/15, 15:00

ESSS CONFERENCE. **ESSS Conference & ANSYS user meeting – CFD in Agitation and Mixing Key of Success**. São Paulo, Sp. 2015.

FERNANDES, Celso; NUNHEZ, José; CEKINSKI, Efraim. **Desenvolvimento e otimização de misturador estático com o uso da fluidodinâmica computacional (C.F.D.)**. Tese de doutorado. Campinas – SP 2008.

OLINO, Ana L. M. **Otimização do impelidor KPC utilizando fluidodinâmica computacional (CFD)**. Dissertação de mestrado, à Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

RADL, Stefan; KALVODA, Eva; GLASSER, Benjamin, J.; KHINAST, Johannes, G. **Mixing characteristics of wet granular matter in a bladed mixer**. Elsevier (2010) 171-189.

SPOGIS N., NUNHEZ J. R., **Desenvolvimento de um Impelidor de Alta Eficiência Através da Dinâmica dos Fluidos Computacional e Otimização Multi-objetivo**. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

PONTES PÊNSEIS – BREVE HISTÓRICO E ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PRINCIPAIS

SUSPENSION BRIDGES – HISTORY AND STUDY OF MAIN CABLES DESIGN

GUILHERME DE MELLO HERNANDEZ¹; RODRIGO BIRD BURGOS¹
1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ)

gmhernandez_5@hotmail.com; rburgos@eng.uerj.br

Resumo – Os primeiros homens que habitaram a terra tiveram que buscar maneiras de sobreviver. Para isso, observaram o ambiente para usá-lo a seu favor. Para transpor os obstáculos foram concebidas as pontes, com o objetivo de atravessar rios de uma margem à outra com segurança. Ao longo do tempo, as pontes foram sendo aperfeiçoadas pelos pesquisadores e engenheiros, buscando aumentar seus vãos para vencer grandes distâncias, com o surgimento de novas tecnologias e materiais, sempre na busca de economia, funcionalidade, segurança e estética. Este trabalho tem seu foco em pontes pênséis, um subtipo de pontes suspensas, sobre as quais será um breve histórico. Posteriormente, será feita uma simulação do dimensionamento dos cabos principais de uma ponte pênsil hipotética.

Palavras-chave: História das pontes. Pontes pênséis. Dimensionamento de cabos.

Abstract - The first men who inhabited the earth had to find ways to survive, and one way was to observe the environment in order to use it to your advantage. To overcome the obstacles, bridges were conceived in order to cross rivers from one margin to another safely. Over time, the bridges have improved and increased their porthole, with the advent of new technologies and materials, always in search of economy, functionality, safety and aesthetics. This work will approach suspension bridges, giving a brief historical background of this kind of structure. Finally, a simulation of the design of the main cables of a hypothetical suspension bridge is presented.

Keywords: Bridges history. Suspension bridges. Cables design.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do homem extrapolou uma questão anatômica do corpo, passando também por uma evolução cultural, com a qual o homem buscava outras maneiras de aperfeiçoar seu feito: o trabalho (BRONOWSKI, 1973). Durante a Pré-História, também conhecida como Era Primitiva, ocorreram evolutivamente o processo de transformações sofridas pelos primeiros homens que habitavam a Terra. Esse processo evolutivo se deu não apenas na aparência física do homem, mas também em seu comportamento de sobrevivência e adaptação ao meio ambiente.

Assim, a adaptação ao meio e as maneiras de organização do trabalho para sobreviver fizeram do homem um ser mais evoluído perante aos outros seres vivos. Um exemplo de adaptação são os nômades que usavam dessa

prática na exploração do meio ambiente. Eles migravam de região em região, por diferentes territórios, usando todos os recursos presentes até chegar à exaustão. À medida que os recursos naturais se esgotavam, eles partiam para outras regiões em busca de novos meios sobrevivência.

Diante da dificuldade em explorar novos ambientes, os nômades começaram a utilizar artimanhas que a natureza oferecia para superar os obstáculos, como é o caso dos troncos de árvores e pedras que ajudavam a trilhar o caminho de uma margem à outra de um rio.

A partir dessa ajuda da natureza, os nômades descobriram que poderiam tê-la como aliada e passaram a fazer bom uso dela. Começou, então, a surgir a ideia da construção de pontes, que inicialmente consistia em observar o entorno do obstáculo a ser atravessado em busca de ferramentas que pudessem auxiliar no atravessar de uma margem a outra.

O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um estudo sobre as pontes pênséis, focando realizar uma análise reflexiva da temática buscando ampliar os conhecimentos sobre o tema, simular o dimensionamento dos cabos principais de uma determinada ponte pênsil e identificar as possíveis escolhas necessárias para a composição de uma ponte pênsil.

II. BREVE HISTÓRICO SOBRE AS PONTES PÊNSEIS

As pontes suspensas em que os cabos foram utilizados com a função de tabuleiro e apenas pessoas podiam passar por cima do mesmo, são consideradas pontes suspensas primitivas, independentemente dos materiais utilizados e da forma do esquema estrutural.

Para as pontes suspensas primitivas passarem a ser consideradas pontes suspensas modernas, foram necessárias modificações para possibilitar o tráfego de veículos. Primeiro, o tabuleiro não devia ser utilizado como catenária e sim como um componente plano. Segundo, para evitar deflexões excessivas, era necessário certo grau de rigidez.

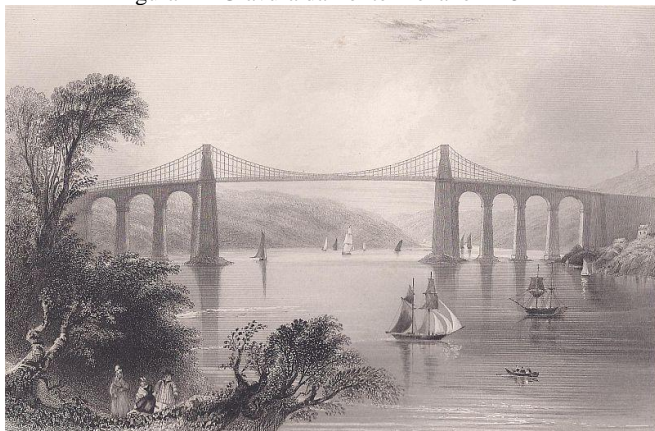
Segundo Kawada (2010), a primeira ponte suspensa que conseguiu criar tais condições foi construída em 1801 na Pensilvânia, Estados Unidos, por James Finley, que é considerado o inventor das pontes pênséis. Sua primeira ponte recebeu o nome de Jacob Creek, com as seguintes características: 21m de vão, 3,8m de largura e garantia de 50 anos de uso. Esta ponte foi um marco, pois pela primeira vez foi possível suportar carruagens puxadas por cavalos e

pedestres. Seus cabos principais eram separados por um tabuleiro. Finley listou cinco inovações que foram utilizadas em sua ponte, a saber:

- instalação de ancoragens e torres;
- separação dos cabos principais do tabuleiro;
- uso de ângulos idênticos formados pelos cabos principais e o topo das torres;
- uso de estais suspensos que se estendem pelos cabos principais;
- fixação do tabuleiro através de cabos de suspensão (estais).

O próximo engenheiro que marcou a história das pontes pênséis foi Thomas Telford, construtor da Ponte Menai, situada entre a ilha de Anglesey e o continente de Gales, mostrada na Figura 1. Sua construção começou em 1819, com torres em ambos os lados do estreito. Estas foram construídas com calcário vindo de Penmon e eram ocas com paredes internas cruzadas. Depois vieram 16 amarras, cada uma composta de 935 barras de ferro que sustentavam tabuleiro de 168 m de vão e 1,22 m de largura. Para evitar a ferrugem entre fabricação e uso, o ferro foi embebido em óleo de linhaça e depois pintado.

Figura 1 – Gravura da Ponte Menai em 1841



Fonte: <http://www.anglesey-history.co.uk>, 2016.

2.1 – Pontes pênséis no Brasil

No Brasil, a primeira ponte pênsil, a de Caxangá, localizada em Recife, no Estado de Pernambuco, foi construída sobre o Rio Capibaribe, na antiga estrada de Paudalho. Com vão de aproximadamente 60 m e largura de 5,50 m, era composta por dois arcos na base e nas fundações foram utilizadas madeiras aproveitadas de outras pontes revestidas com argamassa à base de cal. A obra se mostrava urgente e necessária para facilitar o transporte e a exportação de gêneros alimentícios, principalmente o açúcar, pelo porto do Recife, melhorando, dessa forma, a comunicação entre o litoral de Pernambuco e a zona da Mata Norte e o Sertão. Iniciada logo após a conclusão do projeto, em 1842, foi concluída em 1845, após vários problemas com operários, com a qualidade de material empregado e a falta de verbas. Foi destruída em 1869, devido a uma enchente no rio Capibaribe.

A maior ponte pênsil no Brasil é a Ponte Hercílio Cruz (Figura 2), localizada em Florianópolis (SC). O projeto foi de autoria dos engenheiros norte-americanos Robinson e Steinman e todo o material utilizado foi produzido nos Estados Unidos, tendo sido construída por equipe composta de 19 técnicos especializados e operários catarinenses. Em 1922 a obra foi iniciada e a ponte apresenta um

comprimento total de 819,5 m, com 259 m de viaduto insular, 339,5 m de vão central e 221 m de viaduto continental. A estrutura de aço tem o peso aproximado de 5.000 toneladas e os alicerces e pilares consumiram 14.250 m³ de concreto. Suas duas torres medem 75 m a partir do nível do mar e o vão central tem altura de 43 m. Além de ser uma ponte em estrutura metálica pênsil, tem como característica marcante a sua suspensão formada por correntes de barras de olhal, sendo a única no mundo com parte das barras compondo a corda superior da treliça de rigidez. O cabo principal é composto por quatro correntes de barras de olhal termicamente tratadas. A ponte foi construída com o objetivo de ligar a parte insular da capital do estado, na ilha de Santa Catarina, à sua parte continental, e visou substituir o antigo serviço de ligação por balsas. Foi inaugurada em 1926, resistindo aproximadamente 60 anos, quando teve sua primeira interdição, em 1982, devido ao aparecimento de trincas e corrosão.

Figura 2 - Ponte Pênsil Hercílio Cruz

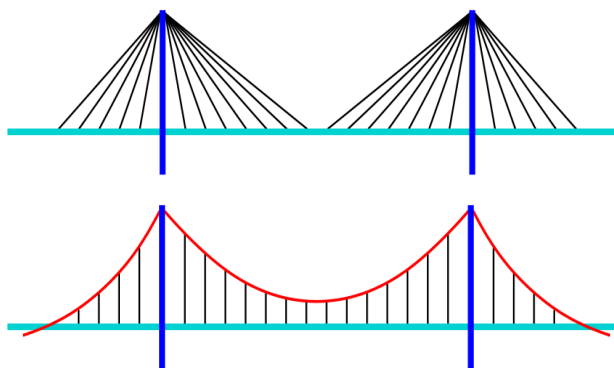


Fonte: Wikipédia, 2016.

III. CARACTERÍSTICAS DAS PONTES PÊNSEIS

As pontes suspensas são classificadas em dois tipos principais, como se pode observar na Figura 3: estaiada (acima) e pênsil (abaixo). Na figura, os trechos em vermelho estão sob tração e os trechos em azul sob compressão. Nos dois casos, os cabos marcados em preto são denominados estais.

Figura 3 – Tipos de pontes suspensas



Fonte: Wikipédia, 2016.

A ponte pênsil é reconhecida por seu formato de M alongado. Seu sistema estrutural tem os seguintes

componentes: tabuleiro, pendurais (estais verticais), torres (mastros), cabos e pilares. Geralmente, possui tabuleiro contínuo sustentado por vários cabos metálicos atirantados e ligados a cabos maiores que, por sua vez, ligam-se às torres, e às ancoragens, em forma de pendurais, os quais transmitem os esforços de tração. Os cabos comprimem as torres de sustentação, que transferem os esforços de compressão para as fundações.

Segundo Soriano (2007), essa concepção é mais comumente adotada para vencer vãos de 600m a 2100m. A Tabela 1 apresenta algumas pontes pênses do mundo com grandes vãos.

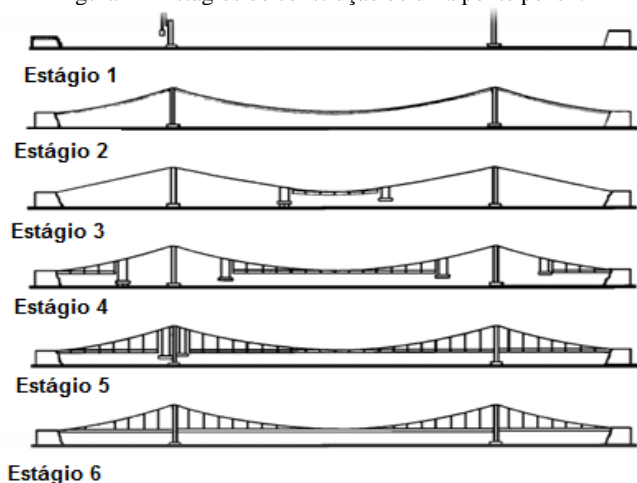
Tabela 1 – Pontes pênses e seus vãos principais.

Ponte	País	Vão principal
Akashi Kaikyo	Japão	1991 m
Xihoumen	China	1650 m
Great Belt East	Dinamarca	1624 m
Yi Sun-Sin	Coreia do Sul	1545 m
Nan Cha	China	1490 m
Humber	Reino Unido	1410 m
Jiangyin Yangtze	China	1385 m
Tsing Ma	China	1377 m
Hardanger	Noruega	1310 m
Verrazano Narrows	EUA	1298 m

O método construtivo mais usual das pontes pênses é dividido em seis estágios, conforme a Figura 4:

- construção das torres, pilares principais e blocos de ancoragem;
- instalação dos cabos principais;
- início da instalação das vigas enrijecidas partindo do meio do vão em direção as torres;
- instalação das vigas enrijecidas nos vãos laterais para reduzir os deslocamentos horizontais nos topos das torres;
- colocação das peças de fechamento das vigas com as torres;
- fechamento de todas as juntas que estavam abertas nas vigas enrijecidas.

Figura 4 – Estágios de construção de uma ponte pênsil.



Fonte: Stucchi, 2006.

IV. TEORIAS APLICADAS NAS PONTES PÊNSEIS

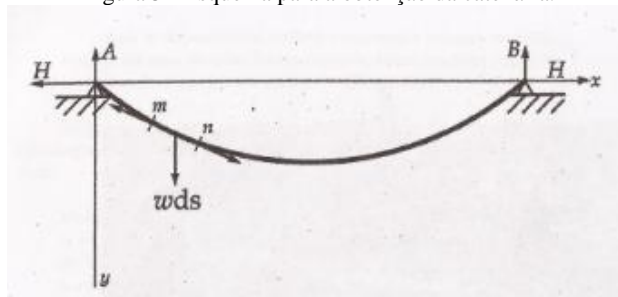
Como já mencionado, a ponte pênsil moderna foi concebida por James Finley, inventor e responsável por difundir tal modelo de ponte pelo mundo. No entanto, as primeiras pontes pênses foram construídas sem nenhum

estudo teórico, sendo este um dos motivos para os repetidos acidentes das mesmas.

A geometria dos cabos tracionados sempre foi um tema estudo interessante para os pesquisadores da antiguidade. No século XVII, Galileu Galilei especulou sobre a forma de um cabo suspenso pelas extremidades e a assemelhou a uma parábola.

Posteriormente, o matemático Jacob Bernoulli descreveu a geometria dos cabos como uma equação matemática, provando que a curva é uma catenária, não uma parábola como afirmava Galileu. A catenária é descrita por Talavera (2008) como “uma família de curvas planas semelhantes às que seriam geradas por uma corda suspensa pelas suas extremidades e sujeitas à ação da gravidade”. A figura 5 mostra a forma da catenária, onde w é o peso distribuído do cabo e H é o empuxo.

Figura 5 - Esquema para a obtenção da catenária.



Fonte: Kawada, 2010.

Já tendo conhecimento dos resultados de estudos anteriores, Navier (1823) descreveu um estudo detalhado sobre a teoria das pontes pênses. Ele voltou a considerar a geometria dos cabos como uma parábola, onde uma carga vertical uniformemente distribuída é aplicada. Com isso chegou à seguinte expressão para o empuxo, conforme a equação (1):

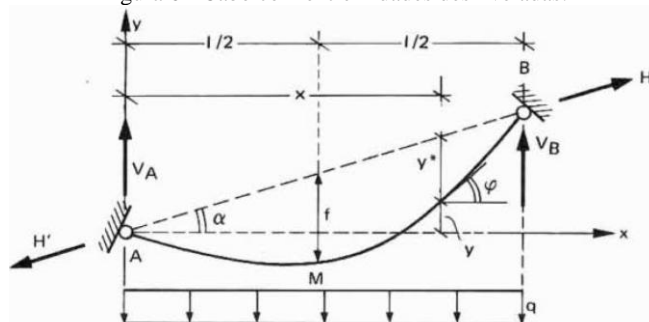
$$H = w l^2 / 8f, \quad (1)$$

onde, w é a carga distribuída, l é o comprimento do vão e f é a flecha gerada pelo cabo.

4.1 – Cabo em parábola

Para a parábola, considera-se um cabo suspenso pelas extremidades em níveis distintos, de forma a definir o ângulo α , e sob uma força vertical uniformemente distribuída q , como indicado na Figura 6. Para este cabo valem as equações que serão apresentadas abaixo (SUSSEKIND, 1987).

Figura 6 - Cabo com extremidades desniveladas.



Fonte: Sussekind, 1987.

A partir da flecha f , tem-se a equação (2):

$$f = y_{l/2}^* = \frac{M_s(L/2)}{H' \cos \alpha} = \frac{ql^2}{H' \cos \alpha} \quad (2)$$

A seguir, calcula-se o esforço de tração (N_s) numa seção genérica e escreve-se a equação (3):

$$N_s = \sqrt{(Q_s + H' \sin \alpha)^2 + (H' \cos \alpha)^2} \quad (3)$$

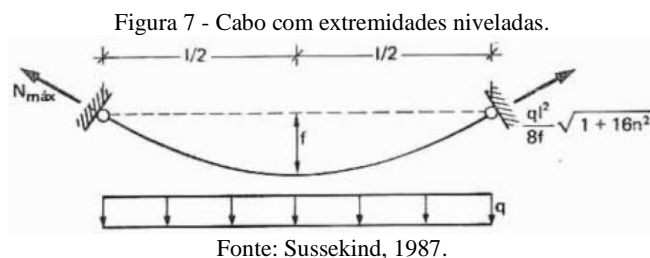
Para encontrar o esforço de tração máximo, deve-se aplicar a equação (3) em uma das extremidades do cabo ($x = 0$ ou $x = l$) e, utilizando o fator $n = f / l$, obtêm-se as equações (4) e (5):

$$N_s(0) = H' \cos \alpha \sqrt{1 + 16n^2 + \tan^2 \alpha - 8n \tan \alpha} \quad (4)$$

$$N_s(l) = H' \cos \alpha \sqrt{1 + 16n^2 + \tan^2 \alpha + 8n \tan \alpha} \quad (5)$$

No caso em que os cabos não estão desnivelados tem-se $\alpha = 0$, como mostrado na Figura 7, o que leva à equação (6):

$$N_{\max} = H' \sqrt{1 + 16n^2} = \frac{ql^2}{8f} \sqrt{1 + 16n^2} \quad (6)$$



Posteriormente ao esforço de tração, deve-se calcular o comprimento do cabo, pois é necessário saber o quanto do mesmo será utilizado. Para isso, utiliza-se a equação (7):

$$L = \int_0^l \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \quad (7)$$

Para a solução desta integral é necessário utilizar uma integração numérica para a qual uma boa aproximação é dada pela equação (8):

$$L \approx \frac{l}{\cos \alpha} \left(1 + \frac{8}{3} n^2 \cos^4 \alpha\right) \quad (8)$$

Para o caso em que os cabos estão no mesmo nível, $\alpha = 0$, o comprimento é dado pela equação (9):

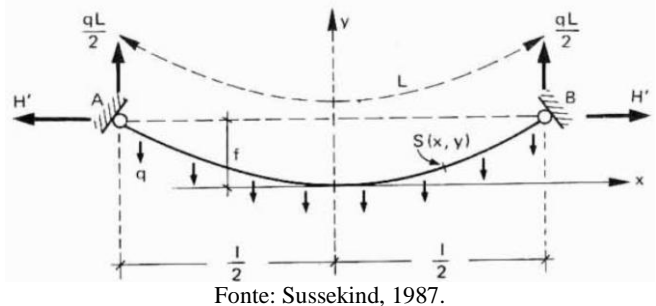
$$L \approx l \left(1 + \frac{8}{3} n^2\right) \quad (9)$$

4.2 – Cabo em catenária

Será analisado um cabo suspenso pelas extremidades em um mesmo nível e sob força vertical distribuída segundo seu comprimento. Este é um caso particular, pois facilita as

expressões quando comparadas às de um cabo suspenso em níveis diferentes. Adotando a origem como o ponto de máximo da catenária (Figura 8), obtêm-se as expressões que serão apresentadas abaixo, nas equações (10) e (11).

Figura 8 - Cabo em catenária nivelado.



$$N_{\max} = \sqrt{(H')^2 + \left(\frac{ql}{2}\right)^2} \quad (10)$$

$$L = 2 \frac{H'}{q} \sinh\left(\frac{ql}{2H'}\right) \quad (11)$$

V. DIMENSIONAMENTO DOS CABOS PRINCIPAIS

Nesta seção será feito um ensaio do dimensionamento dos cabos principais de uma ponte pênsil, usando como base as fórmulas apresentadas na seção anterior. Será adotado o esquema longitudinal da Figura 9, que apresenta as medidas de projeto da Ponte George Washington que fica sobre o rio Hudson, ligando Nova York a Nova Jersey. Para o dimensionamento, será estabelecida uma carga total de 570 kN/m. Os cabos são contínuos e podem deslizar sem atrito nos topos das torres, com a condição de não haver esforço cortante, o que acarreta a igualdade do empuxo em ambos os lados. Por simetria estabelece-se a condição de que ocorra a mesma inclinação em ambos os lados da torre, como mostrado na Figura 10. Para realizar esse dimensionamento, utiliza-se o catálogo da CIMAF (2016) que orienta a escolha do cabo.

Figura 9 - Esquema dos cabos principais da ponte pênsil.

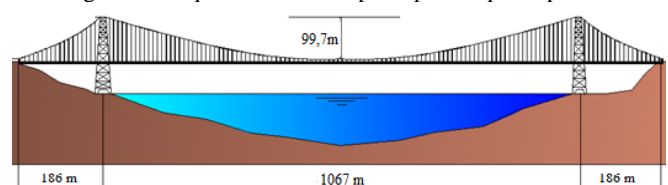
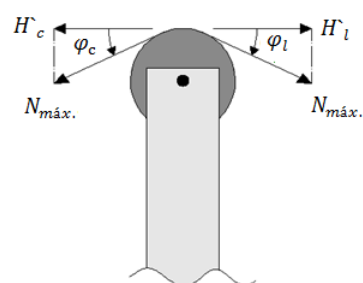


Figura 10 - Condição de suporte dos cabos principais.



A partir do valor da flecha do vão central, $f_c = 99,7$ m, determina-se o empuxo pela equação (12):

$$H'_c = H'_l = \frac{ql^2}{8f} = \frac{570 \times 1067^2}{8 \times 99,7} = 8,1361 \times 10^5 \text{ kN} \quad (12)$$

A seguir será calculado o esforço de tração máximo pela equação (13):

$$N_{\max} = 8,1361 \times 10^5 \sqrt{1 + 16 \times 0,1^2} = 8,7628 \times 10^5 \text{ kN} \quad (13)$$

Com o esforço de tração máximo já calculado, de 876.280 kN, adota-se o cabo de aço classe de alma cheia 6x36, EEIPS, de diâmetro nominal de 76,20 mm, massa de aproximadamente 24,549 kg/m, carga de ruptura de 4372 kN e o módulo de elasticidade médio de 100 GPa. Os dados foram retirados do catálogo da CIMAF (2016), como pode ser visto na Figura 11. Foi adotado um fator de segurança igual a 3. Serão utilizados 602 cabos dessa classe para resistir ao esforço máximo (301 cabos de cada lado da ponte).

Figura 11 - Dados do cabo – Catálogo CIMAF.

Classe 6 x 36 - Alma de Aço ¹						
	Diâmetro		Massa Aprox. (kg/m)	Carga de Ruptura Mínima (tf)		
	mm	pol.		IPS	EIPS	EEIPS
6x36 Warrington-Seale 1+7+(7+7)+14	6,4	1/4"	0,173	2,70	3,10	-
	8,0	5/16"	0,266	4,15	4,79	-
	9,5	3/8"	0,399	5,96	6,86	-
	11,5	7/16"	0,538	8,10	9,30	-
	13,0	1/2"	0,695	10,50	12,10	-
	14,5	9/16"	0,879	13,20	15,20	-
	16,0	5/8"	1,044	16,20	18,70	-
	19,0	3/4"	1,520	23,40	26,80	-
	22,0	7/8"	2,073	31,80	36,10	-
	26,0	1"	2,610	41,50	47,00	-
6x41 Warrington-Seale 1+8+(8+8)+16	29,0	1.1/8"	3,456	52,50	59,00	-
	32,0	1.1/4"	4,230	64,80	72,60	-
	35,0	1.3/8"	5,086	78,40	87,20	-
	38,0	1.1/2"	5,918	93,30	103,30	-
	42,0	1.5/8"	7,368	-	122,00	-
	45,0	1.3/4"	8,387	-	141,00	-
	52,0	2"	11,159	-	183,70	-
	57,2	2.1/4"	13,821	-	232,50	-
	63,5	2.1/2"	16,980	-	274,00	301,00
	69,9	2.3/4"	19,166	-	333,10	360,00
6x47 Warrington-Seale 1+6/8+(8+8)+16	76,2	3"	24,549	-	389,00	437,20
	85,7	3.3/8"	29,744	-	487,00	529,00
	95,3	3.3/4"	37,606	-	585,00	640,00
	102,0	4"	44,000	-	595,00	647,00
	108,0	4.1/4"	46,919	-	667,00	725,10

Fonte: <http://www.cimaf.com.br>, 2016.

Os resultados obtidos nos dimensionamento dos cabos para a parábola e para a catenária serão apresentados de forma resumida na Tabela 2. Para o cálculo foram utilizadas as equações (6), (9), (10) e (11).

Tabela 2 – Comparação entre catenária e parábola.

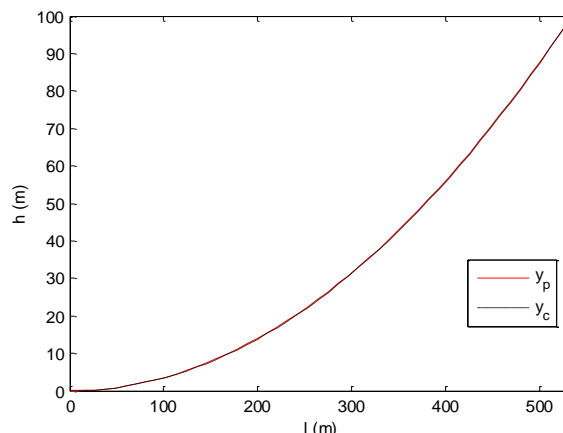
	N_{\max} (kN)	L (m)
Catenária	$8,7990 \times 10^5$	1091,0
Parábola	$8,7628 \times 10^5$	1095,5

A comparação entre os dois modelos de cálculo (catenária e parábola) mostram que a diferença entre os valores de esforço normal máximo e comprimento do cabo é muito pequena.

A Figura 12 apresenta as curvas y_c (catenária) e y_p , (parábola) mostrando que os resultados obtidos são, de fato, muito próximos, indistinguíveis a olho nu. Para facilitar a

visualização e devido à simetria foi mostrada apenas metade das curvas. Além disso, a escala do gráfico foi ajustada também para facilitar a visualização.

Figura 12 - Gráfico das curvas y_c (catenária) e y_p , (parábola).



Fonte: O autor, 2014.

VI. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo realizar um estudo sobre as pontes pênses, sua história, geometria e executar um pré-dimensionamento de seus cabos principais.

O tema é pouco encontrado na literatura brasileira, apesar de termos estruturas deste tipo de ponte no Brasil, embora sejam pontes antigas. Atualmente, estão sendo bastante utilizadas as pontes estaiadas, como as recentes obras de arte na cidade de São Paulo e do Rio de Janeiro. Na literatura mundial é possível encontrar material sobre esse assunto com facilidade.

Sobre o dimensionamento dos cabos por meio de parábolas, encontra-se na literatura que para o vão central deve-se adotar a razão entre a flecha e o vão igual a 0,1, o que condiz com o dimensionamento feito.

A análise de um cabo em parábola é mais simples do que em catenária, pois a última envolve funções hiperbólicas que dificultam a resolução das equações. Com a utilização de programas de álgebra simbólica este problema pode ser solucionado facilmente. Quanto menor a relação f/l , menores serão as diferenças entre as configurações, como foi o caso.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLESEY HISTORY. Figura 1. Disponível em: <http://www.angleseyhistory.co.uk>. Acesso em 11 out 2016.
- BRONOWSKI, Jacob. **The Common Sense of Science**. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1967.
- CIMAF, Catálogo de Cabos de Aço. Figura 11. Disponível em: <http://www.cimaf.com.br>, Acesso em 12 out 2016.
- HERNANDEZ, Guilherme de Mello. **Pontes Pênses – História, Geometria e Pré-dimensionamento dos Cabos Principais**. Projeto Final da Faculdade de Engenharia, FEN, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, 2014.
- KAWADA, Tadaki. **History of Modern Suspension Bridge**. ASCE Press, 2010.
- NAVIER, Claude Louis Marie Henri. **Rapport et Mémoire sur les Ponts Suspendus**. Imprimerie Royale. Paris, 1823.

SORIANO, Humberto Lima. **Estática das estruturas**. Ed. Ciência Moderna, 2007.

STUCCHI, Fernando Rebouças. **Pontes e Grandes Estruturas**. Notas de aula, USP, São Paulo, SP, 2006.

SUSSEKIND, José Carlos. **Curso de análise estrutural, Vol. III**, Editora Globo, 7ª edição, 1987.

TALAVERA, Leda Maria Bastoni. **Parábola e catenária: história e aplicações**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, SP, 2008.

Wikipédia. Figura 2. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_Hercílio_Luz. Acesso em 11 out 2016.

Wikipédia. Figura 3. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Cable-stayed_bridge. Acesso em 12 out 2016.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DE MINERIAS E REJEITOS BRASILEIROS

CARBON CAPTURE POTENCIAL OF MINERALS AND MINING WASTES BRASILIANS

KELY REGINA MAXIMO VIEIRA¹; GRETТА LARISA AURORA ARCE FERRUFINO^{1,2}; IVONETE ÁVILA¹; VITOR DE OLIVEIRA FÁCIO¹; JOÃO ANDRADE DE CARVALHO JR.¹; TURIBIO GOMES SOARES NETO².

1 – UNESP - UNIV ESTADUAL PAULISTA, DEN; 2 – INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, LCP.

kely_eng@hotmail.com, gretta@lcp.inpe.br, iavila@feg.unesp.br, vitorfacio@hotmail.com,
jcarlos@lcp.inpe.br, turibio@lcp.inpe.br.

Resumo – A inserção de tecnologias de captura e sequestro de carbono por mineralização (CSM) ou carbonatação mineral (CM) é um dos processos para mitigar impactos ambientais gerados a partir das emissões de CO₂. Várias rotas são utilizadas para a CSM, baseando-se na extração de metais de minerais, resíduos ou rejeitos, para posterior reação com CO₂ e formação de carbonatos. Esse estudo objetiva-se analisar o potencial brasileiro de rochas serpentinito para processos de CSM, considerando as reservas do país e seu potencial teórico de carbonatação. Os estados de Goiás, Minas Gerais e Paraná possuem aproximadamente 300 milhões de toneladas de reservas de serpentinito. O estado de Goiás também conta com 12 milhões de toneladas de rejeitos de serpentina lavrados e beneficiados. Para utilizar os serpentinitos brasileiros como matéria prima, aproximadamente 2,3 ± 0,4 t de rocha seriam necessárias para cada tonelada de CO₂ sequestrado (t_{MP}/t_{CO2}). O Brasil possui matéria prima potencial para processos de CSM comparáveis mundialmente, considerando seu potencial teórico de carbonatação.

Palavras-chave: Mineralização. Captura de carbono. Tecnologias de captura e sequestro de CO₂.

Abstract - The insertion of carbon capture and sequestration by mineralization (CSM) or mineral carbonation (MC) is one of the processes to mitigate environmental impacts generated from CO₂ emissions. Several routes are used for the CSM, based on the extraction of metals from minerals, residues or mining wastes, for later reaction with CO₂ and formation of carbonates. This study aims to analyze the Brazilian potential of serpentinite rocks for CSM processes, considering the country's reserves and its theoretical potential of carbonation. The states of Goiás, Minas Gerais and Paraná have approximately 300 million tons of serpentinite reserves. The state of Goiás also has 12 million tons of serpentine tailings tilled and benefited. To use Brazilian serpentinites as feedstock, approximately 2.3 ± 0.4 t of rock would be required for each tons of CO₂ (t_{MP} / t_{CO2}). Brazil possesses raw material potential for comparable CSM processes worldwide, considering its theoretical potential for carbonation.

Keywords: Mineralization. Carbon capture. CO₂ capture and sequestration technologies.

I. INTRODUÇÃO

Mundialmente há o reconhecimento da importância do uso de combustíveis renováveis em sistemas de geração de energia. Porém, em termos de abundância, as principais fontes de energia são oriundas de fontes fósseis, como o carvão, petróleo e gás natural (DONG; GAO; XU, 2010). O uso dos combustíveis não renováveis tem aumentado nos últimos anos, sendo que as previsões apontam que este cenário continuará num futuro próximo (OLAJIRE, 2013).

No processo de combustão, a aplicação de fontes não renováveis (ou renováveis) de energia apresenta um desafio para os próximos anos devido à elevada quantidade de dióxido de carbono (CO₂) lançada na atmosfera. A industrialização trouxe, além de avanços na produção, o impulsionamento ao consumo e crescentes impactos ambientais relacionados. A presença do CO₂ na atmosfera provenientes das atividades antropogênicas tem aumentado significativamente nos últimos séculos, principalmente a partir da revolução industrial (ALVES et al., 2013). Desde os tempos pré-industriais, as concentrações de CO₂ aumentaram 40%, principalmente devido às emissões de combustíveis fósseis e também a partir das emissões de mudanças no uso da terra (IPCC, 2014).

Diante deste cenário, verifica-se a importância da implantação de tecnologias para a redução das emissões de CO₂. Uma maior eficiência energética e o aumento da utilização das energias renováveis na produção de energia também são estratégias com potencial para alcançar as reduções necessárias de emissões de GHG. Entretanto, dentro de um curto espaço de tempo, isso será limitado (THE BELLONA FOUNDATION, 2009). Assim, têm sido desenvolvidas pesquisas alternativas para a mitigação das emissões do CO₂ na atmosfera, denominadas tecnologias de captura e armazenamento/sequestro de carbono (CSC) e as tecnologias de captura e utilização de carbono (CCU) para garantir o uso contínuo dos combustíveis fósseis (ou renováveis) dentro do contexto de diminuição daquelas emissões. Dentro dessas tecnologias, o armazenamento a longo prazo de CO₂ pode ocorrer quando ele é fixado na

forma de carbonatos. Existem várias rotas de carbonatação mineral (CM) ou tecnologias de captura e sequestro de carbono por mineralização (CSM), sendo de forma direta ou indireta e úmida ou seca, ocorrendo a partir da extração de metais (principalmente Mg) de minerais silicatos ou resíduos alcalinos (TEIR et al., 2009).

A serpentina (clinoclositila, crisotila, antigorita e lizardita), o basalto, a wallastonita e a olivina são minerais utilizados para processos de CSM. Resíduos sólidos industriais que contêm grandes quantidades de Mg, Ca e Fe, dentre eles cita-se os resíduos de cimento, resíduos de moagem da crisotila, rejeitos de mineração (TORRONTEGUI, 2010) e a escória de aço (TEIR, 2008), também são matérias primas para processos CSM.

As rochas silicatos são abundantes no mundo (LACKNER et al., 1995), sendo que no Brasil as reservas da rocha serpentinito são concentradas principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e Paraná (DNPM, 2010).

No estado de Goiás o serpentinito encontrado é do tipo crisotila, sendo que o único produtor de crisotila no Brasil, através da empresa SAMA Mineração de Amianto Ltda. (QUEIROGA et al., 2005), com uma reserva lavrável do serpentinito totaliza 158.425.910 t e possui um teor de 6,42% de crisotila, totalizando 10.167.063 t de minério contido na reserva lavrável (DNPM, 2010).

Aproximadamente 300 milhões de toneladas de serpentinito estão disponíveis para serem utilizadas em processos de captura e armazenamento de CO₂.

Considerando-se a quantidade de rejeitos produzidos, a mina de Cana Brava localizada em Goiás explora o amianto crisotila, disponibilizando um estoque de 12 milhões de toneladas de rejeitos lavrados e beneficiados (QUEIROGA et al., 2005).

Goff e colaboradores (GOFF et al., 2000) utilizaram a concentração molar de Mg em uma amostra de serpentinito a fim de calcular o número de mols de CO₂ teórico que poderia ser convertido para a magnesita (MgCO₃). Os autores introduziram o conceito de potencial de carbonatação (R_{CO₂}). Esta metodologia foi modificada por Penner e colaboradores (PENNER et al., 2004) para incluir os cátions Ca e Fe²⁺ no cálculo, uma vez que estes cátions também formam carbonatos estáveis. Assim, o R_{CO₂} foi definido como a razão de massa de rocha ou mineral necessário para converter uma unidade de massa de CO₂ para o carbonato sólido. Por esta definição, um valor de R_{CO₂} baixo é preferível, pois menor quantidade de matéria prima é necessária para converter CO₂ em carbonato (PENNER et al., 2004).

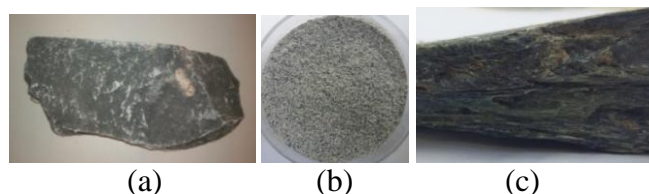
Esse trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de minerais e rejeitos para uso em processos de captura de carbono, a fim de comparação com matérias primas mundiais. Uma vez que, a escolha da matéria prima para esses processos é primordial para o desenvolvimento da tecnologia CSM.

II. PROCEDIMENTOS

Foram avaliados serpentinitos, Mg₃Si₂O₅(OH)₄, provenientes de dois diferentes estados brasileiros, fornecidos pela SAMA (SAMA S.A. - Minerações Associadas) e pela Pedras Congonhas (Mineradora Pedras Congonhas Ltda.). O SERP-GO1 e o SERP-GO2 fornecidos pela SAMA são provenientes da usina de amianto crisotila. O SERP-GO1 é a parte estéril da rocha e o SERP-GO2 é o rejeito do processo do minério, depois da lavra e

beneficiamento. O SERP-MG é um serpentinito industrial (Pedras Congonhas).

Figura 1 - Rochas serpentinito do estado de Goiás, fornecidas pela SAMA: (a) SERP-GO1; (b) SERP-GO2; (c) SERP-MG.



Fonte: (a, b) Relatório FAPESP (Processos 2011/19920-7 e 2013/21244-5); (c) Autoria própria.

As análises quantitativas de composição química das matérias primas foram realizadas pelas análises de Fluorescência Sequencial com Dispersão de Comprimento de Onda (FRX) no Laboratório de Difração e Fluorescência de Raios-X (LDFRX) do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) pelo equipamento da PANalytical modelo Axios MAX-Advanced, com 4,0 kW de poder de operação e 60 kV de excitação. Este equipamento realiza uma análise química elementar quantitativa do Boro (B) ao Urânio (U). Utilizaram-se 10 ± 2 g de amostra em pó do SERP-GO1 e do SERP-MG. As amostras SERP-GO2 *in natura* foram analisadas na Central Analítica (CAQI) do Instituto de Química da USP/EESC.

Para determinar o potencial teórico de carbonatação (R_{CO₂}) correspondente a quantidade mínima de material requerido (considerando uma conversão de 100%) para capturar 1 tonelada de CO₂, foi utilizada a Equação (1), proposta na literatura (PENNER et al., 2004).

$$R_{CO_2} = \frac{100}{(\Sigma Ca, Mg, Fe)MM_{CO_2}} \left[\frac{t_{MP}}{t_{CO_2}} \right] \quad (1)$$

sendo: Σ (Ca, Mg e Fe) a soma das concentrações molares e MM_{CO_2} a massa molar do gás carbônico.

III. RESULTADOS

O potencial teórico de carbonatação (R_{CO₂}) é correspondente a quantidade mínima de material requerido (considerando uma conversão de 100 %) para capturar 1 tonelada de CO₂.

Para o cálculo do potencial teórico de carbonatação utilizaram-se os dados da Fluorescência de raios- X (Tabela 1 e Tabela 2) visto que esta é uma técnica mais representativa, pela quantidade de amostra utilizada nos ensaios.

O SERP-MG apresenta um valor de oxido de silício maior que as outras amostras, como também apresentou um valor de oxido de magnésio inferior. No processo de carbonatação mineral, a quantidade de Si pode ser determinante na escolha da matéria prima devido à sua capacidade de bloqueio de poros (GHGRLINGS; ZEVENHOVEN, 2013). A quantidade de Mg é importante, pois quanto mais quantidade desse metais disponível na materia prima, maior quantidade de carbonato potencialmente seria gerada.

Tabela 1 - Fluorescência de Raios-X (FRX)- SERP-GO e SERP-MG.

Componente	SERP-GO1	SERP-MG
	Concentração (% m/m)	Concentração (%m/m)
MgO	43,33	30,63
SiO ₂	40,64	52,09
Fe ₃ O ₄	12,61	11,82
Al ₂ O ₃	1,17	2,36
Cr ₂ O ₃	1,02	0,86
NiO	0,75	0,21
MnO	0,2	0,27
SO ₃	0,18	Nd
CaO	0,1	1,66
Co ₃ O ₄	0,02	0,02
TiO ₂	Nd	0,08

Nota: nd (não identificado)

Fonte: Relatório FAPESP (Processos 2011/19920-7 e 2013/21244-5).

Tabela 2 - Fluorescência de Raios-X (FRX)- SERP-GO2.

Óxidos	Média e Desvio Padrão
SiO ₂	39,06 ± 0,84
MgO	40,43 ± 0,43
Fe ₂ O ₃	9,18 ± 1,16
Al ₂ O ₃	1,77 ± 0,11
CaO	2,26 ± 0,32
Cr ₂ O ₃	0,57 ± 0,06
MnO	0,10 ± 0,01
NiO	0,37 ± 0,03
Na ₂ O	6,02 ± 1,04
P ₂ O ₅	0,23 ± 0,03
CuO	0,01 ± 0,02

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Frações molares e o potencial teórico de carbonatação, com dados da Fluorescência de Raios-X (FRX).

	SERP-GO1	SERP-GO2	SERP-MG
Mg (g)	1,08	1,00	0,76
Fe (g)	0,05	0,06	0,05
Ca (g)	0,00	0,04	0,03
Σ (Ca, Mg e Fe)	1,13	1,10	0,84
R _{CO2} (t _{MP} / t _{CO2})	2,01	2,06	2,70

Fonte: Autoria própria.

Ressalta-se que o potencial teórico de carbonatação não leva em conta o rendimento da reação (100% de conversão), assim seria necessária maior quantidade de rocha do que o calculado pelo R_{CO2}, considerando uma reação com rendimento de 80-90%.

Nota-se na Tabela 3 que os resultados do potencial teórico de carbonatação de todas as amostras. Observa-se que o material que apresenta um potencial teórico de carbonatação mais favorável é o SERP-GO1 por apresentar a menor quantidade de matéria prima requerida para capturar 1 tonelada de CO₂.

Considerando a média dos potenciais teóricos de carbonatação dos serpentinitos utilizados nesse trabalho, os serpentinitos brasileiros precisariam de 2,3 ± 0,4 t de matéria prima para cada tonelada de CO₂ sequestrado. Os serpentinitos dos EUA apresentam um potencial teórico de carbonatação de 2,1-2,7 t_{MP}/t_{CO2} (PENNER et al., 2004).

IV. CONCLUSÃO

A técnica utilizada neste estudo para avaliar o potencial de carbonatação dos serpentinitos foi a Fluorescência de raios-X (FRX). A partir desses dados foi possível concluir que os serpentinitos oriundos do estado de Goiás apresentam maior potencial de carbonatação que o avaliado do estado de Minas Gerais. Ressalta-se que o SERP-GO2 é um rejeito de mineração e está disponível já moído e peneirado.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, N. et al. Potencial uso de serpentinito no armazenamento mineral do CO₂. Química Nova, v. 36, n. 6, p. 773–777, 2013.

DLUGOGORSKI, B. Z.; BALUCAN, R. D. Dehydroxylation of serpentine minerals: Implications for mineral carbonation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 31, p. 353–367, 2014.

DONG, L.; GAO, S.; XU, G. NO reduction over biomass char in the combustion process. Energy and Fuels, v. 24, n. 1, p. 446–450, 2010.

DNPM. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2010.

GEERLINGS, H.; ZEVENHOVEN, R. CO₂ mineralization-bridge between storage and utilization of CO₂. Annual review of chemical and biomolecular engineering, v. 4, p. 103–17, 2013.

GOFF, F. et al. Evaluation of Ultramafic Deposites in Eastern United States and Puerto Rico as Sources of Magnesium of Carbon Dioxide Sequestration. p. 1–36, 2000.

IPCC. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

LACKNER, K. S. et al. Carbon dioxide disposal in carbonate minerals. Energy, v. 20, n. 11, p. 1153–1170, jan. 1995.

OLAJIRE, A. A. A review of mineral carbonation technology in sequestration of CO₂. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 109, p. 1–29, 2013.

PENNER, L. et al. Mineral carbonation: Energy costs of pretreatment options and insights gains from flow loop reaction studies. v. 5, 2004.

QUEIROGA, N. C. M. DE et al. Rochas e Minerais Industriais - CETEM/2005 4. Amianto. p. 85–106, 2005.

TEIR, S. Fixation of carbon dioxide by producing carbonates from minerals and steelmakingslags. [s.l.] Helsinki University of Technology, 2008.

TEIR, S. et al. Fixation of carbon dioxide by producing hydromagnesite from serpentinite. Applied Energy, v. 86, n. 2, p. 214–218, 2009.

THE BELLONA FOUNDATION. Why CCS now, 2009. Disponível em: <http://bellona.org/assets/sites/6/Why_CCS_now.pdf>

TORRONTGUI, M. D. Assessing the Mineral Carbonation Science and Technology MSc program in Chemical and Bioengineering. p. 51, 2010.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e à FAPESP (Proc. 2016/15749-5, 150894/2014-7, 2013/21244-5 e 2011/19920-7) pelo apoio financeiro.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

PRODUÇÃO DE BIOCHAR DE CASCA DE ARROZ POR PIRÓLISE LENTA

RICE HUSK BIOCHAR PRODUCTION BY SLOW PYROLYSIS

VIEIRA, F. R.¹; LUNA, C. M. R.¹; BALESTIERI, F. M. P.¹; BARBOSA, J. P. V.¹; ARCE, G. L. A. F.²;
ÁVILA, I.¹

1 – UNESP - UNIVERSITY ESTADUAL PAULISTA, GUARATINGUETÁ ENGINEERING CAMPUS, DEPARTMENT OF ENERGY, COMBUSTION AND CARBON CAPTURE LABORATORY (LC₃), AV. DR. ARIBERTO PEREIRA DA CUNHA, 333, 12.516-410, GUARATINGUETÁ-SP, BRAZIL.

2 - INPE - NATIONAL INSTITUTE FOR SPACE RESEARCH, COMBUSTION AND PROPULSION ASSOCIATED LABORATORY, RODOVIA PRESIDENTE DUTRA, KM 40, 12630-000, CACHOEIRA PAULISTA-SP, BRAZIL

fabiorbertovieira@bol.com.br; c_romeroluna@yahoo.com; fernandompalestieri@gmail.com; joapedrovb@gmail.com; grettagaf@yahoo.es, iavila@feg.unesp.br

Resumo – Devido à emissão de gases efeito estufa (GEE) e a sua relação com as mudanças climáticas, muitas propostas têm sido apresentadas para a redução ou a mitigação dessas emissões. Existem diversas fontes de emissão, entre elas a indústria de alimentos. O arroz é o cereal mais consumido no mundo, a sua produção gera grandes quantidades de resíduos tais como a palha e a casca de arroz, os quais são fonte de emissão de GEE. Dessa forma, com a finalidade de reduzir essa emissão de GEE deve-se dar um aproveitamento a esses resíduos. A pirólise da casca de arroz é um processo de decomposição termoquímica num meio inerte a qual produz biochar, bio-óleo e gás pirólítico. A pirólise lenta da casca de arroz para a produção de biochar e sua aplicação na cultura do arroz pode reduzir o impacto dos GEE. Para determinar a produtividade de biochar existem diversos métodos experimentais. Neste artigo apresentamos um estudo comparando a produtividade de biochar determinada por dois métodos experimentais (análise termogravimétrica e em bancada experimental). Os resultados demonstraram que a produtividade de biochar da casca de arroz por pirólise lenta estimada por ambos métodos apresentaram resultados semelhantes.

Palavras-chave: Pirólise lenta, biochar, casca de arroz.

Abstract - Due to the emission of greenhouse gases (GHG) and its relation to climate change, many proposals have been presented for the reduction or mitigation of these emissions. There are several emission sources, including the food industry. Rice is the most consumed cereal in the world, its production generates large amounts of waste such as straw and rice husk, which are the source of GHG emissions. Therefore, in order to reduce this GHG emission, it is necessary to make use of these wastes. Pyrolysis of rice husk is a thermochemical decomposition process in an inert medium which produces biochar, bio-oil and pyrolytic gas. Slow pyrolysis of rice husk for biochar production and its application in rice cultivation can reduce the impact of GHG. To determine the productivity of biochar there are several experimental methods. In this paper we present a study comparing the productivity of biochar determined by two experimental methods (thermogravimetric and experimental bench analysis). The results showed that the rice husk biochar

yield by slow pyrolysis estimated by both methods presented similar results.

Keywords: Slow pyrolysis, biochar, rice husk.

I. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia tem impulsionado o aumento da produção e consumo de combustíveis fósseis. Isso tem intensificado a emissão de gases de efeito estufa (GEE). De acordo com relatórios do IPCC sigla em inglês para Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas esse comportamento tende à promoção do aquecimento global e outras mudanças no clima (Heede and Oreskes, 2016).

Preventivamente a essa eminente situação, a ONU (Organização das Nações Unidas) tem realizado conferências internacionais para discutir propostas para redução ou eliminação da emissão de GEE. A mais recente conferência foi realizada na cidade de Paris no ano de 2015 e recebeu o nome de COP21, que apresentou como principal objetivo estabelecer o limite universal de aumento na temperatura de menos de 2°C, para isso foi deslumbrado um cenário de emissão zero, ou seja, a estabilidade da emissão de GEE (Hsu, 2015; Tokimatsu, 2015).

Para substanciar essas propostas, têm sido conduzidos estudos para desenvolvimento de tecnologias mitigadoras para emissão de GEE, dentre esses, tem sido apresentada a utilização da biomassa como alternativa parcial ou total aos combustíveis convencionais. Depois da energia solar, a biomassa é o recurso renovável mais abundante, entretanto é necessário ainda o aperfeiçoamento dos processos para maximizar a eficiência dos sistemas para melhor aproveitamento do potencial desse recurso (Thornley et al., 2015).

O aproveitamento da energia da biomassa tem se concentrado nos processos termoquímicos (combustão, gaseificação, pirólise, carbonização e liquefação direta). Entre todos os processos termoquímicos, a pirólise tem

recebido especial atenção, dado o real potencial de produção de biocombustíveis com alta densidade energética a partir de fontes de recurso não alimentares (resíduos agrícola, urbanos industrial e animal). A pirólise é um processo promissor dado o fato de produzir diferentes combustíveis (sólido, líquido e gasoso) a partir da mesma matriz.

A pirólise da biomassa é definida como processo de decomposição termoquímico de material lignocelulósico em meio inerte entre temperaturas de 300°C a 800°C (Park et al., 2014), sendo que a temperatura e o tempo de residência determinam qual combustível será priorizado. A versatilidade do processo de pirólise é evidenciada pela diversificação dos combustíveis produzidos sólido (biochar), líquido (bio-óleo) e gasoso (gás pirólítico) e esses produtos também podem ser utilizados como plataforma para produção de químicos. A eficiência do processo é aumentada pela utilização de parte do combustível produzido para a manutenção da operação do sistema, tornando o processo sustentável (Shemfe et al., 2015).

O arroz é o cereal mais consumido no mundo, sendo que a casca equivale 20% do peso total gerando assim significativa quantidade de resíduo (Chungangusit et al. 2004). A baixa massa específica da casca de arroz é um importante fator que inviabiliza seu uso para geração de energia, devido ao alto custo do transporte (Almeida, 2010). Nesse sentido, os rizicultores promovem a queima descontrolada, consequentemente poluindo ar e desperdiçando a energia disponível nesse resíduo. Outra prática é que, sem outro destino a casca de arroz é descartada em áreas rurais e, devido sua composição rica em material fenólico, sua biodegradação é lenta (Almeida, 2010) e emite significativa quantidade CH₄, que é um gás de efeito estufa (Mohammadi et al, 2016).

Na última década a introdução de biochar para fertilização de lavoura tem crescido, sendo essa uma tecnologia sustentável e mitigatória à mudança de clima por ser uma das técnicas desenvolvida para sequestro de carbono, sendo que a concentração desse componente é obtida entre 45% e 92% (Singh et al, 2012). Segundo Liu et al e Zhan et al (2014), a utilização de biochar reduz a emissão de CH₄ pelo solo, além de reduzir a perda de nutrientes. Dentre diferentes tipos de biochar utilizado, o de casca de arroz apresentou maior eficiência na redução de emissão desse gás (Dong et al 2013; Liu 2012). Entretanto, os benefícios agrônômicos do biochar dependem do tipo de solo, condições climáticas, tipo de lavoura e condições da pirólise (temperatura, tempo de residência, e taxa de aquecimento).

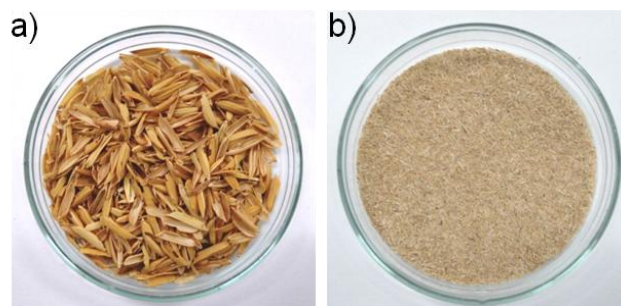
Neste artigo apresenta-se um estudo sobre a produtividade de biochar de casca de arroz por pirólise lenta, determinada através da análise termogravimétrica e em bancada experimental.

II. PROCEDIMENTOS

2.1 – Materiais

A casca de arroz foi fornecida por produtores do vale do Rio Paraíba do Sul (SP). A Figura 1a exibe uma amostra de casca de arroz *in natura* utilizada nos ensaios de pirólise lenta. Para as análises termogravimétricas, uma amostra de casca de arroz foi moída e peneirada numa granulometria de 212µm (Figura 1b).

Figura 1 - (a) Casca de arroz *in natura*, (b) Casca de arroz moída (212 µm).



Fonte: Autores, 2016.

2.2 – Bancada experimental de pirólise lenta

A Figura 2, apresenta a bancada experimental usada para o estudo da pirólise lenta da casca de arroz. Foi usada uma manta aquecedora como fonte de calor e um balão de fundo redondo como reator. No estudo foi considerada uma razão de aquecimento (β) igual a 40°C/min, já que a pirólise lenta se realiza em razões de aquecimento menores a 100°C/min (Alonso, 2015). A temperatura do processo de pirólise foi de 400°C, uma vez atingida esta temperatura, foi mantida pelo intervalo de 2h (processo isotérmico). Nitrogênio numa vazão de 100 ml/min foi usado como gás de arraste para todos os voláteis liberados no processo. Antes do início do processo, nitrogênio foi injetado com a finalidade de criar um ambiente inerte. Para a condensação do material volátil foi usado um trocador de calor de casco e tubo. Uma corrente de água a 5°C foi empregada com a finalidade de garantir a condensação.

Figura 2 – Banca experimental de pirólise lenta.



Fonte: Autores, 2016.

2.3 – Caracterização térmica

Um analisador termogravimétrico foi usado (Fig. 3) para estudar o comportamento térmico da casca de arroz e seu respectivo biochar. Uma razão de aquecimento padrão para as análises de 10°C/min foi usada. A faixa de temperatura analisada foi desde 30°C até 800°C. Nitrogênio foi usado como gás de arraste numa vazão de 100 ml/min. Os ensaios foram realizados em duplicata. O analisador termogravimétrico também foi usado para realizar a análise imediata tanto da casca de arroz como do biochar com a finalidade de determinar os efeitos da pirólise lenta. A análise imediata foi realizada seguindo a metodologia desenvolvida por Karatepe e Kuçukbayrak (1993).

Figura 3 – Analisador termogravimétrico SDT-Q600 (TA instruments).



Fonte: Autores, 2016.

III. RESULTADOS

3.1 – Análise elementar e imediata da casca de arroz

A Tabela 1 apresenta a análise elementar da casca de arroz de diferentes referências demonstrando a sua similaridade composicional. Cabe destacar, principalmente, o elevado teor de carbono e oxigênio.

Tabela 1 – Análise elementar da casca de arroz.

Elemento	Tsai et al. (2007)	Bakar et al. (2013)
Carbono (C)	45,28	39,48
Hidrogênio (H)	5,51	5,71
Nitrogênio (N)	0,67	0,665
Enxofre (S)	0,029	0,025
Oxigênio (O)	49,114	54,12

Um assunto relevante no desenvolvimento da pirólise de biomassa é o conhecimento do teor de material volátil e carbono fixo. Isto pode ser obtido com a análise imediata da biomassa. A Tabela 2 exibe os resultados da análise imediata realizada à casca de arroz. Pode-se observar que a casca apresenta uma significativa quantidade de material volátil, sendo mais de 50% em massa, no entanto apresenta um baixo teor de carbono fixo. Os valores obtidos na análise imediata realizada no analisador termogravimétrico estão próximos aos encontrados na literatura

Tabela 2 – Análise imediata da casca de arroz

Análise Imediata	Bakar et al. (2013)	Neste trabalho
Umidade	8,43	8,507
Voláteis	68,25	65,35
Carbono Fixo	16,92	12,93
Cinza	14,83	12,51

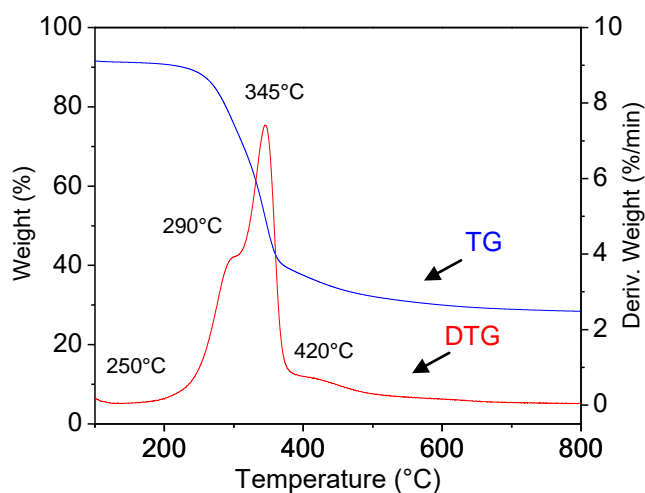
3.2 – Análise termogravimétrica da casca de arroz

O processo de pirólise de biomassa apresenta três eventos distintos: secagem (evaporação da umidade), devolatilização principal (zona de pirólise ativa) e de decomposição dos sólidos remanescentes contínuos (zona passiva pirólise) (Idris et al. 2010). Estes eventos são observados através de picos nas curvas TG/DTG (Fig.4), em que cada evento é caracterizado com mudanças significativas do seu formato, de maneira que haja um acréscimo ou diminuição de sua tendência.

A Figura 4 apresenta o comportamento térmico da casca de arroz em atmosfera de nitrogênio (N₂). A curva DTG

indica que a decomposição inicia a 250°C, exibe três eventos correspondentes à decomposição da hemicelulose (290°C), celulose (345°C) e lignina (420°C). Esses eventos apresentam diferentes intensidades as quais estão relacionados com a liberação de material volátil da casca de arroz. Os eventos que correspondem à decomposição de hemicelulose e celulose são os mais proeminentes do processo de pirólise observados pelos intensos picos na curva DTG. No entanto, a intensidade e amplitude dos picos da curva DTG relacionados aos eventos estarão em função da razão de aquecimento (Chen et al 2014).

Figura 4 – Análise termogravimétrica da casca de arroz em atmosfera de N₂ com uma razão de aquecimento de 10°C/min.

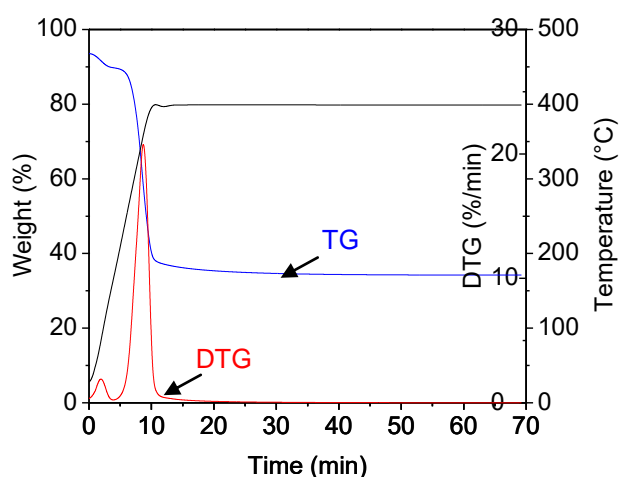


Fonte: Autores, 2016.

3.3 – Rendimento dos produtos gerados na pirólise lenta

A Figura 6 exibe o comportamento da pirólise lenta da casca de arroz estudado no analisador termogravimétrico considerando as mesmas condições que no experimento de bancada. Os resultados obtidos exibem que a pirólise lenta da casca de arroz produz 36,7% de biochar e 59,37% de material volátil, o qual se compõe de uma parcela condensável (bio-óleo) e não condensável (gás pirólítico).

Figura 5 - Ensaio de pirólise lenta desenvolvida no analisador termogravimétrico.



Fonte: Autores, 2016.

Além disso, na curva DTG observa-se que a liberação do material volátil ocorre nos primeiros 15 minutos do

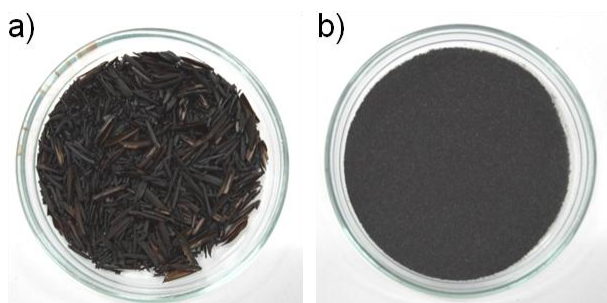
ensaios. Após esse tempo a curva DTG não apresenta nenhum evento e a curva TG exibe uma massa constante a qual é relacionada com o biochar formado.

Os ensaios de bancada de pirólise lenta em reator de leito fixo da casca de arroz obtiveram em média 36,6% de biochar, 52,8% de bio-óleo e 10,6% de gás pirolítico. A quantidade de biochar produzido no ensaio de bancada foi muito próxima à obtida no analisador termogravimétrico. Em função dos resultados podemos observar que o ensaio no analisador termogravimétrico análise térmica pode estimar com boa aproximação a produção do biochar.

Ensaio preliminares na bancada experimental determinaram que a quantidade de biomassa no reator pode influenciar na proporção de produtos obtidos. Dessa forma, quanto maior é o leito de biomassa, maior é a produção de biochar e, conseqüentemente, é menor a produção do bio-óleo. Por tanto o efeito da massa de biomassa processada deve ser considera.

A Figura 6a exibe uma amostra da casca de arroz após o processo de pirólise. Para a análise termogravimétrica do biochar, utilizou-se a mesma granulometria usada na análise da casca de arroz (Figura 6b).

Figura 6 - (a) Biochar da casca de arroz *in natura*, (b) Biochar da Casca de arroz moída (212 µm)



Fonte: Autores, 2016.

A Tabela 3 apresenta o resultado da análise imediata do biochar obtido no ensaio da bancada experimental. Pode-se verificar o incremento considerável no teor de carbono fixo e cinza, além de uma redução significativa do teor de voláteis. No entanto, o teor de cinza aumento consideravelmente.

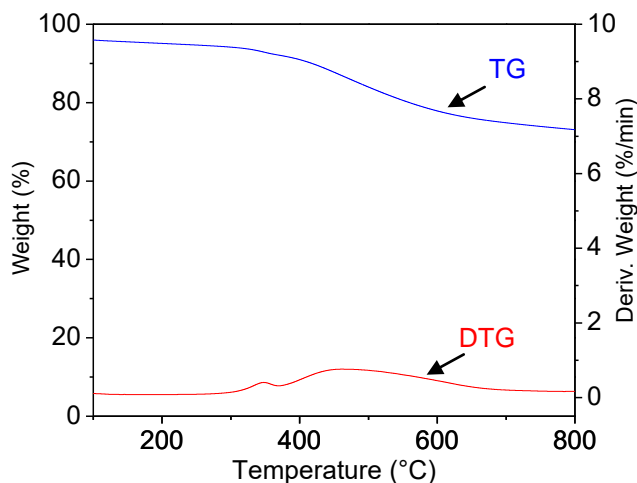
Tabela 3 – Análise Imediata do biochar

Análise Imediata	Biochar
Umidade	3,48
Voláteis	27,06
Carbono Fixo	42,32
Cinza	27,13

Fonte: Autores, 2016.

A Figura 7 apresenta a análise termogravimétrica do biochar obtido no ensaio de bancada experimental. A curva TG exibe uma perda de massa gradual a qual é relacionada com algum teor de material volátil contido no biochar.

Figura 7 – Análise termogravimétrica do biochar em atmosfera de N₂ com uma razão de aquecimento de 10°C/min



A curva DTG exibe dois picos de baixa intensidade, sendo um deles de uma amplitude maior. Esses picos estão relacionados à decomposição de uma fração de celulose (348°C) e a lignina (462°C) respectivamente. Da curva DTG pode-se concluir que o teor de material volátil no biochar é derivado da lignina da casca de arroz. Isto significa que para obter uma biochar com maior proporção de carbono fixo e menos de voláteis a temperatura do processo deverá ser superior a 400°C.

IV. CONCLUSÃO

Neste artigo a produtividade de biochar de casca de arroz por pirólise lenta foi determinada por dois métodos experimental sendo análise termogravimétrica e em bancada experimental. A produtividade de biochar de casca de arroz determinada por ambos os métodos obtiveram valores muito semelhantes. Neste trabalho demonstra-se o potencial uso da análise termogravimétrica para o estudo do processo da pirólise. O biochar obtido na bancada experimental apresenta um elevado teor de cinza, dessa forma a sua utilização na agricultura deverá ser previamente avaliada.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Suelen Rodrigues. Pirólise rápida de casca de arroz: estudo de parâmetros e caracterização de produtos. 2010.

BAKAR, Muhammad S. Abu; TITLOYE, James O. Catalytic pyrolysis of rice husk for bio-oil production. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, v.103, p.362-368, 2013.

CHEN, Jianbiao et al. Pyrolysis of oil-plant wastes in a TGA and a fixed-bed reactor: Thermochemical behaviors, kinetics, and products characterization. *Bioresource technology*, v.192, p.592-602, 2015.

CHUNGSANGUNSIT, Thipwimon; GHEEWALA, Shabbir H.; PATUMSAWAD, Suthum. Environmental profile of power generation from rice husk in Thailand. In: *The Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE)*. 2004. p.1-3.

- ALONSO, D., Alba. Fixed-bed biomass pyrolysis: mechanisms and biochar production. 2015.
- DONG, Da et al. Responses of methane emissions and rice yield to applications of biochar and straw in a paddy field. **Journal of Soils and Sediments**, v.13, n.8, p.1450-1460, 2013. HEEDE, Richard;
- ORESQUES, Naomi. Potential emissions of CO₂ and methane from proved reserves of fossil fuels: An alternative analysis. **Global Environmental Change**, v.36, p.12-20, 2016.
- HSU, Chen-Pei; HUANG, An-Ni; KUO, Hsiu-Po. Analysis of the rice husk pyrolysis products from a fluidized bed reactor. **Procedia Engineering**, v.102, p.1183-1186, 2015.
- IDRIS, Siti Shawalliah et al. Investigation on thermochemical behaviour of low rank Malaysian coal, oil palm biomass and their blends during pyrolysis via thermogravimetric analysis (TGA). **Bioresource technology**, v.101, n.12, p.4584-4592, 2010.
- IPCC – intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change, 2014 Synthesis Report [on line]. (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>) Accessed at 24 jun. 2016
- KARATEPE, Nilgün; KÜÇÜKBAYRAK, Sadriye. Proximate analysis of some Turkish lignites by thermogravimetry. **Thermochimica acta**, v.213, p.147-150, 1993.
- LIU, Jieyun et al. Effects of biochar amendment on the net greenhouse gas emission and greenhouse gas intensity in a Chinese double rice cropping system. **European Journal of Soil Biology**, v.65, p.30-39, 2014.
- LIU, Xiao-yu et al. Can biochar amendment be an ecological engineering technology to depress N₂O emission in rice paddies?—A cross site field experiment from South China. **Ecological Engineering**, v.42, p.168-173, 2012.
- MOHAMMADI, Ali et al. Biochar use for climate-change mitigation in rice cropping systems. **Journal of Cleaner Production**, v.116, p.61-70, 2016.
- PARK, Jinje et al. Slow pyrolysis of rice straw: Analysis of products properties, carbon and energy yields. **Bioresource technology**, v.155, p.63-70, 2014.
- SHEMFE, Mobolaji B.; GU, Sai; RANGANATHAN, Panneerselvam. Techno-economic performance analysis of biofuel production and miniature electric power generation from biomass fast pyrolysis and bio-oil upgrading. **Fuel**, v.143, p.361-372, 2015.
- SINGH, Bhupinder Pal; COWIE, Annette L.; SMERNIK, Ronald J. Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. **Environmental Science & Technology**, v.46, n.21, p.11770-11778, 2012.
- THORNLEY, Patricia et al. Maximizing the greenhouse gas reductions from biomass: The role of life cycle assessment. **Biomass and Bioenergy**, v. 81, p. 35-43, 2015.
- TOKIMATSU, Koji; YASUOKA, Rieko; NISHIO, Masahiro. Global Zero Emissions Scenarios: Assessment of Climate Change Mitigations and their Costs. **Energy Procedia**, v.75, p.2211-2214, 2015.
- TSAI, W. T.; LEE, M. K.; CHANG, Y. M. Fast pyrolysis of rice husk: Product yields and compositions. **Bioresource technology**, v.98, n.1, p.22-28, 2007.
- ZHAO, Xu et al. Successive straw biochar application as a strategy to sequester carbon and improve fertility: A pot experiment with two rice/wheat rotations in paddy soil. **Plant and soil**, v.378, n.1-2, p.279-294, 2014.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Processo 150894/2014-07) e à FAPESP (Processos 2013/21244-5 e 2016/15749-5).

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

APLICAÇÃO DA ELETROFLOCULAÇÃO COMO MÉTODO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA FLEXOGRAFIA

TREATMENT OF EFFLUENTS FROM FLEXOGRAPHIC BY USING ELETROFLOCCULATION

JOSÉ CARLOS DRODOWSKI¹, ITAMAR GILI², ATILANO ANTONIO VEGINI³, LORENA BENATHAR BALLOD TAVARES¹

1 – LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE BIOMASSAS, PPGEA, FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU (FURB); 2 – FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (FATMA) - CODAM/BLUMENAU; 3 – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA, FURB

zecarlos@wgvengenharia.com; itamargili@fatma.sc.gov.br; avegini@furb.br; lorena@furb.br

Resumo – A eletrofloculação é um processo que envolve a geração de coagulantes *in situ* pela dissolução de íons metálicos a partir de eletrodos de ferro e/ou alumínio, pela ação de corrente elétrica aplicada a solução. O objetivo dessa pesquisa foi construir e desenvolver um sistema de tratamento para efluentes gerados na utilização do processo de impressão através da flexografia pela técnica de eletrofloculação. Para o experimento o reator para a eletrofloculação foi construído em policarbonato com volume de 3,78 L, e as placas da célula eletrolítica confeccionada em aço SAE1010 separados por suportes de nylon com 20 mm de espaçamento. Para o fornecimento da energia elétrica foi utilizada uma fonte modelo PS1001 Icel com alimentação de até 30 volts. As eficiências de remoção obtidas foram de 87,06% de redução para DQO, 99,63% para a cor e 99,45% para a turbidez.

Palavras-chave: Eletrofloculação. Efluentes. Flexografia.

Abstract - The electroflocculation is a process that involves the generation of coagulants by dissolution of metal ions using aluminum or iron electrode materials, by inducing an electrical current in the solution. In this paper was investigated the design and develop of a treatment system for wastewaters generated in the process of flexography by electroflocculation technique. The experimental setup used in this study consists of a reactor from polycarbonate with a volume of 3.78 L, and the electrode material made of iron plates SAE1010 at a spacing of 20 mm. The unit was connected to the power source up to 30 volts by using a model PS1001 Icel. The removal efficiencies obtained were 87.06% reduction in COD, 99.63% and 99.45% for color and turbidity.

Keywords: Electroflocculation. Wastewaters . Flexography.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um sistema de tratamento para efluentes gerados na utilização do processo de impressão através da flexografia pela técnica de eletrofloculação.

Conforme definição encontrada no Manual de Impressão Flexográfica da ABTG (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA GRÁFICA, 2008), flexografia é um processo de impressão gráfica em que a

fôrma (clichê de borracha ou fotopolímero) é relevográfica. As tintas utilizadas no processo de impressão são tintas líquidas à base de água ou solvente.

A flexografia permite a impressão em variados suportes como: papelão ondulado, rótulos, etiquetas adesivas, sacos e sacolas plásticas, pet, etc. Esta tecnologia tem evoluído constantemente, o que contribui para a melhoria de sua produtividade e da qualidade de seus produtos, com efeitos positivos na diminuição dos efluentes gerados.

Os efluentes gerados são basicamente residual aquoso de tintas utilizadas no processo gráfico.

Alternativas tecnológicas de tratamento deste tipo de efluente que minimizem os investimentos iniciais e atendam os padrões de lançamento adequados frente à legislação ambiental são de interesse. Uma destas tecnologias, objeto deste trabalho, consistiu na aplicação da técnica de eletrólise para tratamento deste tipo de efluente.

A eletrofloculação é um processo que envolve a geração de coagulantes *in situ*, íons metálicos, a partir de eletrodos de ferro e/ou alumínio pela ação de corrente elétrica aplicada. A geração de íons metálicos ocorre no anodo, enquanto o gás hidrogênio é produzido no catodo.

De acordo com Silva (2002), em função da complexidade dos fenômenos envolvidos nos processos eletrolíticos de tratamento de efluentes, ocorrem três estágios sucessivos de operação:

Formação de um agente coagulante através da oxidação eletrolítica do eletrodo de sacrifício (Fe ou Al), ocasionando a neutralização das cargas superficiais, a desestabilização das partículas coloidais e a quebra de emulsões (eletrocoagulação);

Agglutinação das partículas desestabilizadas pelos hidróxidos de ferro e alumínio, que são coagulantes naturais favorecendo a formação e o crescimento dos flocos (eletrofloculação);

Geração de microbolhas de oxigênio (O₂) no anodo e de hidrogênio (H₂) no catodo, que sobem à superfície colidindo e sendo adsorvidas pelos flocos, carregando por arraste as partículas e impurezas em suspensão no meio e

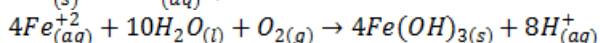
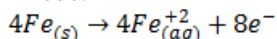
promovendo dessa forma a clarificação do efluente (eletroflotação).

Segundo Mollah *et al.* (2001), o mecanismo da eletrólise é altamente dependente da química do meio aquoso, especialmente a condutividade. Além disso, outras características, tais como pH, tamanho da partícula e concentrações dos constituintes influenciam também o processo. Conseqüentemente, a seleção apropriada do material do eletrodo é muito importante, sendo os mais comuns o alumínio e o ferro, pois são eficazes e possuem custo reduzido.

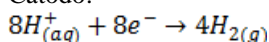
As reações prováveis são mostradas abaixo:

MECANISMO 01:

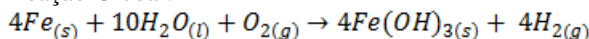
Anodo:



Cátodo:

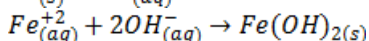
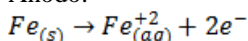


Reação Global:

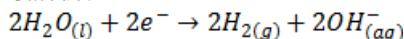


MECANISMO 02:

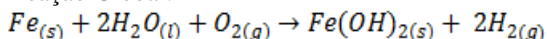
Anodo:



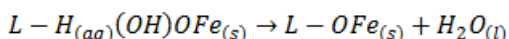
Cátodo:



Reação Global:



Ainda segundo Mollah *et al.* (2010), as partículas de $Fe(OH)_n$ formam uma suspensão gelatinosa que pode remover os poluentes do efluente por complexação ou atração eletrostática, seguida de coagulação. A forma mais estável de compostos férricos é o composto α - $FeO(OH)$, o qual pode formar complexos em que o poluente age como um ligante (L), de acordo com a equação:



Também pode ser considerada a existência de uma forte agente oxidante, atribuída a oxidação causada pelos radicais *OH , formados durante a eletrólise, ou pela rápida existência do íon *ferrato*, poderoso oxidante, ambos com poder de oxidação superior ao do cloro, hipótese levantada por Gili (2015).

II. PROCEDIMENTOS

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de tratamento de efluentes gráficos pela técnica de eletrofloculação.

2.1 – Caracterização do Efluente

Para este trabalho o efluente oriundo da indústria gráfica foi caracterizado para alguns parâmetros específicos: DQO, sólidos totais, turbidez, pH, temperatura, condutividade elétrica e cor. A Tabela 01 apresenta um

resumo dos valores encontrados na amostra utilizada nos ensaios.

A coleta e análise dos efluentes foi efetuada por laboratório especializado terceirizado. Um volume de 40 l foi separado para os ensaios de bancada.

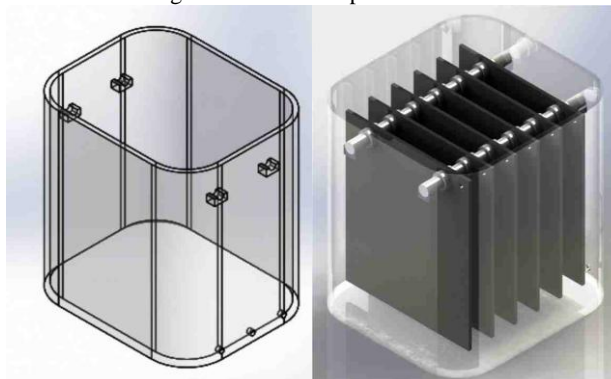
Tabela 01 – Caracterização do efluente bruto.

Parâmetros	Valor
DQO (mg O ₂ /L)	2.562,81
Sólidos totais (mg/L)	2.700,00
Turbidez (NTU)	980,00
pH	8,23
Temperatura	25,93
Condutividade (mS/cm)	596,40
Cor (Pt-Co)	30948

Foram definidos alguns parâmetros operacionais para o sistema que consistem em: tempo de reação; condutividade elétrica do efluente; corrente e tensão elétricas aplicadas a célula eletrolítica.

A célula foi montada em um reator de policarbonato de volume de 3,78 L. A Figura 1 representa o reator sem os eletrodos e com os eletrodos.

Figura 1 - Reator de policarbonato



Fonte: Autores, 2016

A célula eletrolítica (Figura 2), foi confeccionada em aço SAE 1010, com eletrodos de área superficial de 0,54 m² separados por suportes de nylon com 20 mm de espaçamento entre os eletrodos.

Figura 2 - Célula Eletrolítica



Fonte: Autores, 2016

A tensão (corrente) elétrica foi fornecida por equipamento PS1001 marca ICEL.

2.2 – Procedimento Experimental

Após a homogeneização do efluente (agitação rápida da *bombona* de armazenamento) para agregar os decantados, foi preparada uma amostra com volume de 2,90 L com auxílio de um tubo graduado.

A temperatura e a condutividade inicial foram medidas, sendo então o volume transferido para a célula eletrolítica e a energia elétrica acionada. Iniciou-se a marcação do tempo de reação com cronômetro.

Efetuiu-se o ajuste fino da tensão, ou corrente, dependendo do ensaio. Foram utilizados ensaios com tempo de reação de 15 e 20 min., em analogia ao aplicado por Gili (2015) no tratamento de efluente têxtil. Foram coletados dados de temperatura e pH a cada 5 minutos.

Para alguns ensaios, também foi adicionado cloreto de sódio 20% (m/m) a amostra inicial, a fim de aumentar e ajustar a condutividade elétrica do efluente para 1200 ou 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ao final do tempo de reação, as amostras foram submetidas à filtração em filtro de papel com densidade de 40 g/m^2 , e o filtrado enviado para análise laboratorial.

Como indicativo da qualidade final do efluente utilizou-se a combinação dos parâmetros DQO, cor e turbidez, minimizando desta forma os custos das análises. Com estes parâmetros é possível avaliar e verificar o desempenho do tratamento do efluente.

III. RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta um resumo dos parâmetros operacionais utilizados nos ensaios (tempo, densidade de corrente e condutividade inicial), bem como o resultado final da condutividade.

Tabela 2 – Parâmetros utilizados e resultado obtido durante os ensaios.

	Tempo (min)	Densidade de Corrente	Condutividade	
			Inicial	Final
Amostra 1	15	37 ($\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$)	1209,50	1152,25
			1623,25	1400,00
	20		1208,75	1178,75
			1640,00	1466,75
Amostra 2	15	75,29 ($\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$)	1208,25	1135,25
			1622,00	1197,95
	20		1208,00	1081,30
			1621,00	1513,00

Observa-se através da Tabela 2 que a condutividade final para todos os ensaios são menores do que a inicial, provavelmente em função da diminuição da matéria orgânica oxidada.

As Figuras 3 e 4 ilustram o aspecto da Amostra 1 e 2 nos instantes inicial e final, respectivamente. Analisando qualitativamente, se evidencia que o processo de eletroflotação para este tipo de efluente apresenta bons resultados na diminuição da cor e da turbidez.

Figura 3 - Aspecto da amostra 01 inicial e final



Figura 4 - Aspecto da amostra 02 inicial e final



A fim de avaliar quantitativamente o processo de eletrofloculação, os resultados dos experimentos foram expressos por turbidez, cor e DQO (Figuras 5, 6 e 7), onde notavelmente os resultados apresentam uma tendência exponencial. Isto significa que o processo de eletrofloculação atinge excelentes resultados de eficiência até um determinado tempo (20 minutos, neste caso). Uma regressão exponencial é capaz de reproduzir muito bem este comportamento, conforme resultados dos coeficientes de correlação para cada curva, podendo ser utilizada no dimensionamento para uma escala maior.

Figura 5 - Queda na turbidez em relação ao tempo.

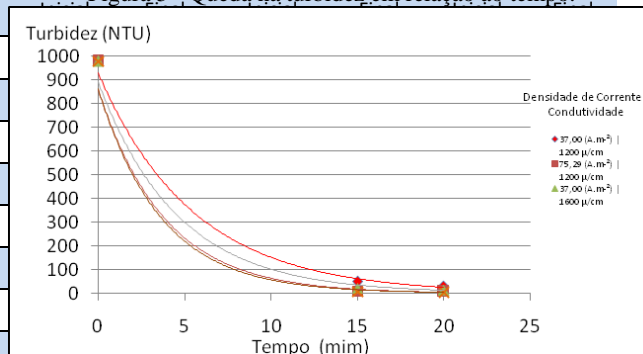


Figura 6 - Queda na cor aparente em relação ao tempo.

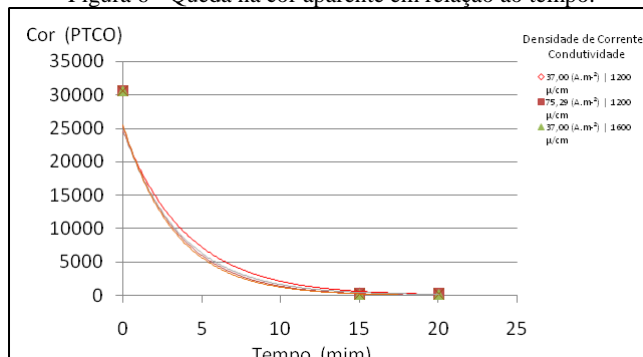
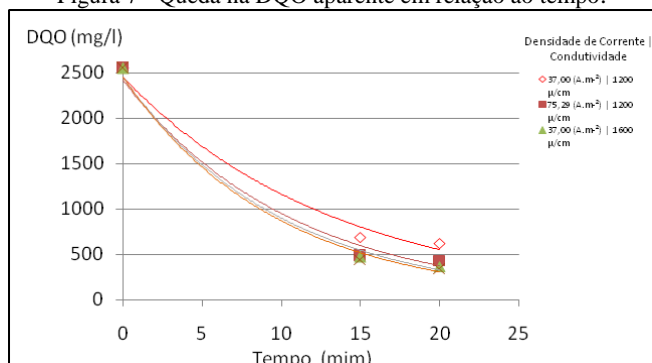


Figura 7 - Queda na DQO aparente em relação ao tempo.



A partir de 20 minutos, pela tendência apresentada nas Figuras 5, 6 e 7, a taxa de redução dos parâmetros acima mencionados não deverá evoluir consideravelmente sendo o processo de eletro-floculação não sustentável devido ao aumento no gasto energético.

A diminuição global dos parâmetros analisados, principalmente cor e turbidez, excede 95 % de eficiência para densidade de corrente mantida a 37 A/m², conforme pode ser observado nas Figuras 8 e 9. A redução da DQO para as mesmas condições é superior 71%.

Figura 8 - Eficiência de redução nos parâmetros com densidade de corrente de 37 A/m² e menor condutividade.

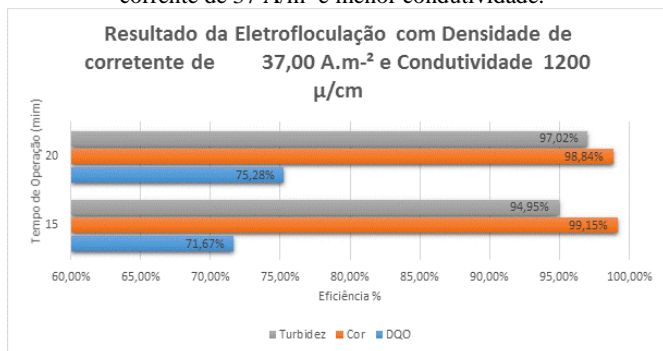
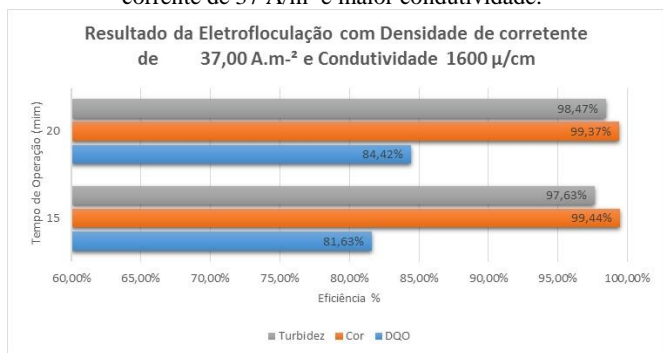


Figura 9 - Eficiência de redução nos parâmetros com densidade de corrente de 37 A/m² e maior condutividade.



Com uma maior densidade de corrente elétrica aplicada, apresentados nas Figuras 10 e 11, obtêm-se valores próximos e até superiores a 99 % no mesmo tempo de processo do caso anterior (20 minutos) para cor e turbidez e na ordem de 81 a 87,06% para DQO.

Figura 10 - Eficiência de redução nos parâmetros com densidade de corrente de 75 A/m² e menor condutividade.

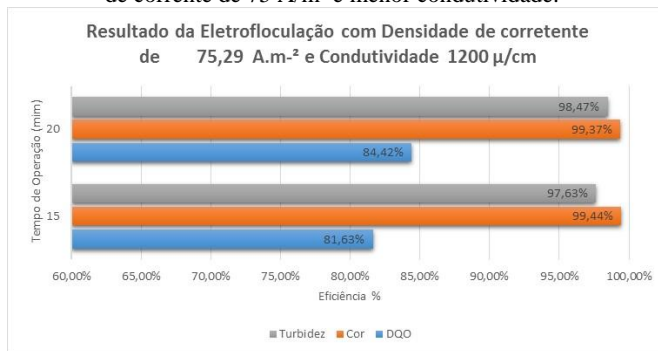
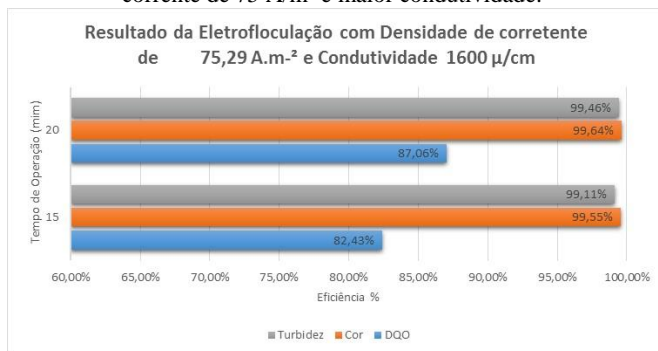


Figura 11 - Eficiência de redução nos parâmetros com densidade de corrente de 75 A/m² e maior condutividade.



Nota-se que os ensaios que utilizaram uma maior concentração de sal (maior condutividade), propiciaram melhores resultados na eficiência de remoção dos parâmetros avaliados. A densidade de corrente também influenciou no aumento considerável da eficiência de remoção dos parâmetros. Entretanto, deve-se mensurar se o aumento do consumo energético entre a primeira e a segunda condição operacional (densidade de corrente), que acarreta em maior custo operacional, compensa a redução necessária dos parâmetros analisados (turbidez, cor e DQO) de acordo com a legislação vigente.

IV. CONCLUSÃO

O tratamento de resíduos por processo eletrolítico mostrou-se eficiente para aplicação em efluentes da indústria gráfica, apresentando elevado percentual de redução nos principais parâmetros analisados.

Trata-se de uma técnica operacional simples e de fácil instalação, visto que a construção do equipamento e o principal material de consumo, os eletrodos, são de fácil aquisição e fabricação. Outro ponto favorável é que este tipo de processo necessita de espaço reduzido para sua instalação, quando comparado aos tratamentos convencionais utilizados atualmente.

Uma análise detalhada do custo energético deve ser utilizada quanto da definição da densidade de corrente ideal à ser aplicada, visto que os resultados são mais dependentes da condutividade do que da densidade de corrente.

O tempo de processo também deve ser avaliado conforme a legislação local, o que acarretará em uma economia no custo energético. As regressões podem ser utilizadas para obter o tempo ideal para cada situação.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Tecnologia Gráfica, ABTG. **Manual de impressão flexográfica**, São Paulo, 2003. Disponível em <<http://www.abtg.org.br/download/738428p486n44626d7s22958g269e4f85977q587h2c96>>. Acesso em 30 abr. 2016.

GILI, I. **Tratamento de efluentes por eletrólise**: estudo de caso para efluentes têxteis. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Química. UFSC. 2015.

MOLLAH, M.; et al. Electrocoagulation (EC): science and applications. **Journal of Hazardous Materials**. B84 (2001) pg. 29 a 41.

SILVA, A. L. C., Processo eletrolítico: Uma alternativa para o tratamento de águas residuárias. 2002, 60f. Monografia de Especialização em Química Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

VI. AGRADECIMENTOS

Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação MCTI / Biotec - Engenharia de Sistemas Biológico Projeto: 402593/2013-8 - Uso de tecnologias empregando biomassas e fungos ligninolíticos para melhoria da competitividade industrial por meio da implantação de biofábricas.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO PARA DETERMINAÇÃO DE CLORANFENICOL EM ÁGUAS NATURAIS

METHOD DEVELOPMENT SPECTROPHOTOMETRIC FOR DETERMINATION OF CHLORAMPHENICOL WATERS NATURAL

MÁRCIO RICARDO RODRIGUES GOMES¹; SAMUEL DE JESUS LINS MACHADO FILHO¹; ANASTÁCIO PINTO GONÇALVES FILHO¹; LUCIANA BITENCOURT OLIVEIRA²; ELAINE MENESES SOUZA LIMA².

1-UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA-UFBA; 2-INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE-IFS;

márcio13gomes@yahoo.com.br; samuf@uol.com.br; anastaciofilho@ufba.br;
 luciana.bitencourt.ifs@gmail.com; lane.card@uol.com.br.

Resumo - O cloranfenicol (CAP), D-(-)-treo-2,2-dicloro-N-[β-hidroxi-α-(hidroximetil)-p-nitrofenil] é um antibiótico utilizado nos casos de doenças como febre tifoide, meningite bacteriana e conjuntivite. E mesmo não tendo Limite Máximo de Resíduos (LMR) estabelecido e lei Federal de proibição da aplicação veterinária, vem sendo utilizado no cultivo de camarões. Este trabalho se propôs a desenvolver um método espectrofotométrico fundamentado na técnica UV/VIS, para determinação desse fármaco em águas superficiais, cujo procedimento de otimização multivariada se deu a partir do planejamento fatorial completo 2^k. E as condições experimentais de otimização foram: pH 4,0; concentração de cloranfenicol 6.10⁻³ mol L⁻¹; LOD e LOQ verificados foram respectivamente, 2,53.10⁻³ μmol L⁻¹ e 8,44.10⁻³ mol L⁻¹; e precisão fica em torno de 5,1% (n = 5).

Palavras-chave: Cloranfenicol. Espectrofotometria. Carcinicultura.

Chloramphenicol (CAP), D-(-)-threo-2,2-dichloro-N-[β-hydroxy-α-(hydroxymethyl)-p-nitrophenyl] is an antibiotic used in cases of diseases such as typhoid fever, bacterial meningitis and conjunctivitis. And even though it does not have Maximum Residue Limit (MRL) established and Federal law prohibiting veterinary application, it has been used in shrimp farming. This work aimed to develop a spectrophotometric method based on the UV / VIS technique for the determination of this drug in surface waters, whose multivariate optimization procedure was based on the 2k complete factorial design. And the experimental optimization conditions were: pH 4,0; Chloramphenicol concentration 6.10⁻³ mol L⁻¹; LOD and LOQ were, respectively, 2,53.10⁻³ μmol L⁻¹ and 8,44.10⁻³ mol L⁻¹; And accuracy is around 5,1% (n=5).

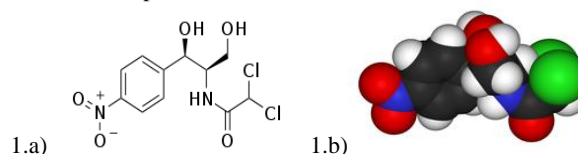
Keywords: Chloramphenicol. Spectrophotometry. Shrimp farming.

I. INTRODUÇÃO

O composto *cloranfenicol* (CAP), D-(-)-treo-2,2-dicloro-N-[β-hidroxi-α-(hidroximetil)-p-nitrofenil] (IUPAC, 2016), Figuras 1a e 1b, de massa molar 323.1325 g mol⁻¹ e fórmula molecular C₁₁H₁₂C₂N₂O₅, é um antibiótico com classificação bacteriostática de amplo espectro, que tem sido aplicado como medicamento de uso veterinário e humano, devido as suas propriedades de combater uma variedade de microrganismos aeróbios e anaeróbios

(ALVES, BUSTILOS & PIRES, 2006). Mas devido aos seus efeitos secundários graves em seres humanos, a sua utilização é limitada a infecções muito graves, tais como a febre tifoide, meningite bacteriana e conjuntivite. Apesar de seus efeitos colaterais, a Organização Mundial de Saúde - OMS defende seu uso em muitos países em desenvolvimento, na ausência de tratamentos mais baratos (MULROY, 2001).

Figuras 1a e 1b - Fórmula estrutural e arranjo tridimensional, respectivamente, do cloranfenicol.



Fonte: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cloranfenicol>

A administração independente desse fármaco sem considerar a dose exata a ser administrada, está relacionada a efeitos colaterais perigosos, e esses são altamente danosos em virtude de possíveis consequências tais como anemia plasmática (diminuição dos glóbulos vermelhos por toxicidade aguda da medula óssea) (STEDMAN, 1996). Diante desse contexto, devidamente fundamentada, a Comunidade Europeia proibiu, em 1994, a administração do CAP em animais, como bovinos, suínos, camarões, abelhas, entre outros. Em 1996, a Comunidade Europeia, através da Diretiva 96/23/EC, incluiu o CAP como substância de tolerância zero como limite residual em tecido animal (MORANGUES, IGUALADA & LEÓN, 2012).

Nos anos de 2001 e 2002, a Comunidade Europeia detectou a presença desse medicamento, CAP, principalmente em camarão, produtos da piscicultura e mel, acarretando na proibição e comercialização dos mesmos nesses países (COMMISSION DECISION, 2001) (COMMISSION DECISION, 2002).

Devido ao alto índice de aplicação de fármacos tanto na área da saúde humana quanto na veterinária, muitos

trabalhos estão sendo direcionados ao estudo da incidência dessas substâncias no meio ambiente. Do total da dosagem de um fármaco excretada, cerca de 50% e 90%, desta permanece inalterada e persiste no meio ambiente (MULROY, 2001).

O intemperismo pode favorecer o surgimento de metabolitos, que podem ser ainda mais nocivos que o próprio fármaco de origem. O que permanece no meio pode acarretar problemas ambientais como a contaminação dos recursos hídricos da área de despejo e a bioacumulação em microrganismos. Dentre os grupos de fármacos residuais merecem atenção especial, os antibióticos, devido ao seu alto potencial de formação de bactérias resistentes no meio ambiente (KUMMERER, 2001).

Antibióticos exercem a chamada "pressão seletiva", ou seja, em contato com microrganismos exercerão sua atividade, levando à morte as cepas sensíveis sobrevivendo então as resistentes. Com o uso frequente, essa seleção leva ao predomínio das cepas que de alguma forma sobreviveram. Assim, uma bactéria que habita um ambiente que contenha porções de antibiótico pode adquirir resistência a essa substância, tornando-se assim um problema de saúde pública (FIO, MATTOS & GROppo, 2008). A ocorrência de fármacos residuais no esgoto doméstico e águas naturais é um fato relevante e de preocupação internacional. Estudos demonstram que esses fármacos e seus metabólitos estão presentes em ambientes aquáticos em várias partes do mundo, como Alemanha, Brasil, Canadá, Holanda, Inglaterra, Itália, Suécia, Estados Unidos e Reino Unido (BILLA & DEZOTTI, 2003).

O CAP é um fármaco de utilização restrita em humanos nos casos de doenças como febre tifoide, meningite bacteriana e conjuntivite, pois está sempre associado ao aparecimento de sérios efeitos colaterais como anemia plasmática, uma rara e séria desordem sanguínea (OLIVEIRA, BANDO & MACHINSKI, 2007).

Mesmo não tendo Limite Máximo de Resíduos (LMR) estabelecido e lei Federal de proibição da aplicação veterinária, o CAP vem sendo utilizado no cultivo de algumas espécies animais, principalmente em peixes e crustáceos, o que leva a uma contaminação do ambiente aquático (MAPA, 2003).

A segurança microbiológica de pescados é uma preocupação constante de consumidores, indústrias e agências reguladoras no âmbito mundial. Logo, a identificação rápida e precisa de agentes indesejáveis como patógenos ou fármacos, na cadeia produtiva é importante tanto para a garantia da qualidade e/ou de arrastar agentes infecciosos dentro da cadeia (MATACA et al., 2014).

Com o objetivo de detectar e determinar a concentração de antibióticos, pesquisadores desenvolvem métodos que possam quantificar estes fármacos em formulações farmacêuticas, alimentos e em fluidos biológicos, porém no meio aquático esses métodos ainda são restritos (HILALI, 2003).

Atualmente as técnicas utilizadas para detecção de cloranfenicol são: cromatografia em camada delgada (CDD), cromatografia gasosa com detectores de captura eletrônica (CG-DCE) e espectrofotometria de massas (GC-MS), cromatografia líquida de alta eficiência com detecção ultravioleta (CLAE-UV) e cromatografia de massas em "tandem" (CLAE-EM/EM). Entretanto essas técnicas são laboriosas e de custo elevado quando comparadas a técnica espectrofotométrica (SKOOG et al., 2007).

Assim, uma alternativa viável para detecção desse fármaco é a Espectrofotometria de Ultravioleta/Visível (UV/VIS), uma das técnicas analíticas mais empregadas, em função de robustez, custo relativamente baixo e grande número de aplicações desenvolvidas. A espectrofotometria é fundamentada "na medida da quantidade de radiação produzida ou absorvida por moléculas ou espécies atômicas de interesse" (ROCHA & TEIXEIRA, 2004).

Os métodos ópticos (baseadas na Lei de Beer-Lambert) de absorção da radiação podem ser efetuados em amostras no estado sólido, líquido ou gasoso, nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético (OMAR, ABDELMAGEED & ATTIA, 2009).

A aplicação de ferramentas quimiométricas como o planejamento fatorial completo em dois níveis no qual número de experimentos (n) é obtido a partir da expressão $n = 2^k$, onde k corresponde ao número de fatores investigados; gráfico de Pareto, o qual corresponde à resposta do planejamento fatorial e matriz Doehlert, resultam na otimização multivariada dos procedimentos analíticos de modo a reduzir tempo, gastos e consumo de reagentes (FERREIRA, 2015).

Diante desse contexto o presente trabalho se propõe a desenvolver um método espectrofotométrico, otimizado por ferramentas quimiométricas, para avaliar a aplicabilidade da técnica UV/VIS como alternativa para determinação de cloranfenicol em águas superficiais do rio Una (Valença/BA), selecionado devido, ao uso comum do CAP em fazendas de camarão, nessa região, e até o presente momento, não apresentar níveis de poluição e nem de contaminação, em relação a esse fármaco.

II. PROCEDIMENTOS

2.1 - Reagentes

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico (P.A.). O padrão primário do composto cloranfenicol com 98% de pureza foi adquirido da empresa Supelco (Bellefonte, PA, EUA). Os reagentes inorgânicos utilizados foram, Hidróxido de Sódio, Ácido Clorídrico e Ácido Nítrico P.A. e tampão Fosfato pH 4,0, 7,0 e 9,0 (Merck, SIGMA, BR). Água ultra pura foi purificado em um sistema de purificação de água Milli-Q (0520 Gemakan-LZ Millipore LZ, German).

2.2 - Instrumentos

As análises foram realizadas num Espectrofotômetro de absorção molecular da FEMTON (600 PLUS, São Paulo, BR). Foram utilizados ainda, balança analítica eletrônica (Acculab Satoris-ALC-210-4, EUA); centrifuga com um sistema da Novainstruments (NI 1810X, Brasil); e medidor de pH (Modelo MPA 210, Tecnopon, Brasil).

2.3 - Metodologia

2.3.1- amostragem

As amostras foram coletadas de forma aleatória na superfície do rio Una, localizado na Cidade de Valença-BA e acidificadas com ácido nítrico (HNO_3 , concentrado), a fim de manter sua integridade e armazenadas sob refrigeração à temperatura de no máximo 4° C durante o transporte para o laboratório e assim foram mantidas refrigeradas em freezer até a realização das análises.

2.3.2 - Teste de solubilidade do cloranfenicol

Cerca de 100 mg de cloranfenicol foram pesados em balança analítica e dissolvidos em 10 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol L⁻¹.

O procedimento de pesagem foi repetido utilizando solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol L⁻¹; solução tampão pH 4,0; e solução tampão pH 9,0 para posterior preparo da solução estoque, de concentração 1.10⁻² mol L⁻¹.

2.3.3 - Determinação do comprimento de onda de absorção do cloranfenicol

A partir da solução estoque de cloranfenicol 1.10⁻² mol L⁻¹, uma solução de concentração 1.10⁻⁶ mol L⁻¹ foi preparada para determinar o comprimento máximo de absorção na região do ultravioleta (UV).

2.3.4 - Desenvolvimento do Método

A otimização do método se deu a partir da utilização de duas ferramentas estatísticas de análise multivariada:

- Planejamento Fatorial Completo 2^k, que gerou o gráfico de Pareto;

- Matriz Doehlert, que gerou o gráfico de superfície de resposta.

E de posse das condições ótimas, para o método espectrofotométrico foi construída a curva analítica, cuja linearidade foi estudada através da faixa de trabalho que ficou assim definida: 1.10⁻⁷, 5.10⁻⁷, 1.10⁻⁶, 3.10⁻⁶ e 6.10⁻⁶ mol L⁻¹, de soluções padrão de cloranfenicol (preparadas a partir da solução estoque 1.10⁻² mol L⁻¹).

As amostras reais de água, coletadas no rio Una, após alcançarem a temperatura ambiente foram filtradas em membranas de 0.45 µm, para garantir a limpidez destas e posteriormente foram centrifugadas afim de minimizar os efeitos de interferentes na sensibilidade do método. A centrifugação durou 5 minutos e foi realizada a 2500 rpm. O método de adição padrão foi realizado em comprimento de onda máximo de absorção para o cloranfenicol (comprimento de onda 278,5 nm).

III. RESULTADOS

3.1 - Teste de solubilidade do cloranfenicol

O cloranfenicol é solúvel em meio aquoso, de modo que o método se aproxima das condições naturais, a que o fármaco é submetido em condições ambientais. Tendo sua maior solubilidade em meio ácido, em torno de pH 4,0. Logo a melhor opção para o preparo da solução estoque foi dissolver o analito em solução tampão fosfato pH 4,0. Quanto a estabilidade da solução estoque de cloranfenicol esta deve ser mantida sob refrigeração a 4° C, durante um período máximo de uma semana.

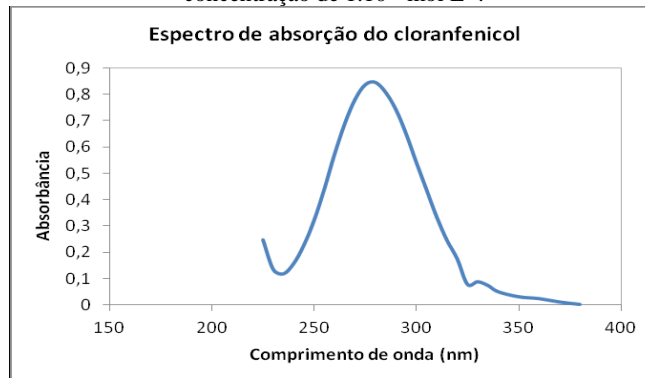
3.2 - Determinação do comprimento de onda máximo de absorção do cloranfenicol

O espectro de absorção (absorbância – ABS) para o cloranfenicol foi realizado em condições otimizadas, utilizando uma solução de concentração de cloranfenicol a 1.10⁻⁶ mol L⁻¹. A varredura foi realizada no intervalo de 220 a 400 nm na região do ultravioleta (UV) contra o branco.

O branco consiste em uma solução que contém o tampão fosfato pH 4,0 e água ultra pura, porém não contém o analito, cloranfenicol. Foram preparadas dez (10) replicatas para o branco. Já para a amostra foram feitas cinco replicatas.

O comprimento de onda máximo encontrado foi de 278,5 nm, como apresentado na Figura 2. Isso demonstra que nesse determinado comprimento de onda, o cloranfenicol absorve mais energia eletromagnética e portanto o instrumento consegue medir a atenuação da luz incidente na cubata (caminho óptico de 1 cm).

Figura 2 - Espectro de absorção do cloranfenicol com concentração de 1.10⁻⁶ mol L⁻¹.



Fonte: Autores, 2016.

3.3 - Otimização

3.3.1 Planejamento fatorial completo 2^k

Para avaliar melhor as condições de realização do método, foi realizado um estudo da robustez, aplicando um planejamento fatorial completo em 2 níveis (2³), cujos dados estão apresentados na Tabela 1, e envolveu as variáveis, pH e concentração de cloranfenicol (mol L⁻¹). Essas variáveis foram avaliadas quanto ao seu efeito, significância e suas interações.

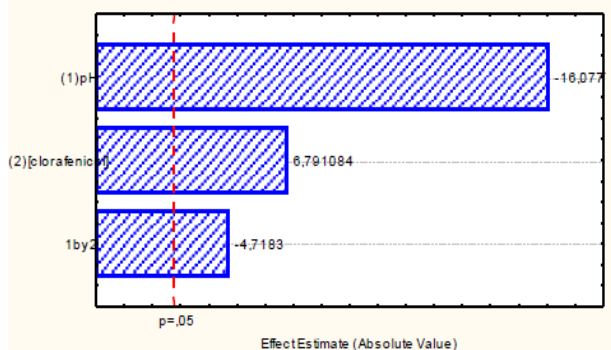
A resposta obtida como sinal analítico (absorbância-ABS), foi analisada utilizando o software STATISTICA 10.0, a partir do qual se obteve o gráfico de Pareto (Figura 3). A partir das respostas quimiométricas, foi construído o gráfico de Pareto, cujas variáveis foram significativas a um nível de confiança de 95%. Os níveis das variáveis estão codificados.

No entanto, o fator que mais influenciou o procedimento quanto a determinação do analito foi o pH; à medida que este diminui a resposta analítica aumenta, possivelmente devido ao fato, de que o cloranfenicol em meio ácido, permanece na sua forma molecular e com a diminuição da concentração de íons H⁺ tende a estar na forma aniônica. A concentração de cloranfenicol apresenta um efeito positivo, à medida que esta aumenta a resposta analítica em termo de absorbância também aumenta, denotando que o sistema deve comportar-se linearmente no intervalo das concentrações estudadas.

Tabela 1 - Planejamento fatorial 2³ para pH e concentração de cloranfenicol (C (µmol L⁻¹)) para avaliação da robustez.

Experimentos	pH	C (µmol L ⁻¹)	ABS
01	(1)	(1)	0,0195
02	(1)	(1)	0,0205
03	(1)	(-1)	0,0245
04	(1)	(-1)	0,0305
05	(-1)	(1)	0,0495
06	(-1)	(1)	0,0565
07	(-1)	(-1)	0,0565
08	(-1)	(-1)	0,0890
09	(0)	(0)	0,0730
10	(0)	(0)	0,0495
11	(0)	(0)	0,0890

Figura 3 - Gráfico de Pareto.



Fonte: Autores, 2016.

3.3.2 - Matriz Doehlert

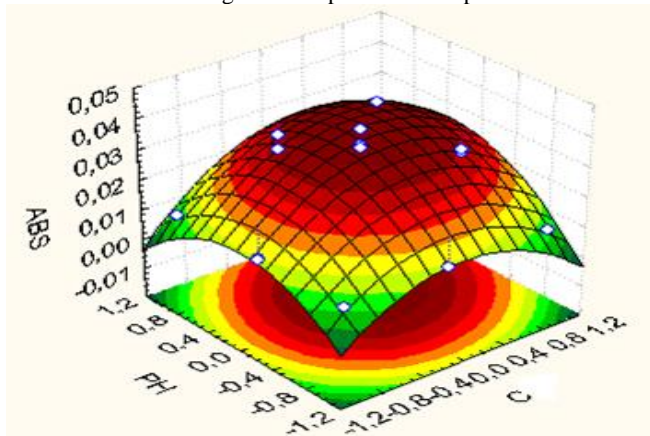
A otimização com a **matriz Doehlert** foi realizada para as mesmas variáveis do gráfico de **Pareto** e a matriz que o gerou é apresentada na Tabela 2 e os níveis das variáveis estão em valores reais e codificados.

Tabela 2 - Matriz Doehlert obtida durante a otimização do método proposto.

Experimentos	pH	C ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	ABS
1	4,0 (1)	1,0 (1)	0,0195
2	4,0 (1)	1,0 (1)	0,0205
3	4,0 (1)	6,0 (-1)	0,0245
4	4,0 (1)	6,0 (-1)	0,0305
5	9,0 (-1)	1,0 (1)	0,0495
6	9,0 (-1)	1,0 (1)	0,0501
07	9,0 (-1)	6,0 (-1)	0,0565
08	9,0 (-1)	6,0 (-1)	0,0650
09	5,0 (0)	3,0 (0)	0,0730
10	5,0 (0)	3,0 (0)	0,0495
11	5,0 (0)	3,0 (0)	0,0890

Os dados obtidos na execução dos experimentos, que compõem a matriz Doehlert geraram a superfície de resposta apresentada na Figura 4. A superfície de resposta pode ser descrita como sendo a ilustração da relação entre concentração de cloranfenicol adicionado à amostra (C $\mu\text{mol L}^{-1}$) e pH.

Figura 4 - Superfície de resposta



Fonte: Autores, 2016.

3.4 - Performance do método

Após a definição das condições otimizadas para o método em relação ao meio tamponado, ao comprimento de

onda máximo para o cloranfenicol e à linearidade, determinou-se os limites de detecção, LOD $2,53 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol L}^{-1}$ e o limite de quantificação, LOQ $8,440 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol L}^{-1}$. Os limites de detecção e de quantificação foram obtidos através da estimativa do desvio padrão do branco de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente.

$$LD = 3s/a \quad (1)$$

$$LQ = 10s/a \quad (2)$$

Onde, s é a estimativa do desvio padrão do branco ($n=10$) e a é a inclinação da curva ou coeficiente angular da curva.

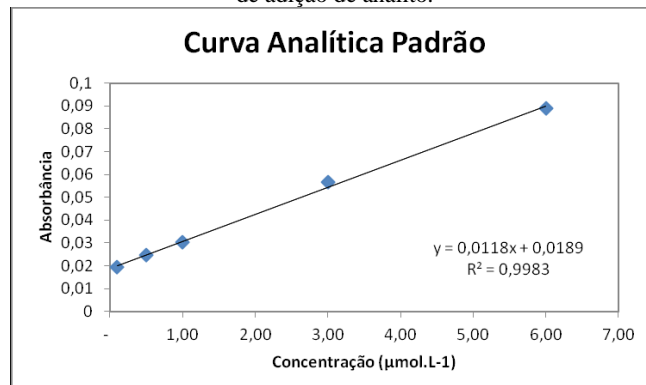
A determinação da absorvância (ABS) foi realizada através da técnica de adição do analito à amostra de água. Para tal, 5,0 mL de amostra foram diluídos para 50 mL em balão volumétrico, com adições de tampão fosfato pH 4,0 e de cloranfenicol de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de absorvâncias referentes às diferentes concentrações de cloranfenicol ($\mu\text{mol L}^{-1}$).

Concentração ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	ABS
0.1	0,0195
0.5	0,0245
1.0	0,0305
3.0	0,0565
6.0	0,0890

A partir dos dados da Tabela 3, a curva analítica padrão foi obtida (Figura 5) definindo assim a equação da curva, $y = 0,0118x + 0,0189$, e $R^2 = 0,9983$, o desvio padrão $2,2 \cdot 10^{-4} \mu\text{mol L}^{-1}$ e o coeficientes de variação ou precisão (RSD) 5,1% ($n = 5$).

Figura 5 - Curva analítica padrão para o cloranfenicol pelo método de adição de analito.



Fonte: Autores, 2016.

O intervalo de confiança IC, obtido a partir da equação (3) a um nível de 95% foi de $2,12 \pm 0,28 \mu\text{mol L}^{-1}$ de cloranfenicol, logo é provável que a média da população μ esteja localizado entre 1,84 e $2,40 \mu\text{mol L}^{-1}$.

$$IC \text{ para } \mu = \bar{x} \pm z\sigma/\sqrt{N} \quad (3)$$

Esses parâmetros de validação do método proposto sugerem que o mesmo pode determinar cloranfenicol em ambientes aquáticos, mesmo sem pré-concentração a depender do perfil de utilização da água natural.

IV. CONCLUSÃO

A partir da avaliação dos resultados obtidos nesse trabalho, é possível se constatar que o método desenvolvido

utilizando a técnica de **Espectrofotometria de Ultravioleta/Visível (UV/VIS)**, se apresenta confiável, a um nível de 95%, quando comparada as técnicas cromatográficas mais utilizadas, em se tratando da determinação de cloranfenicol em águas naturais que tenham influência humana ou mesmo de culturas como camarão. A robustez do método foi comprovada mediante aplicação de ferramentas estatísticas quimiométricas como planejamento fatorial completo e matriz Doehlert, de modo a otimizar as condições do método no modo multivariado. O método se apresentou de baixo custo e considerando que o LQ encontrado é significativamente baixo, nesse se permite determinar concentrações traço.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H.M.J., BUSTILLOS, O.V., PIRES, M.A.F., **Determinação de resíduos de Cloranfenicol em amostras de leite e mel industrializados utilizando a técnica de espectrometria de massas em “tandem” (CLAE-EM/EM)**, Quim. Nova 29 (2006) 586-592.

BILA, D.M., DEZOTTI, M., **Fármacos no meio ambiente**, Quim. Nova 26 (2003) 523-530.

Commission Decision **2001/699/EC of 19 September 2001**; Off. J. Eur.Comm. 2001, L251, 11.

Commission Decision **2002/69/EC of 30 January 2002**; Off. J. Eur.Comm. 2002, L30, 50.

FERREIRA, S.L.C. **Introdução às técnicas de planejamento de experimentos**. Salvador. Vento Leste, 2015.

FIO, F., MATTOS, T., GROppo, F., **Resistência bacteriana**. 2008. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/odontologia/artigos/2835/resistencia-bacteriana>>Acesso em: Julho, 01. 2014.

HILALI, A., **Electrochemical reduction of cefminox at the Mercury electrode and its voltanmetric determination in urine**. Talanta, v. 59, no 1, p. 137-146, 2003.

IUPAC. Global availability of information on agrochemicals. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/index.htm>. Acesso em: 20/10/2016.

KUMMERER, K., **Chemosphere**. 2001. 45, 957.

MAPA, **Legislação sobre Aditivos. Inciso 9. 27/6/2003**.

MATACA, A.R., CAPANEMA, R.O., NICOLINO, R.R., VIANNA, G.R., HDDAD, J.P.A., **Determinação da prevalência mundial de salmonela em pescado**, SODEBRAS, 10 (2015), 208-212.

MORAGUES, F., IGUALADA, C. LEÓN, N., **Validation of the Determination of Chloramphenicol Residues in Animal Feed by Liquid Chromatography with an Ion Trap Detector Based on European Decision 2002/657/EC**, Food Analytical Methods, 5 (2012), 416–421.

MULROY, A., **Water Environ. Technol**. 2001. 13. 32

OLIVEIRA R., BANDO E., MACHINSKI M., **Ocorrência de cloranfenicol em leite pasteurizado comercializado no Estado do Paraná**, Brasil. 2007.

OMAR, M.A., ABDELMAGEED, O.H., ATTIKINETIC, T.Z., **Spectrophotometric Determination of Certain Cephalosporins in Pharmaceutical Formulations**. Int J Anal Chem. (2009), 1-12.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J., CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica, 8º edição**. Editora Thomson. São Paulo, 2007, 999 p.

STEDMAN, T. C.; **Stedman's Medical Dictionary**, 25a ed., Guanabara: Rio de Janeiro, 1996, p. 239.

ROCHA, F., TEIXEIRA, L., **Estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS**. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?>

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DE MUNICÍPIOS CONSORCIADOS DO AGRESTE E MATA SUL DE PERNAMBUCO

GRAVIMETRIC COMPOSITION OF URBAN SOLID WASTE (RSU) OF CONSTITUED MUNICIPALITIES OF AGRESTE AND MATA SUL DE PERNAMBUCO

FERNANDO HENRIQUE FERREIRA DE ALVES MELO¹; DEROVIL ANTÔNIO DOS SANTOS FILHO¹; MARIA ODETE HOLANDA MARIANO¹; SAMUEL DE JESUS LINS MACHADO FILHO²; ANASTÁCIO PINTO GONÇALVES FILHO³

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO-UFPE; 2 – INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS-IFAL; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA-UFBA

fnandomello@gmail.com, derovilsantos@gmail.com, odete.mariano@gmail.com, samuf12@ig.com.br, anastaciopinto@uol.com.br

Resumo – O Aterro Sanitário do Consórcio dos Municípios do Agreste e Mata Sul – COMAGSUL recebe resíduos sólidos de cinco municípios: Agrestina Altinho, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos. A composição gravimétrica desses resíduos sólidos varia de acordo com as características socioeconômicas. O conhecimento da composição gravimétrica dos resíduos é fundamental, pois influencia no gerenciamento do material. A caracterização foi realizada a partir da metodologia da Portaria nº 851/2009 utilizada pela Comunidade Econômica Europeia (CEE), composta por: 10 categorias e 21 subcategorias. Em todos os municípios foi observado uma composição gravimétrica semelhante, sendo: matéria orgânica variando entre 24,5% (Altinho) e 42,7% (Lagoa dos Gatos) e os recicláveis com destaque para os plásticos que variou entre 14,1% (Agrestina) e 24,3% (Altinho) podem ser reaproveitados para a reciclagem e a matéria orgânica que pode ser utilizada na compostagem.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Composição gravimétrica. Municípios consorciados.

Abstract - The Sanitary Landfill of the Consortium of Agreste and Mata Sul Municipalities - COMAGSUL receives solid waste from five municipalities: Agrestina Altinho, Belém de Maria, Bonito and Lagoa dos Gatos. The gravimetric composition of these solid wastes varies according to socioeconomic characteristics. The knowledge of the gravimetric composition of the waste is fundamental, as it influences the material management. The characterization was performed using the methodology of Administrative Rule no. 851/2009 used by the European Economic Community (EEC), composed of: 10 categories and 21 subcategories. In all municipalities, a similar gravimetric composition was observed, being: organic matter ranging from 24.5% (Altinho) to 42.7% (Lagoa dos Gatos) and recyclables with a highlight for plastics, which varied between 14.1% (Agrestina) and 24.3% (Altinho) can be recycled for recycling and organic matter that can be used in composting

Keywords: Solid urban waste. Gravimetric composition. Consortium municipalities.

I. INTRODUÇÃO

O aumento na geração de resíduos resultantes do modo de vida fundamentado no consumo em massa e a aceleração do crescimento populacional têm causado diversos impactos negativos, degradando os bens e serviços ambientais. No Brasil, os problemas originados pela má gestão municipal dos resíduos sólidos urbanos qualificam os RSU como um dos mais difíceis e complexos problemas enfrentados pela sociedade moderna. Aliada a isso, a escassez de recursos de infraestrutura e de recursos de ordem técnico-científica, tornam os resíduos sólidos urbanos um desafio de alta magnitude, sobretudo para os municípios de pequeno porte.

O estudo da composição gravimétrica dos resíduos auxilia a escolha de métodos alternativos de tratamento e disposição final ambientalmente corretos, socialmente justos e economicamente viáveis. As características que compõem os resíduos sólidos urbanos são extremamente diversas, complexas e heterogêneas, sofrendo influência do município gerador. A origem dos RSU auxilia na atribuição de responsabilidades, bem como na escolha da tomada de decisão das etapas mais apropriadas do gerenciamento dos resíduos nas esferas: federal, estadual e municipal (BARROS, 2012).

Fatores econômicos, sociais, geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos, e legais afetam o processo de geração dos resíduos em relação à quantidade e composição. Essas características podem ser identificadas em qualquer etapa do gerenciamento, desde a geração até a disposição final. Dependendo do momento que é realizada a amostragem, as características podem variar de acordo com o processo de geração, manejo, ou técnica de tratamento e disposição final adotadas (TCHOBANOGLIOUS, 2002). As condições da composição dos resíduos estarão sujeitas à ação de microorganismos decompositores e às condições ambientais que promoverão a transformação de seus constituintes liberando emissões gasosas e líquidas

(FIRMO, 2013). O profundo conhecimento da composição dos RSU viabiliza uma avaliação preliminar da sua degradabilidade, do poder de contaminação ambiental e das possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização energética e orgânica (ALCÁNTARA, 2007).

O intuito desse trabalho é caracterizar os resíduos sólidos dispostos no aterro sanitário do COMAGSUL. Para isso foi realizado o estudo da geração *per capita* e composição gravimétrica dos resíduos provenientes de cada um dos municípios componentes do aterro. Estas características são fundamentais para a elaboração de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, pois auxiliam o planejamento estratégico da gestão dos resíduos municipais: projeção da frota, equipamentos de coleta, acondicionamento, quantidade de resíduos a coletar e destinar e o potencial de aproveitamento e comercialização das frações recicláveis e compostáveis.

II. PROCEDIMENTOS

A metodologia foi estabelecida de acordo com as seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico sobre a temática;
- Caracterização dos municípios e do aterro sanitário do COMAGSUL;
- Levantamento de dados preliminares sobre o sistema de gerenciamento atual de coleta dos resíduos sólidos urbanos:

O levantamento de dados sobre o serviço de coleta dos cinco municípios que depositam resíduos no aterro do COMAGSUL foi feito através da aplicação de uma entrevista não estruturada com os responsáveis pelos departamentos de limpeza pública e empresas que coletam e depositam os resíduos no aterro sanitário. Foram analisadas as seguintes informações: a porcentagem da população atendida pelo serviço, frequência de coleta, quantidade e tipo de veículos coletores, número de viagens, origem dos resíduos, dentre outras informações.

Nesse estudo não foram realizadas as análises por setores de coleta, pois não existem diferenças significativas acerca dos padrões socioeconômicos dentro do próprio município e entre um município e outro. Os cinco são municípios de pequeno porte, com PIB *per capita* semelhantes, baixos níveis de desenvolvimento econômico, baixo IDH e não apresentam setor industrial que mereça destaque.

- Determinação das características físicas dos resíduos sólidos urbanos do COMAGSUL:

Foram coletados resíduos recém descarregados dos veículos de coleta, o período de coleta e análise *in loco* se deu entre novembro de 2014 e fevereiro de 2015 (Tabela 1), os veículos tiveram sua massa aferida na balança do aterro sanitário, sendo anotada a massa ao entrar no aterro e depois do descarregamento, sendo considerado apenas a massa líquida de resíduos. As coletas foram realizadas de acordo com as rotas informadas por cada município consorciado. Os municípios de Agrestina e Bonito foram realizados dois dias de composição devido ao porte dos municípios e pelo fato dos municípios coletarem cem por cento de suas rotas em dois dias. Para os demais foram realizados apenas um dia de caracterização devido ao porte dos municípios, e os

mesmos realizarem toda coleta em um dia. Os procedimentos foram replicados para os cinco municípios.

Tabela 1 - Dias de coleta e municípios avaliados na caracterização dos RSU do COMAGSUL.

Municípios	Dias de análise e coleta
Altinho	18 de dezembro de 2014
Agrestina	21 e 28 de novembro de 2014
Belém de Maria	30 de janeiro de 2015
Bonito	5 e 18 de dezembro de 2014
Lagoa dos Gatos	6 de fevereiro de 2015

Fonte: Autores, 2016.

A geração *per capita* foi calculada a partir das aferições de pesagem mensal dos resíduos sólidos urbanos feito através da gestão do aterro do COMAGSUL. Foram utilizados: número de habitantes no município, quantidade de resíduos coletados mensalmente, número de dias de coleta no mês. Obteve-se a geração *per capita* por dia para cada mês através da Equação 1.

$$Geração_{per\,capita} \left(\frac{kg}{hab.dia} \right) = \frac{Q_{resíduos}}{P \times N} \quad (1)$$

G_{percapita} = geração *per capita* (kg/ hab x dia); Q _{resíduos} = quantidade de resíduos coletados (kg); P = população (hab); N = número de dias entre as coletas.

A população utilizada foi obtida através de consulta ao banco de dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE de 2010, e a quantidade de resíduos coletados no aterro sanitário do COMAGSUL no ano de 2014 foram obtidos no banco de dados do Aterro Sanitário. Para o cálculo da composição gravimétrica foi seguida metodologia de quarteamento descrita em Alcantara (2007), Mariano *et al.* (2007), NBR (10.007). Foram coletadas quatro amostras em um recipiente com 100 litros de volume. Cada amostra teve sua massa aferida e posteriormente os resíduos separados por categorias e subcategorias e suas massas pesadas em baldes de 20 litros de volume. A composição de cada categoria foi determinada pela Equação 2.

$$Componente(\%) = \frac{Peso\ da\ fração\ do\ componente}{Peso\ total\ da\ amostra\ (kg)} \quad (2)$$

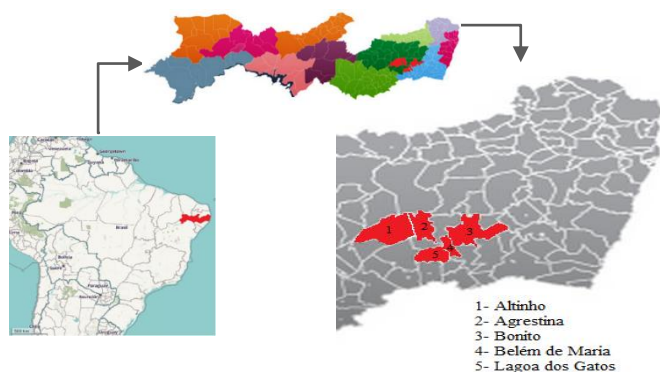
Para a composição gravimétrica foi utilizada metodologia portuguesa, Portaria n° 851/2009 que é a mesma utilizada pela Comunidade Econômica Europeia (CEE). Os resíduos foram categorizados em 18 tipos de materiais: (1) resíduos alimentares (orgânicos); (2) resíduos de jardim; (3) papel/papelão; (4) plástico filme; (5) PET; (6) PEAD; (7) PVC; (8) PP; (9) PEBD; (10) outros plásticos; (11) compósitos; (12) têxtil; (13) sanitários; (14) metal; (15) vidro; (16) madeira/coco; (17) resíduos perigosos; (18) outros resíduos. A metodologia é eficaz na identificação do potencial de aproveitamento dos materiais para fins de reciclagem, aproveitamento e energia.

III. RESULTADOS

3.1 – caracterização dos municípios e do aterro sanitário

A região é composta de cinco municípios de pequeno porte, quatro localizados na RD – Região de Desenvolvimento do Agreste Central: Agrestina, Altinho, Lagoa dos Gatos e Bonito e um na RD Mata Sul: Belém de Maria Figura 1. Apresentam baixo grau de desenvolvimento econômico, com média populacional de aproximadamente 22.600,6 habitantes, segundo estimativas do IBGE para o ano de 2014.

Figura 1 – localização dos municípios consorciados que depositam resíduos no aterro do COMAGSUL



Fonte: BDE (2015).

O aterro sanitário do COMAGSUL localiza-se “Sítio Juá” 8°28’27.69”S; 36°00’26.67” município de Altinho. O local era um lixão e os resíduos eram depositados a céu aberto. Em 2010 a promotoria de justiça do município de Altinho executou uma ação judicial, processo nº463-87.2010-ação cautelar, visando a extinção do lixão e instalação do aterro sanitário. A ação previa: a instalação de um aterro sanitário, retirada da população do lixão, a recuperação da área.

O não cumprimento das medidas geraria: multa diária de 50 mil reais, intervenção judicial retendo 20% das transferências repassadas do governo federal referentes a coleta. Foram acordados termos de ajustamento de conduta, entre o ministério público, o COMAGSUL e os municípios consorciados. Com o descumprimento da medida judicial os municípios sofreram as sanções e o aterro sanitário opera atualmente sob intervenção judicial.

3.2 – Indicadores socioambientais de Altinho

O município de Altinho faz parte da Região de Desenvolvimento Agreste Central dista à capital 161,8 km. O município apresenta clima tropical e bioma caatinga. A economia local está dividida da seguinte forma: 4,77 % advém da Agropecuária; 14,04 % da Indústria; 81,18 % de serviços, sendo 52,15 % da administração pública. O saneamento (Rede d’água + Rede de esgoto + Coleta de lixo), apresenta 51,32 % de domicílios com saneamento adequado, 14,28 % de domicílios com saneamento Semi-Adequado e 34,4 % de domicílios com saneamento Inadequado.

3.3 – Indicadores socioambientais de Agrestina

Agrestina está localizado na Região de Desenvolvimento Agreste Central - RD 08 do Estado de Pernambuco. A distância até a capital é de 154 km apresenta

435 metros de altitude. A vegetação predominante consiste nos brejos de altitude, caatinga hipoxerófila, capineira e capoeira. Em relação ao saneamento (Rede d’água + Rede de esgoto + Coleta de lixo), o município apresenta 62,87 % de domicílios com saneamento adequado, 27,54 % com saneamento Semi-Adequado e 9,59 % com saneamento Inadequado

3.4 – Indicadores socioambientais de Belém de Maria

O município de Belém de Maria está localizado na Região de Desenvolvimento Mata Sul - RD 10 do Estado de Pernambuco. O município possui altitude de 227 m e dista à capital em 158,2 km. O saneamento (Rede d’água + Rede de esgoto + Coleta de lixo), apresenta 32,07 % de domicílios com saneamento adequado, 41,96 % com saneamento Semi-Adequado e 25,97 % com saneamento Inadequado. A economia está dividida: 4,82 % vem da Agropecuária; 12,92 % da Indústria; 82,25 % de serviços, desse 56,70 % advém da administração pública (considerada como serviços).

3.5 – Indicadores socioambientais de Bonito

O município de Bonito localizado na Região de Desenvolvimento Agreste Central - RD 08 do Estado de Pernambuco, possui altitude de 443 m e dista à capital em 132,6 km. Apresenta bioma mata atlântica, a vegetação predominante consiste nos brejos de altitude. A economia local está dividida: 11,58 % do valor vem da Agropecuária; 16,01 % da Indústria; 72,41 % de serviços, desse montante 43,08 % advém da administração pública. Em relação ao saneamento (Rede d’água + Rede de esgoto + Coleta de lixo), o município apresenta 62,43 % de domicílios com saneamento adequado, 22,17 % com saneamento Semi-Adequado e 17,32 % com saneamento Inadequado. .

3.6 – Indicadores socioambientais de Lagoa dos Gatos

O município de Lagoa dos Gatos está situado na Região de Desenvolvimento Agreste Central - RD 08 do Estado de Pernambuco, possui altitude de 464 m e dista à capital em 172,4 km, apresenta bioma Mata Atlântica. A economia local está dividida: 4,73% vem da Agropecuária; 14,96 % da Indústria; 80,31 % de serviços, desse montante 53,60% advém da administração pública.

O saneamento (Rede d’água + Rede de esgoto + Coleta de lixo), apresenta 35,85% de domicílios com saneamento adequado, 32,29% com saneamento Semi-Adequado e 31,86% com saneamento Inadequado. Os dados socioambientais, bem como a geração de resíduos estão compilados na Tabela 2.

Tabela 2 - Indicadores sociais, econômicos e ambientais dos municípios que depositam resíduos sólidos no aterro do COMAGSUL.

Indicadores	Agrestina	Altinho	Bonito	Lagoa dos Gatos	Belém de Maria
Área da unidade territorial (km ²)	200,581	452,523	395,613	224,947	75,141
População estimada 2014 (IBGE, 2010)	24.052	22.865	38.122	16.131	11.833
IDH – Índice de desenvolvimento humano (PNUD, 2010)	0,592	0,598	0,561	0,551	0,578
PIB per capita a preços correntes – 2012 (R\$)	6.427,57	5.158,35	6.385,69	4.943,30	4.764,60
Densidade demográfica (hab./km ²)	119,91	50,52	96,36	71,71	157,47
Geração per capita (SEMAS, 2012) (kg/hab/dia)	0,39	1,04	0,61	1,22	0,71
Geração de Resíduos 2012 (t)	3.284,58	8.519,36	8.320,65	6.746,30	2.971,93
Compostáveis (%) (SEMAS, 2012)	58,31	58,31	58,31	58,31	62,55
Geração de Resíduos Compostáveis 2012 (t)	1.915	4.968	4.852	3.934	1.859
Recicláveis (%)	25,24	25,24	25,24	25,24	17,86
Geração de Resíduos Recicláveis 2012 (t)	829	2150	2100	1703	531
Rejeitos (%)	16,46	16,46	16,46	16,46	19,59
Geração de Rejeitos 2012 (t)	541	1402	1370	1110	582

Fonte: IBGE (2010); SEMAS (2012).

3.7 – Levantamento de dados preliminares sobre o sistema de gerenciamento atual de coleta dos resíduos sólidos urbanos

Segundo o levantamento *in loco* obtido com as entrevistas, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos dos municípios que depositam no aterro sanitário do COMAGSUL é semelhante. A coleta, ela é realizada pelas prefeituras nos municípios de: Altinho, Agrestina e Belém de Maria e empresas contratadas em Bonito e Lagoa dos Gatos. Inexiste uma padronização de rotas de coletas nos municípios, fato que ocorre devido ao tamanho reduzido dos municípios, inconstância de geração que viabilize a coleta diária. Os setores de coleta são divididos conforme a proximidade dos bairros, a capacidade do veículo coletor e o roteiro seguido fica a cargo dos condutores dos veículos. A abrangência dos serviços de coletas correspondentes a 100%

nos cinco municípios com exceção em algumas áreas das zonas rurais.

Os cinco municípios têm coletas alternadas com exceção nos centros dos municípios e vias de acesso, onde geralmente localizam-se os centros comerciais. Em relação aos veículos de coleta: Agrestina possui um compactador (10 m³), três caçambas para podas de árvores e reserva técnica e um trator com carroceria que realiza a coleta. Altinho possui um compactador (10 m³), duas caçambas para podas de árvores e reserva técnica um caminhão com carroceria de madeira que também é utilizado na coleta e um trator com carroceria que realiza a coleta. Lagoa dos Gatos possui dois caminhões com carroceria de madeira e uma caçamba. Belém de Maria possui três caçambas. E Bonito possui quatro caçambas e um caminhão compactador de (10 m³)

3.8 – Geração per capita

A geração per capita de resíduos, pode-se observar que os cinco municípios apresentam geração média per capita de 0,441 kg/habitante.dia⁻¹. Sendo que o município com maior geração foi Agrestina com 0,541 kg/habitante.dia⁻¹ seguido por Bonito com 0,522 kg/habitante.dia⁻¹, Belém de Maria 0,464 kg/habitante.dia⁻¹, Altinho 0,351 kg/habitante.dia⁻¹ e Lagoa dos Gatos 0,325 kg/habitante.dia⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3 - Geração per capita dos RSU dos municípios do COMAGSUL.

Municípios	Quantidade mensal de RSU média em 2014 (toneladas)	Quantidade de RSU segundo PERS (kg/dia)	População atendida nos municípios do consórcio do aterro (habitantes)	Geração média de RSU per capita em kg/habitante.dia ⁻¹
Altinho	367,95	12.265,20	22.679	0,541
Agrestina	240,9	8.030,10	22.865	0,351
Belém de Maria	588,19	19.606,40	37.566	0,522
Bonito	157,94	5.264,60	11.353	0,464
Lagoa dos Gatos	152,25	5.074,90	15.615	0,325
Total	1.507,23	50.241	110.078	0,441

Fonte: Autores, 2016

A produção per capita de resíduos nesse caso aponta para uma relação proporcional entre o maior desenvolvimento e a geração de resíduos, além de da influência direta do tamanho populacional do município e a renda de sua população o que faz com que Agrestina e Bonito se destacassem como aqueles com maior geração per capita de resíduos. Quando analisados alguns aspectos socioeconômicos como PIB e IDH observa-se que os cinco municípios apresentam padrões semelhantes de desenvolvimento, com baixo índice de desenvolvimento humano e baixo PIB per capita. Essas características têm correlação direta com a geração per capita de resíduos.

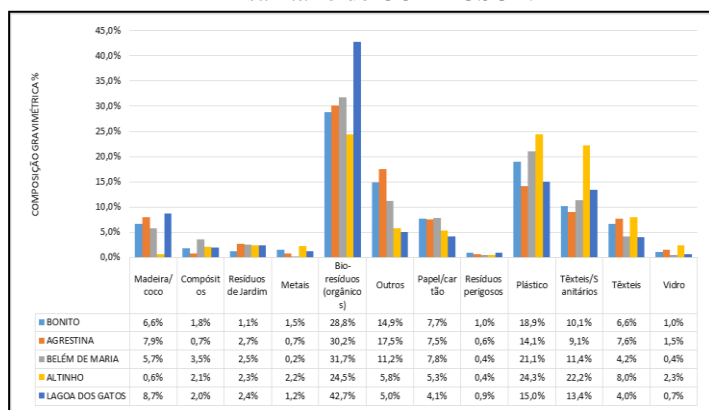
Contudo vale destacar o município de Altinho que apesar de apresentar o terceiro melhor PIB per capita dentre os municípios, coloca-se em penúltimo lugar em relação a quantidade de resíduos per capita gerados 0,351 kg/habitante.dia⁻¹ confrontado o que seria esperado para esse município. Outra diferença considerável entre o PIB per capita e a geração per capita observa-se no município de

Belém de Maria, apesar de ser aquele de menor PIB o que naturalmente promoveria a menor geração per capita.

3.9 – Composição gravimétrica

Em relação a composição gravimétrica de Altinho, Agrestina, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos. Os municípios apresentaram maior predominância do componente orgânicos compatível com aquilo descrito por (FIRMO, 2013); (ALCÂNTARA, 2007); (GRS, 2001); (BARROS, 2012); (SEMAS, 2012) (Figura 2)

Figura 2 - Composição gravimétrica dos resíduos do aterro sanitário do COMAGSUL.



Fonte: Autores, 2016

Percentualmente divergiram em relação aos dados do (GRS, 2001); (SEMAS, 2012) apresentando uma redução em Agrestina de 57,7% para 30,2%; Bonito de 57,1% para 28,8%; Lagoa dos Gatos de 63,4% para 42,7%, Belém de Maria de 59,91% para 31,7% e Altinho de 63,4% para 24,5% respectivamente com maior participação em massa. Destaca-se a presença de Bonito com produção de resíduos orgânicos superiores ao município de Altinho, apesar desse município apresentar um grau de desenvolvimento econômico maior.

Devido ao baixo grau de desenvolvimento econômico era de se esperar uma composição de matéria orgânica acima de 50% entretanto o acesso aos bens de consumo e a proximidade de um grande centro logístico e econômico como Caruaru, viabiliza a aquisição de bens de consumo favorecendo a redução de resíduos orgânicos e aumentando outras classes de resíduos sobretudo os plásticos.

Essa redução da quantidade de matéria orgânica, dentre outros fatores, pode ser correlacionada ao modo de vida, responsável pela substituição de alimentos in natura por ultraprocessados (REINALDO *et al.*, 2015).

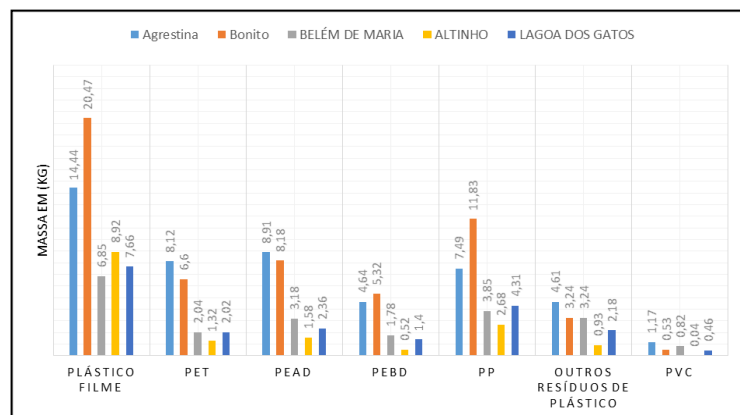
Pode-se destacar ainda a predominância de resíduos orgânicos nos municípios, destacando-se o município de Lagoa dos Gatos com 42,7% seguido por Belém de Maria 31,7%, Agrestina 30,2%, Bonito 28,8% e Altinho 24,5%. Dentre as variadas categorias de resíduos, destaca-se a categoria “outros”, por apresentar uma parcela considerável na composição da massa de resíduos, o município que apresentou a menor proporção desse material foi de Lagoa dos Gatos (5%) e o maior em Agrestina (17,5%), valores próximos a uma faixa observada por (SILVEIRA; LUZ; OLIVEIRA, FILHO, 2014) entre 11,5% e 17,91% para a cidade de São Paulo. No Plano Nacional de Resíduos esse resíduo apresentou 16,7%, para os dados do (GRS, 2001) apontaram 5,6% para Agrestina e 24,60% para Bonito.

Os dados referentes aos resíduos de plástico informados nos estudos do (GRS, 2001) e do (SEMAS, 2012) são idênticos para os municípios de Agrestina (11,5%), Altinho (9,8%), seguido de Bonito (10%) Lagoa dos Gatos (7,5%), o município de Belém de Maria teve sua composição de plástico analisado pela (SEMAS, 2012) com (7,32%). Para a categoria dos resíduos de plástico, segundo maior produto gerado na massa de resíduos do aterro sanitário do COMAGSUL.

O maior gerador foi o município de Bonito (34,31%), seguido de Agrestina (30,17%), Belém de Maria (13,29%), Lagoa dos Gatos (12,46%) e Altinho (9,77%) do total de plásticos gerados. As subcategorias de plásticos se distribuíram de forma equânime e estiveram presentes em todos os municípios. Vale destacar o plástico filme com maior incidência na massa de resíduos, em particular o município de Altinho 8,92kg (55,78%), seguido de Bonito em massa 20,47 kg (36,4%), Lagoa dos Gatos 7,66 kg (37,57%), Belém de Maria 6,85kg (31,48%) e Agrestina 14,44 kg (29,24%) (Figura 3) e (Figura 4).

Apesar do município de Altinho apresentar uma maior porcentagem nessa subcategoria, o município de Bonito apresenta a maior quantidade em massa total dos resíduos de plástico corroborando a correlação existente entre maior desenvolvimento econômico e maior geração de plástico e de papel.

Figura 3 - Subcategorias de resíduos de plásticos dos municípios que depositam no aterro sanitário do COMAGSUL.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 4: percentual das subcategorias de plásticos.



Fonte: Autores, 2016.

IV. CONCLUSÃO

Os municípios que compõem o Aterro Sanitário do COMAGSUL não dispõem de informações precisas das rotas dos veículos de coleta, deixando assim esta informação a cargo dos motoristas que por sua vez não a detinham de maneira clara. Isso dificultou as coletas em campo, principalmente para o cálculo da geração per capita.

Comparando os resultados de geração per capita, composição gravimétrica de cada município podemos perceber que as características populacionais, econômicas, sociais entre outras interferem no tipo de resíduo sólido de cada lugar. Isso explica a diferença de valores dessa caracterização física de um município quando comparado com outro.

Nota-se que é preciso uma reorganização na gestão de resíduos sólidos dos municípios assim como uma atenção maior do aterro para esta questão, pois o grande descarte de matéria orgânica e de recicláveis no aterro sanitário indica que esses materiais poderiam ser interceptados antes do encaminhamento ao aterro, aumentando o seu tempo de utilização e promovendo uma fonte de renda para parte da população sendo reinseridos no processo produtivo através da reciclagem e comercialização dos mesmos.

A redução da quantidade de matéria orgânica, dentre outros fatores, pode ser correlacionada ao modo de vida, responsável pela substituição de alimentos in natura por ultraprocessados.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, Perboyre Barbosa. **Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados**. Tese (doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco, 2007. Recife - PE, 364 fls.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (2004) NBR 10.007: **Amostragem de resíduos**. Rio de Janeiro: ABNT.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.

BASE DE DADOS DO ESTADO-BDE. **Perfil dos municípios**. Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/perfilmunicipios.aspx> Acessado em junho de 2015.

BRASIL. (2010) **Indicadores sociais municipais: uma análise dos resultados do universo do censo demográfico 2010**. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. 151 p <http://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=254598>. ACESSO: JUNHO DE 2015.

FILHO João Alexandre Paschoalin; SILVEIRA, Franciane Freitas; LUZ, Eliane Gonçalves; OLIVEIRA, Ronaldo Barbatto. **Comparação entre as massas de resíduos sólidos urbanos coletadas na cidade de São Paulo por meio de coleta seletiva e domiciliar**. Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS Vol. 3, N. 3. Setembro. / Dezembro. 2014.

FIRMO, Alessandra Lee Barbosa, **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da**

biodegradação de resíduos sólidos urbanos. Tese (doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2013. Recife – PE, 286 fls.

GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (Pernambuco). **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para os Municípios do Agreste Central**. Recife: UFPE, 2001. 37 p.

MARIANO, M.O.H.; MACIEL, F.J.M.; FUCALE, S.P.; JUCÁ, J.F.T.; BRITO, A.R. (2007). **Estudo da composição dos rsu do projeto piloto para recuperação do biogás no Aterro da Muribeca/PE**. VI Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO 2007. Recife, PE

REINALDO, Emanoella Delfino Figueirêdo; SILVA, Reinaldo, Márcia Regina Farias da; NARDOTO, Gabriela Bielefeld; GARAVELLO, Maria Elisa De Paula Eduardo. **Mudanças de hábitos alimentares em comunidades rurais do semiárido da região nordeste do Brasil**. Interciência, MAY 2015, VOL. 40 Nº 5, 2015. Acessado em: julho/2015; Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33937066007>> ISSN 0378-1844.

SEMAS- Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco**. Recife. 2012. 306p.

TCHOBANOGLIOUS, George, KREITH, Frank. **Handbook of solid waste management**. 2ª ed. New York, McGRAW-HILL, 2002. 978p.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ESTIMATIVA DE DADOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO A PARTIR DA MODELAGEM MATEMÁTICA: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU

MODELING OF WATER QUALITY INDICATOR: CASE STUDY OF PIRANHAS-AÇU WATERSHED

DANILO DUARTE COSTA E SILVA¹; JOSÉ GERALDO DE VASCONSELOS BARACUHY¹; WILSON FADLO CURI¹; HENRIQUE CHAVES²

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE; 2 – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA;

daniloduarte777@yahoo.com.br

Resumo – Em países em desenvolvimento é comum a problemática relativa a ausência de dados referentes ao monitoramento de qualidade de água. Por vezes é como se deparar com estruturas deficientes e neste sentido quando há estrutura não há uma gestão que contemple uma segurança no recolhimento de dados. Diante deste fato em época recente um software de ajustes de curvas tem sido recomendado e bem empregado em diversos estudos conhecido como LABFIT. O presente artigo tem como intuito a aplicação do LABFIT como alternativa para composição de dados de monitoramento em uma série onde há ausência de dados. Os resultados foram satisfatórios e podem contribuir para futuras aplicações em contextos semelhantes.

Palavras-chave: Modelagem, Tratamento de água, Demanda Bioquímica de Oxigênio

Abstract - In countries in development is common problematic relative to the absence of data regarding the water quality monitoring. Sometimes come across structures disabled and sometimes when there structure there a problematic management. Considering this fact in season recent there are a software curves adjustments that has been recommended and well employed several studies known as LABFIT. The present article is intended to application LABFIT for monitoring data composition in a series where there is data absence. Results were satisfactory and may contribute to future applications in similar contexts.

Keywords: Modeling, Water Treatment, Biochemical Oxygen Demand

I. INTRODUÇÃO

Na época recente a problemática referente a água tem avançado em diversos países do mundo. Propor alternativas para melhor uso do recurso por vezes tem sido a solução adotada para os mais diversos contextos. Diante deste fato indicadores que reflatam a realidade atual do recurso, bem como a sua dinâmica ao longo do tempo podem se configurar em uma excelente alternativa, principalmente em países em desenvolvimento, onde o tema relativo ao recurso hídrico adquire proporções ainda mais preocupantes. Como alternativa para o manejo de dados em países em desenvolvimento que apresentam um problema em relação

ao monitoramento de dados, tem se difundido o uso de modelagem matemática com vistas a ajuste de curvas, preenchimento de falhas, bem como diversas outras utilidades a partir de uma determinada demanda.

Em relação a tal em anos recentes no Brasil foi desenvolvido um software voltado para modelagem matemática que tem tido sucesso em diversas aplicações, conhecido como LABFIT Ajuste de Curvas com uso amplo no ensino e nos laboratórios de pesquisa. Este software tem como vantagem fornecer certificados de programas estatísticos do *Statistical Reference Datasets Project* (SRDP) do *National Institute of Standards and Technology* (NIST) (SILVA et al., 2004). O software LAB Fit Ajuste de Curvas 7.2.31 (SILVA et al., 2004) foi desenvolvido para analisar e trabalhar com dados em larga escala, uma vez que tem aspectos de ajuste de uma função com sua representação gráfica. Além disso, contém um menu com cálculos estatísticos básicos e outro com cálculos de programação de erros, além de uma biblioteca de mais de 200 funções com uma variável independente e 280 funções com duas variáveis independentes previamente definidas. As funções no software são classificadas conforme valor mais baixo do qui-quadrado (x2), qui-quadrado reduzido (x2 red.), o qual fornece o coeficiente de correlação (r), o coeficiente de determinação (r2) e os graus de liberdade (gl).

Recentemente embora o software LABFIT já tenha sido aplicado em estudos voltados para água (FEIL e HAETINGER, 2014) contudo em estudos voltados para indicadores de tratamento de água (como a Demanda Bioquímica de Oxigênio) ainda é incipiente sua aplicação. O presente artigo tem como intuito a aplicação do LABFIT em uma bacia hidrográfica localizada no semiárido brasileiro conhecida como Piranhas-Açu, como vistas a promover o ajuste de curvas de dados de monitoramento de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

II. METODOLOGIA

Com vistas a aplicação da metodologia foram selecionados dados disponíveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio da Agência Nacionais das Aguas (ANA, 2014) referentes ao período de 2007/2011. Tais dados foram

oriundos do monitoramento da Demanda Bioquímica de Oxigênio realizada nas sub-bacias da bacia hidrográfica Piranhas-Açu (conforme figura abaixo).

Figura 1 – localização da bacia
Mapa de localização da bacia hidrográfica Piranhas-Açu



Fonte: Autores, 2016.

Com vistas a análise foi usado o ajuste de função com o software LABFIT comando “new” para introdução de dados e o comando “find” para definição de qual a melhor função para a série de dados. Neste termos software seleciona das 208 funções qual função é mais adequada e por fim o comando “library” para realização do cálculo. Para proceder a análise foi usado como base o ano de 2006 para cálculo da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A série de entrada está voltada para os anos de “2007” a “2011”, com alguns anos entre a sequência que estão sem dados, dentre os quais o ano de “2009”. O objetivo portanto é com base em uma série de monitoramento que contempla 2007 e 2011, sem dados de 2006, estimar valores para o ano de 2006 e analisar a média do período 2006 a 2009.

Como critério de análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) estão os valores de 3, 5 e 10 mg/l (MMA, 2005). Sendo de 0 até 3 mg/l classificado na classe 1, adequado para abastecimento doméstico após tratamento simplificado. Acima de 3mg/l até 5 mg/l adequada para uso doméstico, após tratamento convencional, classificada como classe 2. Acima de 5 mg/l até 10 mg/l é também adequada ao abastecimento doméstico contudo com uma ênfase em dessedentação animal e culturas arbóreas, sendo classificada como classe 3. Acima de 10 mg/l por sua vez não é adequada para consumo a partir de tratamentos convencionais.

III. RESULTADOS

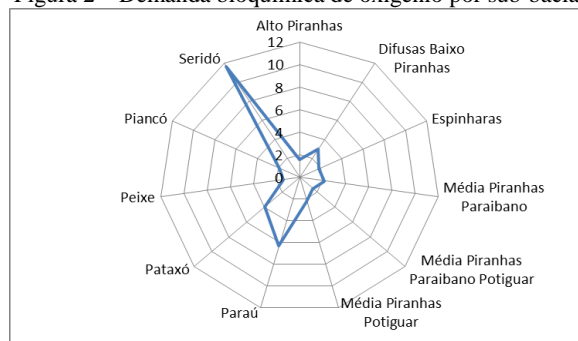
A seguir a Tabela 1 apresenta a função encontrada para cada caso, a média e os valores calculados para os anos de “2006” e “2009”.

Para os valores demonstrados, as séries de monitoramento estavam quase em sua totalidade com mais de 3 valores, e neste sentido a aplicação do *software* se deu de forma satisfatória. No caso da Seridó e da Média Piranhas Potiguar (dado a limitação do software de trabalhar com séries curtas) foi aplicada a função quadrática, recomendada devido os maiores valores de coeficiente de correlação. A Figura 2 abaixo apresenta os valores da demanda bioquímica de oxigênio por sub-bacias.

Tabela 1 – Funções para ajuste de distribuição

Sub-bacia	Função	Média	Valor encontrado (2006)	Valor encontrado (2009)
Alto Piranhas	$Y=(A+X)/(B+C*X**2)$	1.563428065	1.491200507	1.433333333
Difusas Baixo Piranhas	$Y=(A+X)/(B+C*X)$	2.97833284	2.994021328	3.315662363
Espinharas	$Y=A*X+B*X**2$	1.850157828	2.299028306	2
Média Piranhas Paraibano	$Y=SQRT(A-B*(X-C)**2)$	2.126954552	0.913261136	2.86667
Média Piranhas Paraibano Potiguar	$Y=A/X**2$	1.474919452	1.383355818	1.733333333
Média Piranhas Potiguar	$Y=A*X**2+B*X+C$	2.180834081	0	5.610002993
Paraú	$Y=A*COS(B*X+C)+D$	6.2661999	2.335956144	5.917021262
Pataxó	$Y=A*SIN(B*X+C)+D$	3.916179102	3.862943185	0.286430581
Peixe	$Y=(A+X)/(B+C*X**2)$	1.412408729	1.22784725	1.15
Piancó	$Y=1/(A*(X+B)**2+C)$	1.878278871	0	1.400007207
Seridó	$Y=A*X**2+B*X+C$	11.69002583	24.71099741	5.423664062

Figura 2 – Demanda bioquímica de oxigênio por sub-bacia.



Fonte: Autores, 2016.

As sub-bacias da bacia Piranhas-Açu de forma geral apresentam uma demanda bioquímica de oxigênio de 3.394338114 e portanto adequada a classe 2, carecendo de tratamento convencional. Aqui contudo é interessante perceber sub-bacias como a Seridó que apresentaram um preocupante valor acima de 11 e portanto não recomendável para consumo humano. Dado o fato da mesma ser uma das mais populosas da bacia Piranhas-Açu uma preocupação extra se instaura, haja vista o problema iminente de ter uma tratamento mais complexo para se adequar a condições mínimas de consumo. Neste sentido embora a Demanda Bioquímica de Oxigênio não seja o único parâmetro para enquadramento, contudo surge-se com o presente estudo a necessidade de uma análise mais acurada.

IV. CONCLUSÃO

A técnica utilizada neste estudo usando o LABFIT como alternativa para ajuste de curva se mostrou eficaz de modo a ser recomendado para futuros estudos. Neste sentido convém destacar, contudo que séries de monitoramento

menores que 4 valores não se enquadram no escopo do software e nestes termos para tais sequencias é preciso o uso de outros métodos em conjunto.

Em termos de resultado de forma geral as sub-bacias da bacia Piranhas-Açu tiveram uma Demanda Bioquímica de Oxigênio adequada ao uso doméstico, com exceção da Paraú que chegou a uma valor médio próximo a 6 (carecendo assim de maior atenção) e da Seridó (acima de 11) que precisa urgentemente de ser analisada com cuidado por futuros aprofundamentos de pesquisa, com vistas a análise de até que ponto a Demanda Bioquímica de Oxigênio está sendo um indicador de preocupantes condições precárias e nocivas a população.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA. NACIONAL DE ÁGUAS. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu /. -- Brasília: ANA, 2014. 312 p.: il.

FEIL, Alexandre André; HAETINGER, Claus. Previsão de consumo de água via modelagem matemática de sistema de abastecimento de água. **Revista DAE**: 195 maio-agosto 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 PUBLICADA NO DOU Nº 053, DE 18/03/2005, págs. 58-63

SILVA, W.P.; SILVA, C.M.D.P.S.; CAVALCANTI, C.G.B.; SILVA, D.D.P.S.; SOARES, I. B.; OLIVEIRA, J.A.S. e SILVA, C.D.P.S. "LAB Fit ajuste de curvas": um software em português para tratamento de dados experimentais. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, vol.26, n.4, p.419-427, 2004.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

A EXPANSÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ÁREA DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

THE EXPANSION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE IN THE PROJECT MANAGEMENT AREA

NAYRON ALMEIDA, RICARDO RIBEIRO, ISABEL SARTORI, MARCELO EMBIRUÇU
PROGRAMA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL, UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA

nayronalmeida@gmail.com, rickufal@gmail.com, sartori@ufba.br, embirucu@ufba.br

Resumo - Atingir de forma satisfatória os resultados pretendidos é o grande desafio de toda organização estrategicamente estruturada. Para isso é necessário uma combinação de habilidades, conhecimentos e ferramentas que devem funcionar de forma articulada entre si, e as práticas da área de Gestão de Projetos têm se mostrado efetivas para esse fim.

O presente estudo busca traçar uma análise histórica do tema gestão de projetos e seu desenvolvimento, fazendo uma correlação com parte da produção científica disponível. Com isso foi possível observar a evolução desta área, sua situação atual e também fazer um prognóstico a seu respeito.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos, Produção Científica em Gerenciamento de Projetos, Pesquisa Bibliográfica

Abstract - Achieving the desired goals is the major challenge for every strategically structured organization. It encompasses a combination of skills, knowledge and tools that should work in an articulated way, and the practices of the Project Management area have proven to be effective to this end.

The present study sought to trace a historical analysis of the topic of project management and its development, correlating these issues with part of the available scientific production. With the present study, it was possible to observe the evolution of this area, its current situation and also to make a prognosis about it.

Keywords: Project Management, Scientific Production in Project Management, Bibliographic Survey.

I. INTRODUÇÃO

O crescimento do tema Gerenciamento de Projetos já acontece há algum tempo e sua tendência ao que tudo indica é de que este movimento continue em alta. É comum a formação de grupos de estudo, debates e trocas de experiência nessa área, tanto no âmbito corporativo como no meio acadêmico. Temas como *Project Management Offices* (PMO) [ou Escritórios de Gerenciamento de Projetos (EGP)], Fatores Críticos de Sucesso (FCS) em projetos, maturidade em Gerenciamento de Projetos e outros temas afins são tratados por diversos grupos. Estes grupos não somente os discutem, mas também estabelecem/ reformulam metodologias, trocam experiências e fortalecem esta área (PM SURVEY, 2012; PMI, 2013; SVEJVIG e ANDERSEN, 2015; BAPTISTA *et al.*, 2016).

Ao se fazer uma pesquisa por grupos numa rede social de relacionamento profissional (LINKEDIN, 2016) que

contém integrantes de diversos países no mundo, foi constatado que, colocando como título de busca os termos “Project Management”, “Gerenciamento de Projetos” e “Gestión de Proyectos”, existiam mais de 7000 (sete mil) grupos construídos com as finalidades já descritas.

Neste sentido, um estudo feito por Oliveira *et al.* (2016) corrobora os dados aqui discutidos ao relacionar que o desenvolvimento da área de projetos pode ser constatado de diferentes maneiras através de: crescimento e fortalecimento de associações profissionais sobre o tema no Brasil e no mundo; constância e expansão de eventos neste domínio; aumento no número de cursos de pós-graduações sobre este assunto e as diferentes áreas por ele atraídas; investimentos feitos por empresas na área, buscando a adoção de metodologias ditas “projetizadas” ou mesmo estruturas e ferramentas que favoreçam a adoção destas práticas; entre outros.

Atingir de forma satisfatória os resultados pretendidos abrange uma combinação de habilidades, conhecimentos e ferramentas que devem funcionar de forma articulada entre si, e as práticas da área de Gestão de Projetos têm se mostrado efetivas para essa finalidade. Desta forma, o presente estudo buscou traçar uma análise histórica do tema gestão de projetos e seu desenvolvimento, fazendo uma correlação com parte da produção científica disponível. Através da produção científica sobre um determinado tema é possível observar a sua evolução e sua situação atual e também fazer um prognóstico a seu respeito. Este tema é considerado relevante dada sua importância, seu impacto em outras áreas, seu uso e suas prospecções, conforme discutido ao longo deste texto.

II. PROCEDIMENTOS

Este trabalho pode ser categorizado como uma pesquisa com abordagem quantitativa e qualitativa, visto que as duas abordagens foram utilizadas no processo de coleta e análise de dados. Ele é quantitativo porque foi usada estatística descritiva para identificação, classificação e análise de documentos, e qualitativo na análise e categorização dos dados obtidos (TRIVIÑOS, 2006; ZIKMUND, 2006).

A pesquisa se apresenta ainda como descritiva e explicativa na persecução dos seus objetivos, pois sua finalidade é descrever características encontradas no objeto de estudo, além de analisar ou explicar a evolução e as

tendências dos trabalhos científicos referentes a “Gerenciamento de Projetos” (MATAR, 2001).

Como técnica de coleta de dados, foi utilizada a bibliometria, porque através dela é possível mensurar a produção científica e demonstrar suas características (VERGARA, 2010; MALHOTRA, 2012).

Em se tratando de publicações em periódicos, buscou-se quantificar e detalhar a produção científica em nível nacional e internacional através dos periódicos encontrados na base de dados *Web of Science* (WS, 2016). Assim, foram analisados 5537 (cinco mil, quinhentos e trinta e sete) artigos publicados em diversos países desde a década de 60 até o ano de 2015. Antes disso foi, contudo, feita uma contextualização do tema com sua definição e sua evolução ao longo da história. III. RESULTADOS

2.1 – Projetos: conceito e evolução

Apesar de o “Gerenciamento de Projetos” ser um assunto indiscutivelmente relevante nos últimos tempos, ele não pode ser considerado novo, uma vez que ao longo da história da humanidade sempre existiram projetos desde que o homem passou a viver em sociedade (PRADO, 2008; VALLE *et al.*, 2010), mesmo que a terminologia “gestão ou gerenciamento de projetos”, conforme apontado por Codas (1987), tenha se desenvolvido apenas no século XX e se consolidada durante a Guerra Fria.

Projetos, em definição dada pelo PMI (2013), são esforços empreendidos temporariamente para a criação de um produto, serviço ou resultado único. Vargas (2009) acrescenta que eles são caracterizados por possuírem uma sequência lógica de eventos destinados a atingir objetivos que devem ser claros e definidos, conduzidos por pessoas que observam tempo, custos e padrões de qualidade, também previamente estabelecidos, visão esta que é compartilhada por Dinsmore e Cabanis-Brewin (2009), Valle *et al.* (2010) e pela norma ISO 10.006:2003 (ISO, 2003). Desta forma, quatro características principais definem um projeto:

1. Singularidade – os projetos devem produzir resultados únicos e algumas das atividades desempenhadas para se atingir os objetivos do projeto, ou muitas delas, nunca antes foram executadas e talvez nunca voltem a ser. A incerteza é uma constante, assim como o são as mudanças (KERZNER, 2005);

2. Temporariedade – os projetos possuem um ciclo de vida e acontecem dentro de um prazo pré-estabelecido. O PMI (2013) salienta, contudo, que temporariedade não quer dizer curta duração. Ela significa que um projeto tem data para início e para término, não tendo caráter repetitivo. Uma vez que um projeto termina, ele não voltará a acontecer da mesma forma e, caso isso aconteça, denota-se que o projeto gerou um processo organizacional (DINSMORE & CABANIS-BREWEN, 2009);

3. Restrições – a perspectiva de realização de um projeto envolve custos, pessoas e tempo, que normalmente são pré-definidos para tal empreitada (VALLE *et al.*, 2010);

4. Multidisciplinariedade – projetos tendem a apresentar uma natureza complexa, envolvendo pessoas de diferentes setores e com diferentes habilidades (VARGAS, 2009).

Diante de tais perspectivas, há que se reforçar a ideia inicialmente exposta neste contexto de que grandes projetos são operacionalizados pela humanidade desde que houve

sua organização social. Exemplos deste fato são as Pirâmides do Egito, o Coliseu Romano, a Catedral de Notre Dame de Paris e tantos outros monumentos, serviços, empreendimentos e artefatos criados pelo homem. Todos eles compartilham entre si as características aqui citadas e, portanto, podem ser considerados como projetos.

Há que se considerar também que projetos são basicamente constituídos por processos, e que é natural que haja dúvidas quanto a estes conceitos. Assim, o Quadro 1 alude essa diferenciação, tendo por base os estudos de Vargas (2009), Valle *et al.* (2010), Kerzner (2005) e Dinsmore e Cabanis-Brewin (2009). Portanto, analisando esse quadro observa-se que os processos dizem respeito aos esforços referentes à manutenção de um negócio, enquanto que os projetos estão alinhados a estratégias e visão de futuro.

Quadro 1 - Diferença entre Projetos e Processos Organizacionais.

PROJETOS	PROCESSOS ORGANIZACIONAIS
Esforço temporário e singular.	Esforço contínuo e repetitivo.
Escopos desconhecidos.	Tarefas conhecidas.
A avaliação diz respeito ao atingimento de um objetivo específico.	A avaliação é dada em torno de metas de produção.

Fonte: Elaboração Própria a partir dos trabalhos e definições de Vargas (2009), Valle *et al.* (2010), Kerzner (2005) e Dinsmore e Cabanis-Brewin (2009).

Ao se fazer um resgate da evolução do gerenciamento de projetos, percebe-se uma contradição entre os autores desta área, visto que alguns não consideram a existência da chamada fase “empírica” da gestão de projetos. É o caso de Cicmil e Hodgson (2006) que avaliam esta primeira época como um paralelo que serviria para dar um caráter histórico empírico às técnicas e métodos utilizados nesta área. A fim de não ser excludente, e na busca por oferecer uma visão mais ampla sobre este tema, o presente trabalho prefere utilizar a explanação fornecida por Valeriano (2005). Para este autor, pode-se dividir a história da Gestão de Projetos em 4 (quatro) fases ou épocas:

- Gerenciamento Empírico – remonta da Antiguidade à primeira metade do século XX. Nesta época inserem-se obras como as pirâmides do Egito, as catedrais medievais, as grandes navegações, entre tantos outros projetos. O gerente era visto como um artista (na maioria dos casos) e o sucesso dos empreendimentos traçados eram devido às suas qualidades inatas. O emprego de técnicas e conhecimentos era muitas vezes mais intuitivo do que sistematizado. As mudanças deste cenário começaram a ocorrer com o desenvolvimento da Revolução Industrial e foram intensificadas com o surgimento das Guerras Mundiais;

- Gerenciamento Clássico ou Tradicional – surge nos anos de 1950, e é marcado pela chamada “corrida espacial” e pela primeira fase da Guerra Fria. Os projetos dessa época eram essencialmente técnicos, extremamente complexos e consumiam muitos recursos financeiros e humanos. É durante essa época que surgem as organizações voltadas ao Gerenciamento de Projetos, como o PMI e a *International Project Management Association* (IPMA);

- Renascimento – época situada entre a segunda metade da década de 1980 e o início da década de 1990. As empresas buscam formas de reduzir custos, sem que haja a redução da qualidade, e para tal começam a aplicar os fundamentos da Gestão de Projetos. A competitividade entre empresas faz com que as organizações se reavaliem, quebrando um antigo paradigma onde as empresas eram vistas como unicamente orientadas para produtos ou para projetos (KERZNER, 2005);

- Gerenciamento Contemporâneo – surge em 1993 e perdura até os dias atuais. É marcado pelo avanço das tecnologias de informação e comunicação. Neste ambiente dinâmico a inconstância é uma das grandes certezas. Trabalha-se cada vez mais em problemas e necessidades que muitas vezes ainda não existem. As empresas buscam atingir os níveis mais altos de maturidade (KERZNER, 2005; VALLE *et al.*, 2010).

Diante do que foi exposto, há que se avaliar os benefícios da Gestão de Projetos como indispensáveis para assegurar o sucesso e a evolução organizacional. Valle *et al.* (2000) citam como principais benefícios da Gestão de Projetos os seguintes: a rápida capacidade de responder às mudanças; minimização e resposta eficiente aos riscos; redução de perdas financeiras; otimização de recursos; e melhoria nos processos decisórios.

2.2 – Produção científica em gerenciamento de projetos

Para o levantamento de artigos em periódicos foi feita uma pesquisa na base de dados *Web of Science* (WS, 2016), na qual foram encontrados 5537 resultados (número de publicações). A busca realizada levou em consideração informações como o nome dos autores, o número de publicações realizadas por ano, os países de origem das publicações, as organizações envolvidas na elaboração dos artigos e o idioma em que foram publicados.

A palavra-chave utilizada nesta busca foi “*Project Management*”, por que o inglês é atualmente a língua franca entre ambientes acadêmicos e corporativos. Além do mais, tradicionalmente atribui-se o nascimento do gerenciamento ou gestão de projetos de forma estruturada a países que utilizam este idioma.

As publicações indexadas pela base de dados utilizada têm seu início na década de 1960 (Figura 1). Fazendo-se um paralelo com o período histórico, o mundo nesta época vivia a chamada Guerra Fria, e a partir dessa época houve um aperfeiçoamento das técnicas de Gestão de Projetos, inicialmente usadas em ambiente militar. Neste período tais técnicas começaram a ser aproveitadas por engenheiros e pelos primeiros cientistas da tecnologia da informação. Deve-se, contudo, balizar que esta última área estava em seu estágio inicial, e essas técnicas eram de uso mais constante entre governos e serviços de inteligência (KERZNER, 2005).

Apesar de um progresso lento no meio acadêmico, nota-se que o número de publicações da área de Projetos cresce com sua expansão para o mundo corporativo no final dos anos 80. É nesta época que o PMI realiza a primeira certificação para Gerentes de Projetos. Logo em seguida, no início da década de 90, é lançada a primeira edição do *Project Management Body of Knowledge* – PMBOK, que até hoje é tido como um livro referência na área de Gerenciamento de Projetos. Tal tendência de crescimento segue através do século XXI. A disseminação/ crescimento

no número de organizações voltadas à esta área, a busca por profissionais capacitados neste tema e o aumento no número de periódicos e eventos com tal perspectiva são fatores que podem ser inferidos como contribuintes para o comportamento observado no gráfico, especialmente após 2009 (OLIVEIRA, 2016).

Figura 1 - Evolução do Número de Publicações na Área de Projetos.



Fonte: Elaboração Própria.

Em relação ao número de publicações, ele ainda é superior entre as áreas ditas tradicionais neste campo: engenharias, negócios e afins e tecnologia. Esta situação pode ser visualizada no Quadro 2.

Quadro 2 - Número de Publicações em Gerenciamento de Projetos por Área do Conhecimento.

ÁREA DE PESQUISA	NÚMERO DE PUBLICAÇÕES
ENGINEERING	2095
BUSINESS ECONOMICS	1785
COMPUTER SCIENCE	1310
OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE	677
CONSTRUCTION BUILDING TECHNOLOGY	454
INFORMATION SCIENCE LIBRARY SCIENCE	297
EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH	203
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	147
HEALTH CARE SCIENCES SERVICES	94
PUBLIC ADMINISTRATION	86
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	82
PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	80
ENERGY FUELS	79
OUTROS	1250

Fonte: Elaboração Própria.

Quanto ao idioma, como é de se presumir, o inglês ainda é o mais usual, seguido das línguas ocidentais mais utilizadas (alemão, espanhol, português e francês), situação verificada no Quadro 3. O Quadro 4 ajuda a compreender esta ação ao se ponderar que as 20 instituições que mais publicam estão estabelecidas em países de língua inglesa. Contudo, ao se analisar o Quadro 5, verifica-se que a China vem ganhando espaço neste campo, ocupando a quarta posição entre as nações que mais publicam sobre projetos.

Verifica-se que o Brasil influencia fortemente o número de publicações em língua portuguesa, já que Portugal e outros países de língua portuguesa não possuem uma posição de destaque entre os contemplados. Há que se ponderar ainda que a posição ocupada pelo Brasil, apesar de inferior a Estados Unidos, China, Canadá e Austrália, países igualmente continentais, é de relevo, uma vez que ele é o primeiro país da América Latina a integrar este seleto grupo dos doze maiores.

Quadro 3 - Número de Publicações em Gerenciamento de Projetos por Idioma.

IDIOMAS	NÚMERO DE PUBLICAÇÕES
Inglês	5331
Alemão	79
Espanhol	30
Português	30
Francês	23
Outros	44

Fonte: Elaboração Própria.

Quadro 4 - Número de Publicações em Gerenciamento de Projetos por Organização.

ORGANIZAÇÃO	NÚMERO DE PUBLICAÇÕES
1 UNIVERSITY SYSTEM OF GEORGIA	84
2 FLORIDA STATE UNIVERSITY SYSTEM	82
3 PENNSYLVANIA COMMONWEALTH SYSTEM OF HIGHER EDUCATION PCSHE	74
4 UNIVERSITY OF MANCHESTER	66
5 UNIVERSITY OF LONDON	63
6 NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	60
7 UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA	57
8 UNIVERSITY OF QUEBEC	53
9 UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	52
10 UNIVERSITY OF COLORADO SYSTEM	51
...	...
35 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	32

Fonte: Elaboração Própria.

Quadro 5 - Os 11 Países que mais Publicaram em Gerenciamento de Projetos – 1962-2015.

PAÍS	NÚMERO DE PUBLICAÇÕES
EUA	1743
INGLATERRA	600
AUSTRALIA	323
CHINA	312
CANADA	302
ALEMANHA	256
TAIWAN	202
FRANÇA	193
ESPAÑA	148
HOLANDA	130
BRASIL	114

Fonte: Elaboração Própria.

Este fato mostra também a expansão de uma cultura de Gerenciamento de Projetos no Brasil, tendência que é apontada por Oliveira *et al.* (2016) ao analisar eventos como ENANPAD e ENEGP, realizados no país. Estes eventos são considerados importantes entre as áreas que mais publicam sobre o assunto (Administração e Engenharias).

Outro fato relativo ao Brasil que fortalece sua posição nos domínios de Gerenciamento de Projetos é o fato de que a Universidade de São Paulo (USP) é a primeira universidade latino-americana entre as organizações

envolvidas com publicações na área de Gerenciamento de Projetos, e figura entre as 40 maiores desse *ranking*.

III. CONCLUSÃO

Apesar de planejar e executar projetos ser uma prática que acompanha o homem ao longo de sua história, a forma estruturada tal como se conhece hoje é recente, vinda da época da Guerra Fria e amplamente desenvolvida ao se integrar aos ambientes de engenharias, tecnologia e negócios. A produção científica desta área descreve esta história e corrobora a tendência de crescimento constatada ao longo deste estudo. Além do mais ela mostra que os trabalhos desenvolvidos em projetos em sua maioria se encontram em língua inglesa. Isso é explicado pelo fato do inglês ser atualmente a língua franca a nível internacional, e também porque os grandes pensadores e as instituições que mais publicam nesta área se encontram em países que utilizam fortemente esse idioma.

O presente estudo também demonstrou o desenvolvimento da China na área de projetos e o destaque que o Brasil possui entre os países de língua portuguesa e latino americanos.

Para trabalhos futuros, vislumbra-se uma comparação entre publicações na área de gerenciamento de projetos que não sejam somente artigos de periódicos, além de consulta a outras bases de conhecimento científico, destacando os assuntos adjacentes ao tema Gestão de Projetos.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, A.; SANTOS, F.; PÁSCOA, José; SÄNDIG, N. "Project Management Methodologies as Main Tool for Current Challenges in Global Economy Driving Historical Changes," **Journal of Advanced Management Science**, doi: 10.12720/joams.4.2.146-151, v. 4, n. 2, pp. 146-151, March, 2016.

CODAS, Manuel M. B. Gerência de projetos: uma reflexão histórica. **Revista de Administração de Empresas**. v. 27, p. 33-37. Rio de Janeiro, 1987.

DINSMORE, P. C.; CABANIS-BREWEN, Jeannette. **AMA**: manual de gerenciamento de projetos. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

HODGSON, D.; CICMIL, S. New Possibilities For Project Management Theory: A Critical Engagement. **Project Management Institute** Vol. 37, No. 3, 111-122, 2006.

Malhotra, N. K. (2012). **Pesquisa de Marketing**: uma orientação aplicada (6 ed.). Porto Alegre: Bookman.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 2001.

OLIVEIRA et. al. Gerenciamento de projetos: comparativo bibliométrico dos anais de congressos brasileiros na área de administração e engenharia de produção. **Revista de Gestão de Projetos**. v.7, n.1, jan-abr, 2016.

PMI, Project Management Institute. **A guide to project management body of knowledge – PMBoK**. 5 ed. Pennsylvania: PMI, 2013.

PM SURVEY. **PM Survey**: relatório Brasil. Rio de Janeiro: PMI, 2012.

PRADO, D. **Gerenciamento de portfólios, programas e projetos nas organizações**. 4 ed. Nova Lima (MG): INDG Tec S, 2008.

SVEJVIG, P.; ANDERSEN, P. Rethinking project management: A structured literature review with a critical look at the brave new world. *International Journal of Project Management*, v. 33, n. 2, p. 278-290, 2015.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 2006.

VALERIANO, D. **Moderno gerenciamento de projetos**. 1a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

VALLE, A. B.; SOARES, C. A. P.; FINOCCHIO Jr, José; SILVA, L. S. F. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 2ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração** 10 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

WS. **Web of Science**. Disponível em: www.webofknowledge.com. Acesso em: out.2016.

ZIKMUND, W. G. **Princípios da pesquisa de marketing**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO EM MANUTENÇÃO COM BASE EM PLATAFORMA BPMS

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF DECISION MAKING METHODS IN MAINTENANCE BASED IN BPMS PLATFORM

GUINThER KOVALSKI DA COSTA; REGINALDO BORGES; OSÍRIS CANGIgliERI JÚNIOR;
EDUARDO ALVES PORTELA SANTOS; EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS – PPGEPS;
ESCOLA POLITÉCNICA, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR

guintherkovalski@gmail.com, reginaldo.borges, osiris.canciglieri, eduardo.portela, eduardo.loures@pucpr.br

Resumo – O aumento da eficiência operacional e disponibilidade de ativos, sob cenário de intensificação informacional e coordenação de processos ditado pela nova onda da Indústria 4.0, eleva a importância da função Manutenção. Neste revisitado ambiente industrial, grande parte das dimensões decisórias intrinsecamente envolvidas, demandam modelos específicos fragilmente abordados pela comunidade industrial e científica na esfera de aplicação em manutenção. Desta forma, surge a necessidade de um ambiente intuitivo que reduza o tempo de implementação de tais modelos, capaz de prover apoio à tomada de decisão baseando-se em métodos MCDM (Multi-Criteria Decision Making). O presente trabalho objetiva a modelagem, especificação e execução de um processo de tomada de decisão em ambiente BPMS (Business Process Management System), instanciando os métodos ELECTRE TRI, TOPSIS e AHP no domínio da manutenção. As dimensões de implementação obtidas fornecem pistas muito relevantes para redução da lacuna existente entre pesquisa e sua transferência ao domínio da manutenção industrial.

Palavras-chave: MCDM. Manutenção Industrial. BPMS.

Abstract - The increasing of operational efficiency and asset availability, under information intensification and process coordination assigned by the wave of Industry 4.0, elevates the importance of maintenance function. In this revisited industrial environment a large part of the involved intrinsic decisional dimensions demand specific models, which are poorly addressed by industrial and scientific community specialized in maintenance. Therefore, the need of an intuitive environment to reduce the implementation time arises in order to provide decision-making aid based in Multi-Criteria Decision Making methods (MCDM). This paper aims to model and execute a decision making process in BPMS (Business Process Management System), instantiating the methods ELECTRE TRI, TOPSIS, AHP in maintenance domain. The obtained implementation dimensions provide relevant clues to reduce the gap between research and its transfer to the field of industrial maintenance.

Keywords: MCDM. Industrial Maintenance. BPMS.

I. INTRODUÇÃO

O contexto do presente trabalho baseia-se em que nos processos industriais, as anomalias e falhas devem ser percebidas o mais cedo possível e seus efeitos ao plano de

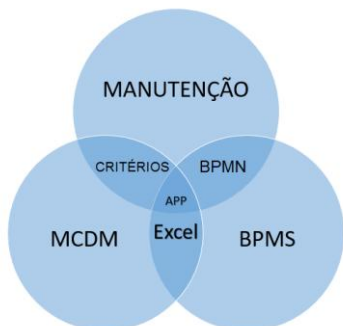
fabricação devem ser rapidamente avaliados. Com o progresso da tecnologia sob diretrizes da nova onda da Indústria 4.0, o parque industrial investe na construção de sistemas automatizados cada vez mais complexos, capazes de se adaptarem facilmente às mudanças da produção. Hadidi *et al.* (2015) afirmam que o objetivo, no entanto, é muito voltado à flexibilidade do processo de fabricação frente à demanda de produção, mas pouco à questão de estabilidade do sistema frente a condições anormais ou falhas. Neste cenário, a função Manutenção passa a apresentar um papel importante, orientando e complementando as funções de supervisão e controle do sistema através da consideração coordenada de suas diferentes estratégias - manutenção corretiva, preventiva, preditiva, manutenção centrada na confiabilidade, dentre outras.

Desta forma, surge a necessidade de um ambiente intuitivo que reduza o tempo característico para o domínio de plataformas de gestão e planejamento direcionados a manutenção (que são geralmente voltados a funcionalidades) e que permita a integração entre mantenedores e outros setores dentro da gestão produtiva (BATTIROLA *et al.*, 2014a). Em acréscimo, vislumbra-se prover uma camada de apoio à tomada de decisão oferecendo a potencialidade de métodos multicritérios, intitulados na literatura de MCDM (Multi-Criteria Decision Making) (ALMEIDA *et al.*, 2015), com direcionamento a usuário de alto nível sem a necessidade do domínio procedural de tais métodos, complexos em sua natureza (JAMSHIDI e ESFAHANI, 2015).

Uma visão geral simplificada da proposta pode ser vista na Figura 1, apresentando inspiração em trabalhos já realizados (BATTIROLA *et al.*, 2014b). Desta forma, faz-se luz ao objetivo central deste trabalho, que é a concepção de um ambiente baseado em processos, que instancie modelos de apoio a tomada de decisão baseados nos métodos AHP, ELECTRE TRI e TOPSIS no domínio da manutenção. O ambiente produzido é baseado na notação BPMN (modelo de processo) e em plataforma BPMS (Business Process Management System), permitindo: a caracterização de procedimentos, estrutura de banco de dados para suporte de melhoria contínua (BAM – Business Activity Monitoring),

ambiente colaborativo entre diferentes usuários, fluxo de informação e regras de negócio aderentes às dimensões de decisão suportadas pelo métodos MCDM implementados em ferramentas corporativas como o Excel.

Figura 1 – Domínios do projeto



Fonte: Autores, 2016.

II. MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO E AMBIENTE BPMS

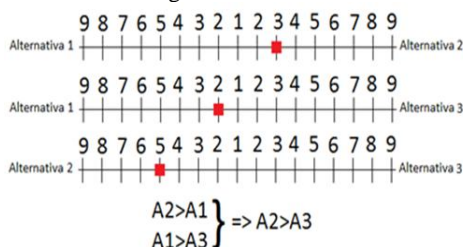
Uma primeira etapa no processo de implementação dos métodos MCDM requer o domínio matemático e sua especificação em ambiente aceito nas esferas de produção e manutenção industrial. Desta forma, os métodos AHP, ELECTRE TRI e TOPSIS sofreram modelagem em planilhas Excel atendendo ao requisito de integração comumente disposto nas plataformas comerciais existentes no mercado. Em nosso projeto, como um dos maiores *players* no país, foi utilizado o Bizagi Suite. Adicionalmente, a implementação matemática permite uma melhor parametrização e customização, não havendo dependência de estruturas fixas oriundas de pacotes acadêmicos e comerciais como o Super Decisions, Visual Promethee, LAMSADE, dentre outros.

Uma descrição dos três métodos com suas adaptações ao Excel é realizada a seguir. As figuras apresentadas demonstram as equações e procedimentos matemáticos de cada método.

2.1 AHP

O AHP (Analytic Hierarchy Process) é uma técnica estruturada para organizar e analisar decisões complexas, desenvolvida por Thomas L. Saaty (1991). Diferentemente de outros métodos, o decisor não faz uma análise absoluta, mas sim relativa entre pares (*pairwise*) dos atributos e alternativas (Figura 2).

Figura 2 - Pairwise



Fonte: Autores, 2016.

Outra característica importante do método é a possibilidade de medir a consistência lógica das respostas dadas, através de uma mensuração matemática baseada na propriedade de transitividade lógica: se A é melhor que B,

se B é melhor que C, por inferência lógica, C deve ser melhor que A. O que o método faz é quantificar o quanto essa transitividade lógica foi desrespeitada pelas respostas fornecidas pelo decisor.

A matriz de avaliação é obtida preenchendo a diagonal principal com 1 (matriz identidade). Os elementos acima da diagonal principal são obtidos diretamente das comparações entre as alternativas. Os elementos abaixo da diagonal principal são preenchidos a partir do inverso dos elementos acima da diagonal principal, de maneira transposta. O próximo passo então é normalizar a matriz de avaliação obtida. A média da linha é o resultado, de maneira que o valor obtido representa a prioridade do elemento da linha, obtendo-se assim o vetor de prioridade. A soma dos resultados obtidos é sempre igual a 1 como ilustra a Figura 3. Com estas características, é conveniente usar o AHP para determinar os pesos de critérios, de uma maneira não arbitrária, em outros métodos MCDM como será explorado neste artigo.

Figura 3 – Matriz de Decisão

	A1	A2	A3										
A1	1	3	1/2	A1	1	3	1/2	A1	[3/10	1/3	5/17]	Row Average	[0,303]
A2	1/3	1	1/5	A2	1/3	1	1/5	A2	1/10	1/9	2/17]	[0,109]	
A3	2	5	1	A3	2	5	1	A3	6/10	5/9	10/17]	[0,581]	
				Col Sum	[10/3	9	17/10]	Col Sum	[1	1	1]		

Fonte: Autores, 2016.

O índice de consistência do método, que representa o recurso de quantificação da incerteza envolvida, é calculado usando-se o maior autovalor da matriz normalizada. Uma maneira de achar este autovalor de maneira aproximada é fazer o somatório da multiplicação do inverso dos elementos da diagonal principal da matriz normalizada pelo elemento do vetor de prioridade correspondente.

Figura 4 – O índice de inconsistência

$$CR = \frac{\left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right)}{RI}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

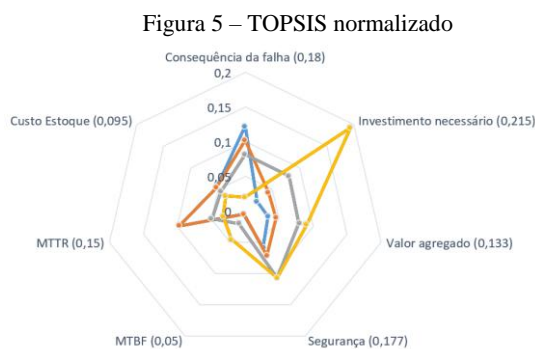
Fonte: Autores, 2016.

Após obter o maior autovalor, usa-se a fórmula indicada na Figura 4, para cálculo do Índice de Consistência. Os valores de seu componente randômico RI são extraídos do quadro, onde *n* é o número de opções avaliadas, para se calcular a taxa de consistência.

2.2 TOPSIS

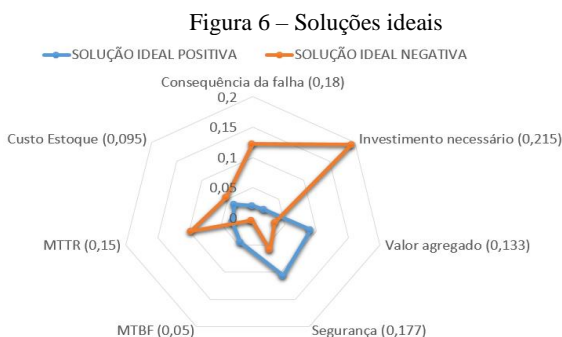
Conforme Sachdeva *et al.* (2009) o método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) é uma técnica para avaliar o desempenho das alternativas através da similaridade com a solução ideal. A melhor alternativa é aquela mais próxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa. A solução ideal positiva é uma solução que maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios inversos (quanto maior o desempenho neste critério pior sua ponderação). Já a solução ideal negativa maximiza os critérios negativos e minimiza os critérios positivos. Em resumo, a solução ideal positiva é composta de todos os melhores valores atingíveis nos critérios positivos e os menores em critérios negativos, enquanto a solução ideal negativa consiste no oposto.

Em um primeiro momento é preciso ter um modelo de tomada de decisão em forma de matriz, em que as linhas são as alternativas e as colunas os critérios. É importante salientar que neste método a escolha por uma alternativa depende do desempenho de todas as outras. O segundo passo para a execução do método é normalizar as colunas, como indicado na Figura 5, obtendo valores para os desempenhos dentro de uma mesma escala.



Fonte: Autores, 2016.

Em sequência, seleciona-se os melhores e os piores desempenhos de cada coluna, para formar os vetores de solução ideal negativa e positiva, de acordo com a Figura 6. Então calcula-se o módulo da distância de cada alternativa para cada uma das duas respostas, e por fim, calcula-se a proximidade da solução ideal.



Fonte: Autores, 2016.

2.3 ELECTRE TRI

De acordo com Mousseau (2000), o método ELECTRE TRI faz parte da família de métodos ELECTRE (do acrônimo *EL*iminação *Et* *Ch*oix *T*raduisant la *REAL*ité – Eliminação e escolha expressando a realidade) da escola francesa e foi desenvolvido para o problema de classificação ordenada. Ou seja, dado um conjunto $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots\}$ de alternativas, associa-se a um conjunto de classes ordenadas $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$, considerando o desempenho de A em um conjunto de critérios $F = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$, como descrito na Figura 7.

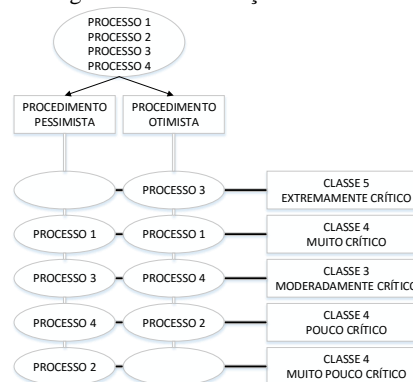
Em cada critério são estabelecidas um peso relativo e fronteiras, isto é, o critério g_1 tem um fronteira $b_1, b_2, b_3 \dots b_n$, como ilustra a Figura 8 - fronteiras b_n entre classes C_n em critérios g . As classes são delimitadas entre as fronteiras ($b_0, b_1, b_2 \dots b_p$), de tal modo que p é o número de fronteiras, que é igual $n-1$ para n classes.

O método ELECTRE TRI calcula o nível de confiança percentual na afirmação de que uma alternativa a supera uma fronteira b , na notação $\sigma(a,b)$; a confiança percentual de que a fronteira b supera a alternativa a , na notação $\sigma(b,a)$; e compara o percentual dessas duas afirmações com um nível

de confiança pré-estabelecido, λ , para chegar em 4 relações possíveis:

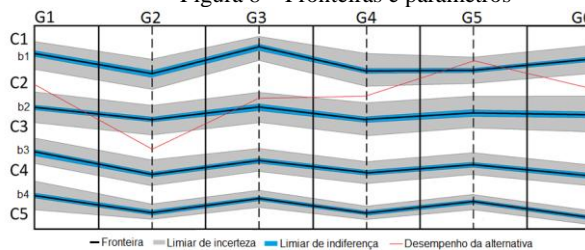
- Se $\sigma(a,b) > \lambda$ e $\sigma(b,a) > \lambda$, a é indiferente b , aIb ;
- Se $\sigma(a,b) > \lambda$ e $\sigma(b,a) < \lambda$ a supera a fronteira b , $a > b$;
- Se $\sigma(a,b) < \lambda$ e $\sigma(b,a) > \lambda$ a não supera b , $a < b$;
- Se $\sigma(a,b) < \lambda$ e $\sigma(b,a) < \lambda$ a é incomparável b , aRb .

Figura 7 – Classificação ELECTRE TRI



Fonte: Autores, 2016

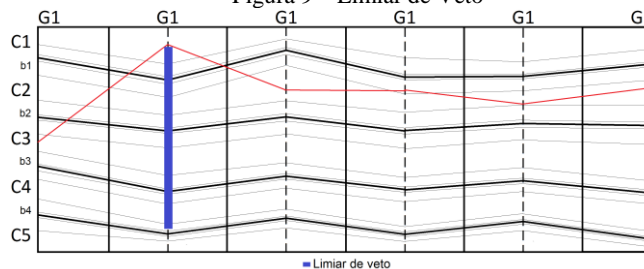
Figura 8 – Fronteiras e parâmetros



Fonte: Autores, 2016.

Para calcular o nível de confiança nas afirmações $\sigma(a,b)$ e $\sigma(b,a)$, usa-se os três parâmetros: (i) o limiar de indiferença (Q), que é uma faixa de valores envolta de uma fronteira que representa indiferença; (ii) o limiar de preferência (P), que é uma faixa de valores que representa uma incerteza após a faixa de indiferença; (iii) o limiar de veto (V), que é uma faixa de valores que determina a incomparabilidade (aRb) entre uma alternativa e uma fronteira, de acordo com a Figura 9.

Figura 9 – Limiar de Veto



Fonte: Autores, 2016.

Na prática isso significa que se o desempenho de uma alternativa for muito bom em um critério, esta alternativa não será alocada em uma classe baixa, independentemente do seu desempenho nas outras alternativas.

2.4 BPMS

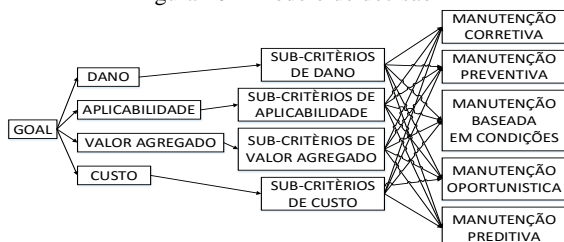
O BPM (*Business Process Management*) representa uma abordagem que integra gestão empresarial e tecnologia da informação, levando a uma visão abrangente dos processos, permitindo ao usuário rapidez, integração e melhorias contínuas (WESKE *et al.*, 2012). O BPMN

(Business Process Management Notation) é a notação usada para padronizar o desenvolvimento de processos em ciclo BPM (modelagem, especificação, execução, monitoramento e diagnóstico de processos), que pode ser implementado em alguma ferramenta BPMS (Business Process Management System), que permita desenvolver ambientes orientados a processos e suporte ao referido ciclo. A primeira etapa é a modelagem de processos em BPMN, depois uma base de dados é especificada de acordo com as variáveis do processo para suporte ao seu monitoramento. Em seguida é definida a especificação das regras de negócio (fluxo do processo), usuários e interfaces do ambiente. A ferramenta usada para o suporte a este ciclo de desenvolvimento foi, como comentado anteriormente, o Bizagi Studio.

III. ANÁLISE DOS MÉTODOS

A partir da base conceitual apresentada realizou-se uma análise mais detalhada dos métodos de tomada de decisão multi-critério. Tal investigação foi direcionada à uma avaliação de aplicabilidade dos métodos com base nos seus potenciais e características de modelagem do espaço problema de decisão em manutenção industrial, utilizando-se de processos comuns ao domínio. Como resultado, possibilitou-se a concepção de um modelo de integração preliminar dos métodos, potencializando esferas de avaliação na tomada de decisão. Para suporte ao estudo, foram pesquisados artigos com aplicações de métodos MCDM em manutenção. Deste universo de publicações elegeu-se o cenário de aplicação ilustrado na Figura 10 sob estrutura hierárquica AHP (BEVILACQUA e BRAGLIA, 2000).

Figura 10 – Modelo de decisão AHP



Fonte: BEVILACQUA e BRAGLIA, Adaptado 2000.

Este modelo foi testado, para o método AHP, na plataforma Super Decisions. Subsequentemente adaptou-se tal estrutura e problemática de decisão para o método ELECTRE TRI, usando-se a ferramenta IRIS. Para tal, utilizou-se cada um dos critérios dos níveis mais baixos de cada cluster da estrutura (Figura 10). Percebeu-se que no método ELECTRE TRI, quando usam-se muitos critérios simultaneamente, dezenove no caso, ocorre uma classificação de alternativa de maneira imprecisa, como descrito na Figura 11 nas regiões intercaladas entre duas ou mais colunas (C1, C2, C3). Idealmente, para tal método, vislumbra-se uma definição mais assertiva de classificação resultante.

Figura 11 – Classificação electre tri usando 19 critérios

Actions	Fixed Par.	Bounds	Constraints							
Action	ELow	EHigh	qualidad	know ho	segurand	produt	d pesso	d direto	d indiret	perda rr
Robo ind	1	5	5	5	4	3	2	2	2	2
fresadora	1	5	3	4	3	2	1	2	1	4
prensa h	1	5	2	3	1	2	5	3	3	3
empacot	1	5	2	3	2	3	2	5	2	2
laminad	1	5	3	3	1	3	4	3	2	2

Results	Infer. Prog.		Indices				
	C1	C2	C3	C4	C5		
Robo ind							
fresadora							
prensa h							
empacot							
laminad							

Fonte: Autores, 2016.

Foi proposto inicialmente, portanto, classificar cada alternativa (Robô Industrial, Fresadora, Prensa hidráulica, Empacotadora, Laminadora) em cada um dos quatro grandes critérios (Dano, Aplicabilidade, Valor Agregado, Custo) do modelo usado em separado, e então utilizar esta classificação (média) como o desempenho de cada alternativa no momento da classificação usando os quatro grandes critérios em simultâneo. Obtiveram-se os resultados descritos na Figura 12, em que o último quadro representa o resultado final, que comparado ao da Figura 11, apresenta uma melhor classificação. Isto torna o método ELECTRE TRI capaz de ser implementado em modelos hierárquicos de maneira semelhante ao AHP, sendo assim capaz de obter uma classificação mais precisa mesmo frente ao uso de muitos critérios.

Figura 12 – Classificação ELECTRE TRI hierarquizada VALOR AGREGADO

Actions	Fixed Par.	Bounds	Constraints				Results						
Action	ELow	EHigh	qualidad	know ho	segurand		C1	C2	C3	C4	C5		
robo ind	1	5	5	5	4								
fresador	1	5	3	4	3								
prensa h	1	5	2	3	1								
empacot	1	5	2	3	2								
laminad	1	5	3	3	1								

lambda	k1	k2	k3
0.5	0.2	0.2	0.6

CUSTO

Actions	Fixed Par.	Bounds	Constraints			Results							
Action	ELow	EHigh	MTBF	MTTR	Estoque	seguro	C1	C2	C3	C4	C5		
Robo ind	1	5	4	2	1	3							
fresa CN	1	5	2	3	2	3							
prensa h	1	5	4	3	3	1							
empacot	1	5	2	2	2	1							
laminad	1	5	4	5	4	2							

lambda	k1	k2	k3	k4
0.625	0.275	0.275	0.175	0.275

CLASSIFICAÇÃO AGREGADA

Actions	Fixed Par.	Bounds	Constraints				Results						
Action	ELow	EHigh	custo	valor agr	aplicabil	dano	C1	C2	C3	C4	C5		
robo ind	1	5	1	4	1	2.5							
fresa CN	1	5	1.5	3	1.5	1.5							
prensa h	1	5	3	4.5	2.5								
empacot	1	5	2	3	3.5	1.5							
laminad	1	5	4	3	2.5	3							

lambda	k1	k2	k3	k4
0.55	0.25	0.25	0.05	0.45

Fonte: Autores, 2016.

O método ELECTRE TRI, comparativamente ao AHP, é mais eficiente em problemas em que o número de alternativas é grande e que consequentemente, o número total de comparações necessárias pode crescer em demasia. Adicionalmente, pelas premissas do próprio método AHP, não se deve fazer um pairwise com mais de nove elementos

simultaneamente, pois a resposta poderá apresentar inconsistência lógica oriunda da dificuldade de discriminação cognitiva do decisor.

Em comparação ao índice de inconsistência do AHP o ELECTRE TRI possui nível de corte λ , que determina o percentual de confiança mínimo necessário para que uma afirmação seja aceita. Outra forma de validação do método é a análise de sensibilidade, estabilidade e robustez, que consiste em verificar de que forma as variações introduzidas nos parâmetros característicos do método (λ , P, Q, V) influenciam os resultados obtidos.

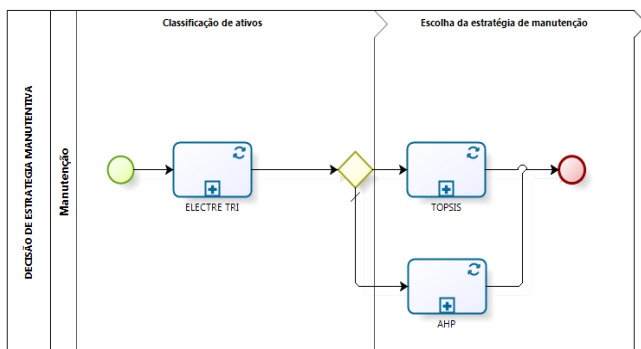
Por se tratar de um método matematicamente mais simples, o TOPSIS foi testado diretamente em Excel. Nos testes realizados, percebe-se que a mudança de desempenho de uma das alternativas altera drasticamente os resultados das demais. As respostas fornecidas pelo TOPSIS representam a porcentagem do quanto aquela resposta se aproxima do ideal, onde a solução ideal seria o conjunto do melhor de todas as alternativas. Comparativamente ao AHP, o TOPSIS permite um uso melhor de informações empíricas, pois ele usa valores absolutos.

Na esfera de tratamento da incerteza, tem-se que o método AHP possui um índice de inconsistência, o ELECTRE TRI possui o nível de confiança (λ) e a análise de consistência e robustez. O TOPSIS, porém, não oferece um índice de validação análogo. Uma proposta para esta vacuidade é realizar o processo inúmeras vezes, tomando os resultados como amostras, e criar um intervalo de confiança para a média das respostas. Desta maneira, a confiança do intervalo (geralmente 95%) seria o índice de validação, e a resposta seria tão clara (intervalo menor) quanto mais numerosa a amostra.

IV. RESULTADOS – ANÁLISE IMPLEMENTAÇÃO

A partir da análise das características de cada método, foi elaborado um modelo de processo de tomada de decisão multimétodo indicado na Figura 13, integrando de forma coerente o ELECTRE TRI, TOPSIS e AHP. Neste modelo, sob notação BPMN, em um primeiro momento, classifica-se a criticidade dos ativos em relação a manutenção.

Figura 13 – Modelo de processo

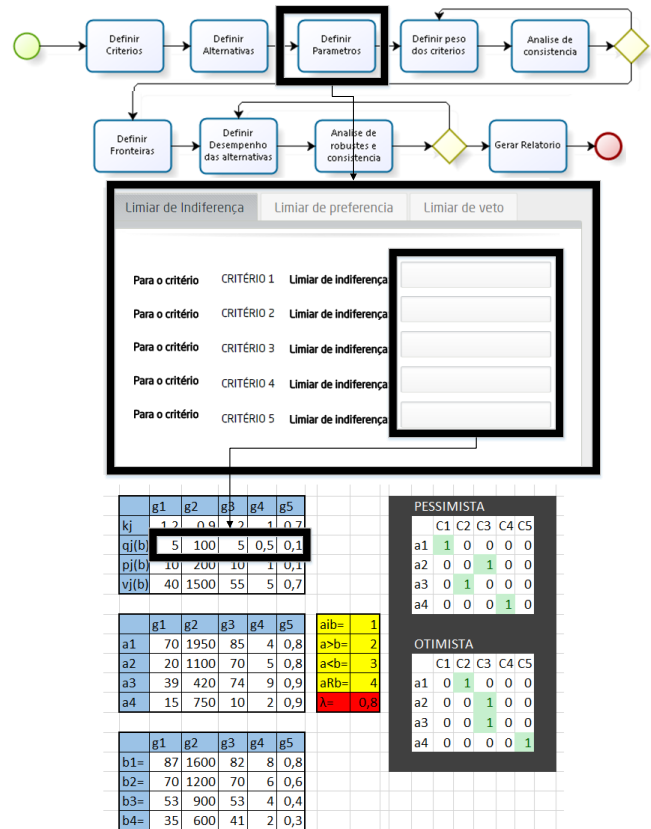


Fonte: Autores, 2016.

Na Figura 14 é possível observar o subprocesso necessário para a execução do ELECTRE TRI. Cada task do processo gera uma interface para o usuário na qual ele alimenta o sistema com as informações que são requisitadas, sendo tais informações exportadas para a planilha excel. Nesta Figura 14, a primeira matriz representa os pesos K_j, os limiares de indiferença, preferência e veto Q, P e V respectivamente, em relação aos critérios g1 até g4. A segunda matriz representa o desempenho das alternativas a1

até a4 nos critérios g1 até g5. A terceira matriz representa as fronteiras b1 até b4 em cada critério. A célula destacada em vermelho representa o nível de confiança pré-estabelecido. As células destacadas em verde representam a classificação de cada alternativa a1 até a4, em sua classe c1 até c5, no procedimento pessimista e otimista preconizado pelo método.

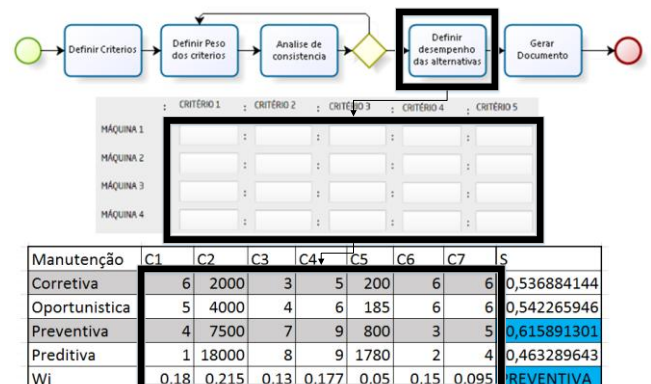
Figura 14 – Implementação do ELECTRE TRI



Fonte: Autores, 2016.

A implementação do método TOPSIS é descrita na figura 15, em que na planilha, a matriz representa o desempenho de cada uma das alternativas (linhas) em relação a cada um dos critérios (colunas). Igualmente ao processo anterior, cada task do processo modelado gera uma interface para o usuário, que alimenta o sistema com as informações que são exportadas para a planilha. A resposta calculada é mostrada na última coluna da primeira matriz, e na última célula é escrita a estratégia de manutenção ideal.

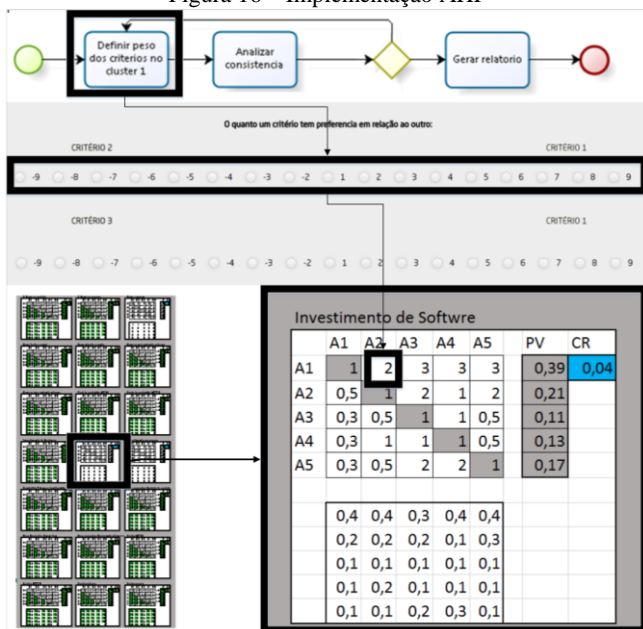
Figura 15 – Implementação do TOPSIS



Fonte: Autores, 2016.

Para **implementação do AHP**, de forma similar aos dois processos anteriores, o processo modelado na Figura 16 caracteriza as *tasks*, e para cada uma é gerada uma interface para o usuário que preenche as informações que são exportadas para as planilhas. Nestas adapta-se o modelo presente na Figura 10, em que são feitos 21 comparações *pairwise* das alternativas frente aos critérios, e 10 comparações *pairwise* para determinar o peso de cada critério. Na Figura 16 é exemplificado uma comparação *pairwise*, cujos valores são exportados para a planilha. Na matriz destacada é possível ver a matriz de julgamento e abaixo dela a sua normalização. A coluna PV é o resultado, em que a alternativa da linha com o maior valor é a melhor alternativa. A célula destacada ao lado, CR, é o índice de inconsistência, que se for maior que 10% é também destacada, o que sinaliza para o usuário a necessidade de refazer a avaliação *pairwise*.

Figura 16 – Implementação AHP



Fonte: Autores, 2016.

V. CONCLUSÃO

A investigação mais detalhada de cada método MCDM, complexos na aplicabilidade industrial, contribuiu para o desenvolvimento de um ciclo de desenvolvimento de um modelo de avaliação baseado em processo. Sua implementação em plataforma BPMS exalta uma lacuna muito forte nos sistemas industriais atuais no tocante a algumas perspectivas: entendimento comum dos processos e fluxos de informação, ciclo otimizado de melhoria contínua, incorporação de métodos de tomada de decisão nos processos corriqueiros da operação e manutenção e sua consideração com curta latência de realimentação, suporte a formação de indicadores e gestão do conhecimento. Tais elementos recebem renovada atenção das empresas com a nova onda 4.0.

Tais requisitos sofrem uma percepção muito positiva e explícita de atendimento através da plataforma BPMS. Tal ambiente oferece uma interface de usuário de alto nível e funcional, em que foi possível auxiliar escolhas no domínio da manutenção, em ambiente decisional multicritério incerto e complexo, com ênfase a seleção da política de manutenção. Neste sentido, os métodos MCDM, muito característicos na comunidade científica, encontram um

canal de transferência ao domínio de aplicação industrial, que sofre uma demanda muito expressiva na área de manutenção para suporte aos requisitos da Indústria 4.0.

Em processo de validação e evolução do modelo proposto, vislumbra-se aplicá-lo em diferentes setores industriais (linha branca, automotiva, alimentos). Da mesma forma, outros métodos MCDM representam ações atuais de investigação (Promethee, Macbeth) e suas associações com métodos de mineração de dados e processos (Process Mining). Objetiva-se uma maior percepção de fatores importantes que possam não ter sido contemplados nesta primeira concepção. O uso de case industrial e sua corroboração com os resultados de artigos de relevância científica, representam perspectivas de validação e evolução da plataforma proposta.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Adiel; CAVALCANTE, Cristiano; ALENCAR, Marcelo; FERREIRA, Rodrigo, ALMEIDA-FILHO, Adiel de; GARCEZ, Thaltes. Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer, 2015.

BATTIROLA, Julio; LOURES, Eduardo Rocha; SANTOS, Eduardo A. Portela. Uma Abordagem FMEA Integrando Delphi, AHP e BPM. *XXI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção*. Bauru, 2014a.

BATTIROLA, Julio; LOURES, Eduardo Rocha; SANTOS, Eduardo A. Portela; RIGONI, Emerson. FMEA Revisited: An Integrated Approach with AHP and Delphi Methodology. *7th International Conference on Production Research*. Lima, 2014b.

BEVILACQUA M., BRAGLIA M. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 7, pp. 71-83, 2000.

HADIDI, Laith., AL-TURKI, Umar, RAHIM, M. Abdur. Practical implications of managerial decisions to integrate production scheduling and maintenance. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 6, n. 3, pp. 224-230, 2015.

JAMSHIDI, R.; ESFAHANI, Mir Mehid. Maintenance policy determination for a complex system consisting of series and cold standby system with multiple levels of maintenance action. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 78, pp. 1337-1346, 2015.

MOUSSEAU V.; SLOWINSKI, R; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. *Computers & Operations Research*, vol. 27, pp. 757-777, 2000.

SAATY, Thomas. Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. *RWS Publications*. Pittsburgh, 2005.

SACHDEVA, Anish; KUMAR, Pradeep; KUMAR, Dinesh. Maintenance criticality analysis using TOPSIS. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. Hong Kong, 2009.

WESKE M., AASLT, Wil V., VERBEEK, H. *Business Process Management - Concepts, Languages, Architectures*. 2nd Ed. Springer, 2012.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os único responsáveis pelo material incluído no artigo.

APLICABILIDADE DA FERRAMENTA SOLVER PARA O AUMENTO DA MARGEM MARK-UP: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE VESTUÁRIO

APPLICABILITY OF THE SOLVER TOOL FOR INCREASING THE MARK-UP INDEX: CASE STUDY IN A CLOTHING COMPANY

DAVID BARBOSA SOUZA JUNIOR; SERGIO LUIZ BRAGA FRANCA, D.Sc.
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF RJ

davidb.s.junior@hotmail.com; sfranca@latec.uff.br

Resumo: A missão de grande parte das empresas é gerar lucro para si e para seus acionistas. Torna-se necessário encontrar alternativas para se manter competitiva diante de um cenário econômico desfavorável, sem comprometer a eficiência, eficácia e preço do produto e serviço prestados. Diante desse cenário, torna-se impraticável aumentar o valor dos produtos para geração de lucro. A redução de custos em processos mostra-se como alternativa para possibilitar o aumento de receita em empresas varejistas. Portanto, este trabalho tem como finalidade propor uma alternativa para aumentar o mark-up (índice de marcação de preço), através da redução do custo de confecção de roupas em uma empresa de vestuário feminino. Para se alcançar este objetivo, estudos foram realizados na área de pesquisa operacional e como resultado, obteve-se no método simplex e na ferramenta Solver uma forma de se reduzir os custos de montagem das peças, por meio da otimização logística de destinação dos modelos às facções prestadoras de serviço.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Vestuário. Custo. Solver.

Summary: The mission of most companies is to generate profits for themselves and their shareholders. It is necessary to find alternatives to remain competitive in the face of an unfavorable economic scenario, without compromising the efficiency, effectiveness and price of the product and service provided. Faced with scenario, it becomes impracticable to increase the value of products for profit generation. The reduction of costs in processes is shown as an alternative to enable the increase of revenue in retail companies. Therefore, this paper aims to propose an alternative to increase the mark-up (price indices), by reducing the cost of making clothes in a women's clothing company. To reach this objective, studies were carried out in the area of operational research and as a result, we obtained in the simplex method and the Solver tool a way to reduce the manufacturing costs, through the logistics optimization of the allocation of the models to the service rendering factions.

Key words: Operational Research. Clothing. Costs. Solver.

I. INTRODUÇÃO

Em meio às conturbações políticas e econômicas nas quais o país encontra-se, as empresas dos diversos setores buscam meios de se manterem ativas em um mercado fragilizado pela crise. Visando aumentar a margem de lucratividade sem comprometer o preço e a qualidade dos produtos ofertados, a redução de custos em processos, torna-

se um diferencial para organizações que almejam aumentar a receita.

A margem (mark-up) na visão de Wernke (2004) é um índice aplicado sobre o custo do bem ou serviço para a formação do preço de venda e que tem a finalidade de cobrir fatores como tributação sobre vendas, percentuais incidentes sobre o preço de venda, despesas administrativas fixas, despesas de vendas fixas, custos indiretos de produção fixos e margem de lucro. Para manter ou aumentar essa margem elevando o lucro, a redução dos custos torna-se uma alternativa contundente.

Sartori (2004) entende como custo, todos os recursos consumidos para a produção e que deve ser usado para identificar gastos em tal. No contexto do mercado de vestuário, compõe-se à formação dos custos de confecção de roupas, os serviços direcionados às facções – “oficinas” que estão nos extremos da cadeia de produção e normalmente realizam uma única fase do processo produtivo (como costura, bordado, arremate, etc.) e que almejam alcançar diversos mercados (BRITO; BERNARDES, 2005).

Nesta circunstância, a área de pesquisa operacional auxilia na otimização e na logística das peças para as facções, reduzindo os custos com o serviço. De acordo com Andrade (2002) a Pesquisa Operacional é um campo de análises decisórias caracterizada pelo uso de técnicas e métodos científicos qualitativos, elaborado por equipes multidisciplinares, visando determinar a melhor utilização de recursos limitados para a programação otimizada das operações de uma empresa.

O objetivo principal deste artigo é propor uma alternativa para o aumento da margem mark-up em produtos de uma empresa de vestuário através da redução de custos na confecção das peças. Para que tal proposta fosse alcançada foi necessário: compreender a formação de preço e a margem mark-up dos produtos em empresas do ramo de vestuário; propor uma alternativa à redução dos custos na confecção das roupas por meio da logística de direcionamento apropriado das quantidades e modelos de peças de roupas para as facções, com base nos preços praticados pelas prestadoras do serviço e tempo disponível para entrega dos produtos; conhecer superficialmente o campo da pesquisa operacional, especificadamente o método simplex; analisar a ferramenta Solver do Microsoft

Office Excel e entender como ela pode otimizar a logística das peças de roupas às facções responsáveis pela confecção dos modelos.

A pesquisa a este tema foi influenciada pela vivência do autor em uma empresa do ramo de vestuário que o possibilitou identificar práticas a serem adotadas nestes ambientes que permitissem alcançar o objetivo principal do estudo proposto.

II. PROCEDIMENTOS

2.1 – Formação de Preço

Considerando o cenário econômico atual e que resulta em um acirramento acentuado do mercado, a determinação do preço de venda de produtos ou serviços, segundo Souza, Abreu, Avelar e Minello (2006) é uma importante atividade que se relaciona com aspectos relevantes e diferenciais competitivos para as empresas que necessitam cada vez mais atuar de maneira ágil e flexível visando atender às novas demandas no mercado. Para os autores essa necessidade torna-se ainda maior nos segmentos que atuam mais próximos do consumidor final, caso das empresas varejistas. De acordo com Araujo (2006) as empresas do ramo varejista devem se adequar para alcançar seus objetivos considerando o mercado cada vez mais competitivo e que dentre os fatores a serem analisados para assegurar essa competitividade, o preço se destaca.

Segundo Kotler e Keller (2006) a política de precificação de uma empresa baseia-se geralmente nos seus objetivos, sendo os mais comuns para o varejo a sobrevivência e a maximização dos lucros. Dentre os processos de formação de preço dos produtos no varejo, o método baseado no custo de produção é uma alternativa amplamente usada em empresas de médio e pequeno porte deste segmento.

Para Kotler e Keller (2006), o fator “custos”, influencia de forma profunda as decisões de preço nas empresas. Segundo os autores as empresas desejam cobrar um preço que cubra seus custos e traga um retorno justo para o esforço e riscos. Desta forma o preço de venda é calculado a partir dos custos acrescido de uma margem de lucro (BORNIA, 2002). A ideia é exposta conforme equação abaixo:

$$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro} \quad (1)$$

Na visão da empresa moderna, segundo Vieira (2008) determina-se o preço de venda pelo mercado, onde o lucro é definido em função do preço de venda fixado pelo mercado e do custo que a empresa atinge, transformando a equação em:

$$\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo} \quad (2)$$

Entre os métodos com foco financeiro, a metodologia de *mark-up* é muito praticada nas empresas varejistas para determinação do preço de venda.

2.2 – Mark-up

Para Morgado e Gonçalves (2001), o método *mark-up* consiste na aplicação de um fator sobre o custo de um produto no cálculo do seu preço de venda. Segundo Bernardi (1996), o *mark-up* é um índice ou percentual

acrescido aos custos e despesas e que não necessariamente deverá ser aplicado linearmente a todos os bens e serviços. Bruni e Famá (2004) apontam duas maneiras para se encontra o *mark-up*:

- Multiplicador: Método mais usual e representa por quanto os custos devem ser multiplicados para se alcançar o preço de venda;
- Divisor: Menos usual, o método representa o custo em relação ao preço de venda expressa percentualmente.

Os autores Santos (1991), Borna (2002) e Sartori (2004) demonstram através das equações abaixo a formação dos respectivos *mark-up*:

Mark-up divisor:

$$MD = 100\% - \frac{ITV - CDFL}{100} \quad (3)$$

O preço de venda do produto é determinado pela equação:

$$PV = \frac{\text{Custos}}{MD} \quad (4)$$

Mark-up multiplicador:

$$MM = \frac{100\%}{100 - (ITV + CDFL)} \quad (5)$$

Para o *mark-up* multiplicador, o preço de venda do produto é determinado pela equação:

$$PV = \text{Custos} \times MM \quad (6)$$

Onde:

ITV: Total de impostos e taxas sobre vendas.

CDFL: Custos, despesas e margem de lucro.

Custos: Matéria-prima e mão de obra.

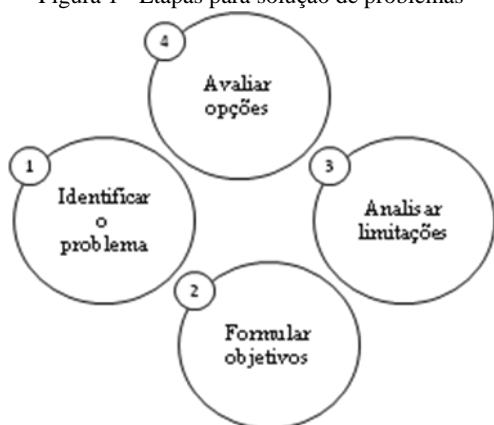
Como visto, independentemente do método *mark-up* a ser aplicado, é possível manter o preço de venda de um produto competitivo no mercado e elevar o índice *mark-up* através da redução de custos.

2.3 – Pesquisa Operacional

O sucesso ou fracasso de qualquer empresa depende das decisões dos seus gestores, desde as mais simples até as mais complexas e de maior responsabilidade que podem impactar profundamente no futuro e no rumo dos negócios de um empreendimento. Para Marins (2011) a tomada de decisão é uma tarefa intrínseca e básica da gestão nos mais diversos níveis, do estratégico, gerencial ou operacional.

Ainda para o autor, mesmo que o processo decisório para análise e solução de problemas de gestores distintos seja próprio e singular, algumas etapas devem ser essencialmente estabelecidas para configurar o que se denomina como papel do decisor. Estas etapas podem ser observadas conforme Figura 1.

Figura 1 - Etapas para solução de problemas



Fonte: Adaptada (Marins, 2011).

Neste cenário é que se insere a Pesquisa Operacional, segundo Marins (2011) o campo auxilia no desenvolvimento de procedimentos coerentes e consistentes de suporte à tomada de decisão.

O termo Pesquisa Operacional (PO) é uma área do conhecimento voltada para o desenvolvimento de métodos científicos de sistemas complexos, com o objetivo de prever e comparar estratégias ou diferentes decisões (CARDOSO, 2011). Ainda para a autora o objetivo principal da PO é encontrar a programação mais otimizada de atividades ou recursos, oferecendo um conjunto de procedimentos e métodos quantitativos para tratar de maneira sistêmica problemas relacionados com a utilização de recursos escassos.

A contribuição da Pesquisa Operacional visto sua multidisciplinaridade, abrange diversos domínios da atividade humana, da Engenharia à Medicina, passando pela Economia e à Gestão Empresarial (CARDOSO, 2011). Dentre os ramos desenvolvidos pela PO, destacam-se no ramo da programação matemática: Programação Linear; Programação Não Linear; Programação Dinâmica; Programação Inteira; Otimização global. Em outros ramos, a Pesquisa Operacional se destaca nas seguintes áreas: Análise Estatística; Teoria dos Jogos; Teoria das Filas; Simulação; Gestão de Estoques.

2.4 – Programação Linear e o Método Simplex

Todo problema, independente da natureza, demanda por decisões e um dos aspectos principais desses problemas é a otimização dos recursos, como usa-los de forma eficiente e eficaz para se chegar ao objetivo e resultado esperado.

Neste contexto, segundo Martins (2011) a Programação Linear (PL) busca encontrar a solução ótima para problemas cujos modelos são representados por expressões lineares. A função principal da PL é maximizar ou minimizar uma função linear, também denominada Função Objetivo, considerando e respeitando um sistema linear de igualdades e desigualdades chamadas de Restrições do Modelo. Ainda segundo o autor para solução de Problemas de Programação Linear (PPL) dois passos são fundamentais e necessários a se seguir: a modelagem do problema seguido do método de solução do problema.

Para um PPL o método mais usual é o Método Simplex. Segundo Cardoso (2011) o Método Simplex é um procedimento que indica a solução exata de qualquer PPL realizando um número limitado de iterações, composta de

critérios específicos para determinação das soluções dos problemas. As equações que compõem o desenvolvimento do método para soluções de PPLs são:

Para a Função Objetivo de maximização ou minimização, tem-se a equação:

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (7)$$

Para as equações ou inequações das Restrições do Modelo, temos as equações cujos sinais variam conforme natureza do problema em \leq , \geq ou $=$.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n \leq b_r \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1 \\ a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n \geq b_r \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n = b_r \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad (10)$$

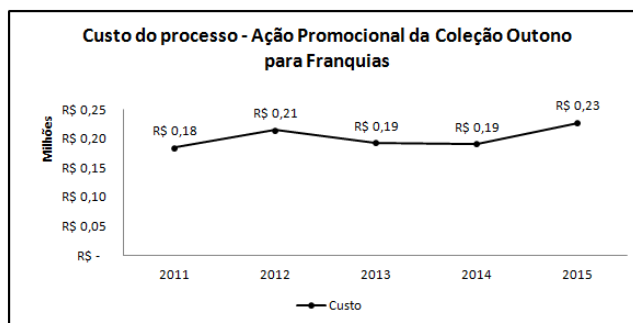
III. RESULTADOS

3.1 – O Problema

Como observado pelo autor durante o período em que esteve na empresa de vestuário o direcionamento das peças de roupas às fações para confecção dos modelos, não baseava-se em metodologias no que tange cumprimento de prazo e otimização dos custos para a tomada de decisão e sim o conhecimento empírico dos responsáveis por tais decisões. Como reflexo, os custos do processo de confecção não eram essencialmente os melhores a serem praticados, tratando-se de uma questão intangível em virtude da ausência de procedimentos metodológicos.

O Gráfico 1 dispõe as despesas com a coleção da ação promocional de Outono dos últimos cinco anos.

Gráfico 1 - Custos do processo



Fonte: Autor, 2016.

3.2 – Levantamento dos Dados

A empresa de vestuário estudada comercializa anualmente quatro coleções denominadas Primavera-verão, Verão, Outono e Inverno, em cada coleção ações promocionais são realizadas como forma de lançar modelos diferenciados dos demais modelos fora das ações e mais

atrativos aos clientes, com isso os produtos são ofertados a um preço mais elevado em virtude da exclusividade e qualidade oferecida. Para implementação da metodologia escolhida a ser apresentada na pesquisa utilizou-se os modelos da Revista Lançamento da coleção de Outono.

Todos os modelos das quatro coleções são comercializados para três canais de vendas distintos: Varejo (68 lojas próprias); Franquia (171 clientes franqueados); B2C: (canal de venda pela internet). Para o estudo considerou-se as quantidades dos modelos distribuídos aos franqueados que totalizam quarenta mil e oitocentas peças.

Para atender a demanda das lojas próprias e dos clientes franqueados, a empresa de vestuário fornece serviços a vinte e oito facções. Para a pesquisa optou-se por trabalhar com três facções, entendendo que a aplicação da metodologia seria tão eficiente quanto, caso direcionada a totalidade de facções prestadoras de serviço. As características das três facções são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Facções

Facção	Capacidade de produção (Peças/dia)	Número de costureiras	Localização
Facção 1	12.600	23	Duque de Caxias
Facção 2	16.700	42	Belford roxo
Facção 3	11.500	35	Teresópolis

Fonte: Autor, 2016.

Uma das etapas da pesquisa consistiu em levantar os dados necessários para aplicação da ferramenta escolhida que resultaram na tabela base (Tabela 2) usada no estudo.

Tabela 2 – Tabela Base

Grupo	Categoria	Save	Peças (R)	Tempo Médio de Costura (min) Un	Facção 1			Facção 2			Facção 3		
					Custo Transporte Un	Tempo de Costura Un	Custo Transporte Un	Tempo de Costura Un	Custo Transporte Un	Tempo de Costura Un			
TECIDO	Blusa Malha Estampada	2825736	504	10,4	R\$ 3,03	0,18	8,3	R\$ 3,03	0,18	7,3	R\$ 3,17	0,18	8,3
	Blusa Malha Lisa	2825621	499	10,3	R\$ 1,95	0,14	10,3	R\$ 2,03	0,16	7,2	R\$ 1,95	0,15	7,2
	Blusa Malha Lisa	2825640	500	10,3	R\$ 1,47	0,11	10,3	R\$ 1,62	0,12	7,2	R\$ 1,47	0,12	7,2
	Blusa Malha Lisa	2825718	1.971	10,4	R\$ 1,63	0,12	10,4	R\$ 1,80	0,14	7,3	R\$ 1,63	0,13	7,3
	Blusa Malha Lisa	2825737	493	15,1	R\$ 2,14	0,20	10,6	R\$ 2,23	0,22	10,6	R\$ 2,14	0,21	12,1
	Blusa Malha Lisa	2825738	493	15,2	R\$ 2,11	0,20	10,6	R\$ 2,11	0,20	10,6	R\$ 2,11	0,21	12,2
	Blusa Malha Lisa	2825739	1.971	15,1	R\$ 3,06	0,29	10,5	R\$ 3,19	0,32	10,5	R\$ 3,06	0,31	12,0
	Blusa Malha Lisa	2825621	493	25,1	R\$ 1,92	0,20	20,1	R\$ 2,01	0,21	20,1	R\$ 1,92	0,20	22,6
	Blusa Malha Lisa	2825751	493	25,3	R\$ 3,98	0,41	20,2	R\$ 4,15	0,43	20,2	R\$ 3,98	0,41	22,8
	Blusa Malha Lisa	2825641	2.464	20,4	R\$ 6,01	0,49	18,4	R\$ 6,23	0,52	18,3	R\$ 6,23	0,52	14,3
	Blusa Malha Lisa	2825653	2.464	20,0	R\$ 3,46	0,28	18,0	R\$ 3,59	0,30	18,0	R\$ 3,59	0,32	14,0
	Blusa Malha Lisa	2825655	1.232	20,2	R\$ 5,04	0,41	18,2	R\$ 5,22	0,43	18,2	R\$ 5,22	0,47	14,1
	Blusa Malha Lisa	2825770	1.232	20,1	R\$ 4,33	0,34	18,3	R\$ 4,48	0,35	18,3	R\$ 4,33	0,38	14,2
	Blusa Malha Lisa	2825628	1.232	20,1	R\$ 3,33	0,32	18,1	R\$ 3,60	0,35	20,1	R\$ 3,33	0,33	18,1
	MALHA	Blusa Tecido Lisa	2825643	1.478	10,1	R\$ 2,13	0,12	9,1	R\$ 2,13	0,12	9,1	R\$ 2,23	0,12
Blusa Tecido Lisa		2825691	1.908	10,0	R\$ 2,60	0,15	9,0	R\$ 2,60	0,15	9,0	R\$ 2,72	0,15	7,0
Blusa Tecido Lisa		2825648	2.182	10,0	R\$ 2,41	0,14	9,0	R\$ 2,41	0,14	9,0	R\$ 2,52	0,14	7,0
Blusa Tecido Lisa		2825741	889	15,3	R\$ 4,69	0,37	10,7	R\$ 4,81	0,39	13,6	R\$ 4,69	0,37	12,2
Blusa Tecido Lisa		2825742	2.006	15,1	R\$ 3,24	0,28	10,6	R\$ 3,46	0,30	13,6	R\$ 3,24	0,28	12,1
Blusa Tecido Lisa		2825690	1.046	15,2	R\$ 5,15	0,47	10,5	R\$ 5,38	0,47	10,6	R\$ 5,15	0,49	12,0
Blusa Tecido Lisa		2825722	616	15,2	R\$ 5,15	0,47	10,5	R\$ 5,38	0,47	10,6	R\$ 5,15	0,49	12,0
Blusa Tecido Lisa		2825732	1.663	20,1	R\$ 7,46	0,69	18,1	R\$ 8,04	0,75	20,1	R\$ 7,75	0,72	16,1
Blusa Tecido Estampado		2825787	2.893	20,0	R\$ 6,09	0,56	18,0	R\$ 6,56	0,61	20,0	R\$ 6,33	0,59	16,0
Blusa Tecido Estampado		2825796	2.712	20,3	R\$ 4,97	0,46	18,3	R\$ 5,35	0,50	20,0	R\$ 5,16	0,48	16,2
Blusa Tecido Estampado		2825797	2.218	20,3	R\$ 6,04	0,56	18,0	R\$ 6,51	0,60	20,0	R\$ 6,27	0,58	16,0
Blusa Tecido Estampado		2825831	1.663	20,2	R\$ 6,11	0,56	18,2	R\$ 6,58	0,61	20,2	R\$ 6,35	0,59	16,2
Blusa Tecido Estampado		2825835	1.663	20,3	R\$ 6,45	0,59	18,3	R\$ 6,94	0,64	20,3	R\$ 6,69	0,62	16,2
Blusa Tecido Lisa		2825791	1.232	20,4	R\$ 5,19	0,38	18,3	R\$ 5,36	0,39	18,3	R\$ 5,36	0,39	16,3
Blusa Tecido Lisa		2825834	616	20,4	R\$ 5,41	0,39	18,3	R\$ 5,60	0,41	18,3	R\$ 5,60	0,41	16,3

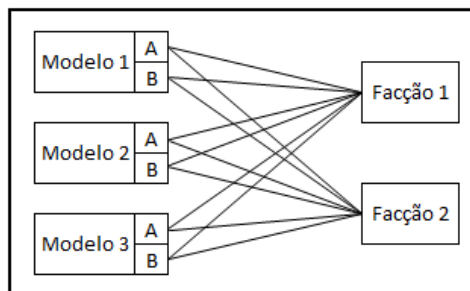
Fonte: Autor, 2016.

3.3 – Ferramenta Proposta

A ferramenta utilizada na pesquisa foi o Microsoft Office Excel, recurso Solver. Para facilitar a compreensão na forma como o Solver executa as atividades e pode ser usado, um exemplo foi elaborado com base nas informações reais presentes na pesquisa:

Considere o corte de três modelos de roupas e que cada modelo possui duas unidades (A e B) e estas precisam ser enviadas a duas facções distintas que praticam preços diferentes para confecção desses produtos. Na Figura 2 podemos identificar a quantidade de possibilidades no processo.

Figura 2 – Ilustração do envio dos modelos às facções



Fonte: Autor, 2016.

Como visto acima, são doze diferentes alternativas considerando um pequeno universo quando comparado a uma situação real.

3.4 – Aplicação da Ferramenta ao Processo

Para alcançar o objetivo geral do trabalho, definido em como aumentar a margem mark-up de uma empresa de vestuário feminino, chegou-se a um dos objetivos específicos de otimizar a logística de direcionamento dos cortes de peças de roupas às facções responsáveis pela confecção destes modelos, com base nos preços praticados por cada prestadora de serviço e tempo disponível para execução do mesmo. Tal propósito foi desenvolvido com base em estudos bibliográficos referentes à formação de preço dos produtos de uma empresa de vestuário, como descrito no capítulo dois da pesquisa, acreditando que a redução de custo neste processo logístico possui um impacto significativo no aumento do mark-up da empresa a que o estudo se refere. Para auxiliar na tomada de decisão e aperfeiçoar a logística de destinação das peças de roupas às facções, optou-se pela utilização do Solver, presente do Microsoft Office Excel, por se tratar de um recurso amplamente difundido nas empresas, visto o custo benéfico que propicia. A ferramenta auxilia na resolução de problemas de programação linear, buscando a distribuição mais eficiente de recursos tendo em vista atenderem a um determinado objetivo e baseia-se no método simplex, uma técnica voltada a determinar a solução ótima de situações desta natureza.

A primeira etapa para aplicação da ferramenta consistiu no levantamento dos dados referentes aos modelos enviados às facções prestadoras do serviço, a quantidade de peças que seriam destinadas, os preços praticados para confecção das peças, os custos com o transporte e o tempo disponível para realização do trabalho, considerando que o retorno do produto acabado ao centro de distribuição deveria ser

realizado a tempo dos modelos serem enviados aos clientes franqueados. As informações colhidas resultaram na Tabela 2 apresentada anteriormente.

Após a preparação e montagem na tabela, a mesma foi adaptada para receber as análises da ferramenta Solver, dentre os rearranjos realizados está os cálculos necessários para obtenção do resultado ótimo. O primeiro cálculo, ou função objetivo, como denominado na programação linear, indicará o resultado a ser alcançado, seja por meio da maximização de um valor numérico, ou minimização no caso desta pesquisa. O resultado que o estudo procura será encontrado no somatório dos custos de costura e transporte das três facções que são objetos do estudo.

O custo da costura é composto pelo custo unitário cobrado pela facção para montagem da peça multiplicada pela quantidade de peças a ser destinada a esta prestadora de serviço.

Já o custo de transporte é formado pelo valor cobrado para cada unidade transportada do corte de peças de roupas, o que inclui a logística do centro de distribuição até a facção e o retorno do produto acabado ao CD, multiplicado pela quantidade de unidades que serão encaminhadas para confecção, segundo resultado ótimo identificado pelo Solver. O tempo disponível para confecção das peças é outro fator determinante levando em consideração que o produto acabado deve retornar ao centro de distribuição a tempo de ser enviado às franquias, com isso, o cálculo foi realizado multiplicando-se o tempo médio que cada facção demandava para montagem de cada unidade de roupa pela totalidade de peças que seriam enviadas à facção.

O próximo passo, após a construção da função objetivo, foi desenvolver as restrições ao resultado ótimo a ser encontrado, tratando-se de condições que a ferramenta deve levar em consideração nas suas iterações e que devem ser obedecidas mesmo que impactem no melhor resultado esperado. Como premissa, as quarenta mil e oitocentas peças devem ser confeccionadas e a totalidade de unidades de cada modelo também devem ser respeitadas, outro fator determinante e restritivo é a capacidade que cada facção possui de montagem das peças, considerando a quantidade de profissionais da costura que cada prestadora têm e o tempo hábil para execução do trabalho fornecido pela empresa contratante.

Por fim, os parâmetros foram indicados para que a ferramenta do Solver indicasse o melhor resultado ao problema, ou seja, o menor custo de confecção das peças, tendo em vista a quantidade de unidades a serem enviadas a cada facção com base nos preços cobrados de produção e transporte e o tempo disponível para realização do serviço. O resultado é apresentado na Tabela 3.

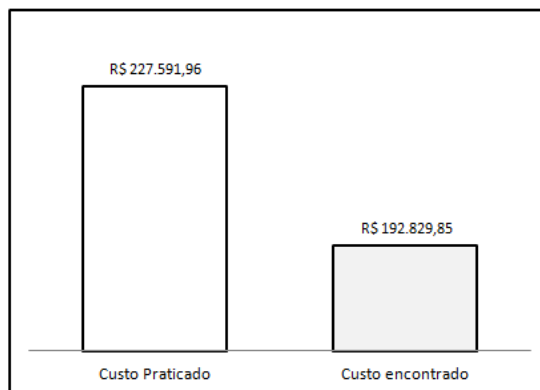
Tabela 3 – Tabela com resultados obtidos pela ferramenta Solver

					Menor Custo Total (R\$) R\$ 192.829,85		
Grupo	Categoria	Save	Peças (FR)	Tempo Médio de Costura (min) Un	FACÇÃO 1	FACÇÃO 2	FACÇÃO 3
					Quantidade	Quantidade	Quantidade
MALHA	Blusa Malha Estampada	2825736	504	10,4	0	504	0
	Blusa Malha Lisa	2825631	493	10,3	0	493	0
	Blusa Malha Lisa	2825640	500	10,3	0	500	0
	Blusa Malha Lisa	2825718	1.971	10,4	0	1.971	0
	Bottom Malha	2825737	493	15,1	493	0	0
	Bottom Malha	2825738	493	15,2	493	0	0
	Bottom Malha	2825739	1.971	15	1.971	0	0
	Casaco Malha	2825622	493	25,1	0	0	493
	Casaco Malha	2825751	493	25,3	0	0	493
	Vestido Malha Estampada	2825641	2.464	20,4	0	2.464	0
	Vestido Malha Estampada	2825653	2.464	20	0	2.464	0
	Vestido Malha Estampada	2825655	1.232	20,2	0	1.232	0
	Vestido Malha Estampada	2825770	1.232	20,3	0	1.232	0
	Vestido Malha Lisa	2825628	1.232	20,1	447	0	785
TECIDO	Blusa Tecido Liso	2825643	1.478	10,1	0	1.478	0
	Blusa Tecido Liso	2825699	1.908	10	757	1.151	0
	Blusa Tecido Liso	2825848	2.162	10	0	2.162	0
	Bottom Tecido	2825741	889	15,3	889	0	0
	Bottom Tecido	2825744	2.006	15,1	2.006	0	0
	Bottom Tecido	2825850	1.046	15	1.046	0	0
	Camisa Tecido	2825722	616	15,2	0	616	0
	Vestido Tecido Estampado	2825752	1.663	20,1	1.663	0	0
	Vestido Tecido Estampado	2825787	2.893	20	1.420	0	1.473
	Vestido Tecido Estampado	2825796	2.712	20,3	0	0	2.712
	Vestido Tecido Estampado	2825797	2.218	20	0	0	2.218
	Vestido Tecido Estampado	2825835	1.663	20,2	0	0	1.663
	Vestido Tecido Estampado	2825836	1.663	20,3	0	0	1.663
	Vestido Tecido Liso	2825791	1.232	20,4	799	433	0
Vestido Tecido Liso	2825854	616	20,4	616	0	0	

Fonte: Autor, 2016.

Como visto acima, o menor valor encontrado e que satisfaz todas as restrições indicadas no problema foi o valor de cento e noventa e dois mil, oitocentos e vinte e nove reais e oitenta e cinco centavos. O Gráfico 2 demonstra a redução de custo no processo resultado da aplicação da metodologia e ferramenta.

Gráfico 2 – Custos do processo de confecção



Fonte: Autor, 2016.

Como visto, chegou-se a uma redução de 15% no custo de confecção das peças da ação promocional da coleção de outono na empresa de vestuário estudada, direcionando de forma apropriada as quantidades de cada modelo às prestadoras de serviço com base nos preços cobrados pelo serviço e características das peças.

IV. CONCLUSÃO

Frente ao mercado competitivo em que as empresas varejistas estão inseridas, somada a crise econômica na qual o país se encontra, alternativas devem ser consideradas para que companhias mantenham seus negócios ativos e rentáveis. Dentre as possibilidades, reduzir custos em processos torna-se uma opção para aquelas que buscam um diferencial da concorrência. Para empresas de médio e pequeno porte que dispõem de poucos recursos e investimento, soluções rápidas e que demandem ferramentas já usadas no cotidiano são as mais atrativas e vantajosas.

Como visto através da pesquisa bibliográfica que serviu de embasamento para o trabalho apresentado, uma empresa que deseja aumentar a margem *mark-up* sem comprometer o preço de venda dos seus produtos e conseqüentemente seu atrativo diante o mercado, pode, através da redução de custos (em processos, que é o objeto de estudo da pesquisa), alcançar este objetivo.

Para a empresa de vestuário estudada foram colhidos dados referentes a uma ação promocional da coleção de outono e os custos de confecção das peças foram mensurados com base nos preços praticados pelas facções prestadoras de serviço. O direcionamento dos modelos às facções não obedecia a uma metodologia que possibilitasse determinar a quantidade ideal de peças de roupas a serem enviadas a cada prestadora de serviço para que o menor custo de serviço fosse alcançado mediante as alternativas dispostas.

O campo da Pesquisa Operacional serviu de referencial teórico para que a solução ótima do problema proposto fosse encontrado e por meio da ferramenta Solver, recurso disponibilizado pelo Microsoft Office Excel, amplamente difundido nas empresas e que usa do Método Simplex para alcançar a solução ótima em Problemas de Programação Linear, foi possível chegar a um resultado satisfatório e que atendesse a proposta do trabalho em reduzir o custo do processo de confecção de roupas através da destinação mais otimizada dos modelos às facções.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, EDUARDO LEOPOLDINO DE. **Introdução a Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

ARAUJO, ANA CAROLINA N. *et al.* **A utilização de sistemas de informações como suporte para o processo de formação de preços em empresas de produção por encomenda**. Revista Mineira de Contabilidade. n. 21, 1ºtrim. 2006.

BERNARDI, LUIZ ANTONIO. **Política e Formação de preços: uma abordagem competitiva, sistêmica e integrada**. São Paulo: Atlas, 1996.

BORNIA, ANTONIO C. **Análise gerencial de custos**. São Paulo: Atlas, 2002

BRITO, BERNARDES ROBERTO. **Simplex Aglomerados ou Sistemas Produtivos Inovadores? Limites e possibilidades para a indústria do vestuário na metrópole paulista**. São Paulo em Perspectiva, V.19, n.2, p. 71-85, abr./jun. 2005.

BRUNI, ADRIANO LEAL; FAMÁ, RUBENS. **Gestão de custos e formação de preços: com aplicações na calculadora HP 12C e Excel**. 3a ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CARDOSO, ANDREA. **Fundamentos da Pesquisa Operacional**. UNIFAL, MG, 2011.

KOTLER, P. e KELLER, K.L. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MARINS, FERNANDO AUGUSTO SILVA. **Introdução a Pesquisa Operacional**. Editora Cultura Acadêmica, São Paulo, SP, 2011.

MORGADO, MAURICIO GERBAUDO; GONÇALVES, MARCELO NEVES. **Varejo: administração de empresas comerciais**. 3.ed. São Paulo: SENAC, 2001.

SANTOS, J. J. **Formação de preços e do lucro**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

SATORI, E. **Gestão de Preços**. São Paulo, Atlas, 2004.

SOUZA, ABREU, AVELAR E MINELLO. **Formação de Preços no Varejo: Estudo de caso em Belo Horizonte/MG**. III SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2006.

VIEIRA, Euselia Paveglio. **Custos e Formação do Preço de Venda**. Editora Unijui, Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil, 2008.

WERNKE, RODNEY. **Gestão de Custos: uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo, Atlas, 2004.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA NO VAREJO DE MÓVEIS: OTIMIZAÇÃO DO SERVIÇO POR MEIO DA GESTÃO DE PROJETOS

TECHNICAL ASSISTANCE IN THE RETAIL OF FURNITURE: OPTIMIZATION OF THE SERVICE THROUGH PROJECT MANAGEMENT

VITOR NASCIMENTO DE MENESES¹; SOLANA CARLOS FRASÃO¹; FRANCISCO DAS CHAGAS MARQUES DE ARAUJO FILHO¹; HERIK GEOVANNY DE AZEVEDO CARVALHO¹; KASCIANO PIRES DE SOUSA¹

1 – FACULDADE SANTO AGOSTINHO

vitornmeneses@gmail.com; solana.adm@gmail.com; marquesfilho_11@hotmail.com; herik-carvalho95@hotmail.com; kascianopires@gmail.com

Resumo – O Brasil é um país de grande dimensão territorial, várias regiões desse gigante são bem distantes uma das outras e sua infraestrutura logística é de qualidade duvidosa. Este trabalho foi realizado através de um estudo de caso em uma empresa varejista do tipo loja de departamentos, concentrando-se no seu setor de móveis. Esta empresa encontra-se bem distante dos seus fornecedores moveleiros, que são responsáveis pela assistência técnica dos produtos adquiridos por seus clientes locais, o que gera transtornos, principalmente pela longa demora do atendimento dos mesmos. O objetivo deste artigo é demonstrar a importância do uso de técnicas de gestão de projetos no planejamento e implementação de um serviço de assistência técnica de responsabilidade da empresa varejista. A aplicação dessas técnicas foi um grande aprendizado para a equipe.

Palavras-chave: Gestão de projetos. Serviço de assistência técnica. Setor moveleiro.

Abstract - Brazil is a country with a large territorial dimension, several regions of this giant are very distant from each other and its logistics infrastructure is of doubtful quality. This work was done through a case study at a department store-type retailer, focusing on its furniture sector. This company is very far from its furniture suppliers, who are responsible for the technical assistance of the products acquired by its local clients, which causes inconveniences, mainly due to the long delay of the service. The objective of this article is to demonstrate the importance of the use of project management techniques in the planning and implementation of a technical assistance service of responsibility of the retail company. The application of these techniques was a great learning experience for the team.

Keywords: Project management. Technical assistance service. Furniture branch.

I. INTRODUÇÃO

As indústrias moveleiras majoritariamente se concentram nas regiões Sul e Sudeste do território brasileiro. Sendo o Brasil um país de dimensões continentais como é, as empresas localizadas no Norte e Nordeste sofrem demais com prazos de entrega, devido a diversos fatores, principalmente relacionados com a infraestrutura logística.

Neste segmento, ainda é mais dramático o serviço de assistência técnica prestado, pois geralmente se dá da

seguinte maneira: o consumidor adquire o móvel desejado, este apresenta um defeito de fabricação, então o cliente aguarda a chegada de uma simples peça por um tempo acima do razoável, causando frustração com aquela compra sonhada (geralmente são produtos de alto valor aquisitivo), um alto custo para o fabricante por remeter um item avulso para uma localidade distante e a diminuição do apreço da empresa varejista pelo cliente que não se sentiu atendido satisfatoriamente.

O PROCON-SP (2016) ordena os principais problemas reclamados pelos consumidores, dentre os quais “vício ou má qualidade de produto”, “vício ou má qualidade de serviço” e “problemas com o SAC” poderiam ter seus danos contidos com um bom e eficiente serviço pós-venda. Na verdade, este é um momento chave para transformar algo que saiu errado em uma coisa positiva, fazendo o cliente sentir-se valorizado e engajado em transacionar novamente com a empresa.

Segundo O QUE (2012), o INMETRO apontou que para 58,06% dos consumidores, a assistência técnica é o serviço mais importante do pós-venda, e que 79,06% pagariam mais pelo produto para usufruir de uma rede de assistência técnica adequada.

Uma pesquisa de opinião com profissionais de logística, realizada pelo ILOS (Instituto de Logística e Supply Chain), apontou que 92% dos entrevistados veem as estradas brasileiras como malconservadas (FLEURY, 2012). Isso reflete no alto custo para transportar e contribui com o aumento do tempo para a carga chegar ao seu destino final.

O Código de Defesa do Consumidor determina um prazo de 30 dias para a empresa sanar o vício do produto adquirido pelo cliente. (BRASIL, 1990).

Perante as dificuldades apresentadas, cumprir prazos legais torna-se uma tarefa difícil, assim, este estudo aponta uma maneira para atender melhor ao cliente e prestar um serviço de assistência técnica dentro do tempo esperado.

Para conseguir o almejado, utilizou-se das técnicas de gestão de projetos para realização desta tarefa, e o objetivo principal deste artigo é demonstrar como o uso dessas técnicas e ferramentas de gestão de projetos se faz

importante e necessário para a boa execução do projeto planejado e sua realização.

O estudo de caso realizado na empresa varejista foi o meio adequado para a produção deste artigo. Yin (2005 apud GIL, 2010) pondera que o estudo de caso é a melhor forma de se investigar um fenômeno atual dentro do seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos.

Este artigo está seccionado nesta introdução; no referencial teórico, onde aborda sobre projeto, gerenciamento de projeto e ferramentas de uma boa gestão de projetos; nos resultados e discussões, nos quais é discorrido sobre o contexto da empresa objeto do estudo e como foi desenvolvido o projeto para implementação dos serviços de assistência técnica na referida empresa; na sua conclusão; e nas referências bibliográficas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – Projeto

De acordo com o *Project Management Institute* (PMI), associação profissional sem fins lucrativos para gestores de projetos (PMI, 2016), “projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMI, 2013, p. 3), ou seja, ele tem início e fim determinados, possui um objetivo específico e é único.

“Todo projeto deve possuir objetivos que justifiquem a sua existência e que sirvam de norte para os trabalhos que serão desenvolvidos” (SILVA; CIM, 2012, p. 16). O surgimento de um projeto se deve ao interesse de conquistar, produzir, melhorar algo etc., a busca e realização desse objetivo é o âmago de um projeto e razão de sua existência. Uma organização só patrocinará os esforços de um projeto se este entregar algo do interesse dela.

A temporalidade de um projeto é o que o diferencia das atividades operacionais comuns dentro de uma empresa, já que estas se configuram por serem contínuas e rotineiras, próprias das organizações as quais fazem parte, como a atividade de pintura em uma linha de produção de uma fábrica de automóveis. Já os projetos, segundo Valle et al. (2014), devem ser concluídos assim que seus objetivos sejam alcançados, quando fica claro que seus objetivos não poderão ser atingidos ou quando o projeto não é mais necessário ou não compensa.

Nenhum projeto é igual a outro, cada um é singular, único, original. Por mais similares e próximos que um projeto pode ser de um outro, suas características, os recursos utilizados e o contexto no qual estão inseridos não serão iguais. Mesmo que eles tenham o mesmo objetivo, prometam e entreguem a mesma coisa, eles vão ser diferentes, pois a maneira de trabalhar em um determinado projeto e sua forma de condução não são possíveis de serem repetidas em cem por cento.

O PMBOK® (*Project Management Body of Knowledge*), elaborado pelo PMI, reúne as boas práticas e experiências em gestão de projetos, e nele consta um exemplo do que foi escrito acima:

Prédios de escritórios podem ser construídos com materiais idênticos ou similares e pelas mesmas equipes ou equipes diferentes. Entretanto, cada projeto de prédio é único, com uma localização diferente, um design diferente, circunstâncias e situações diferentes, partes interessadas diferentes etc. (PMI, 2013, p. 3).

2.2 – Gerenciamento de projeto

Para executar um projeto, este deve ser guiado, conduzido, gerenciado. Segundo o PMI (2013, p. 5), “gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos”. Ainda o PMI (2013, p. 6) lista uma série de atividades inerente ao gerenciamento de projeto de maneira não taxativa:

- Identificação dos requisitos;
- Abordagem das diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas no planejamento e execução do projeto;
- Estabelecimento, manutenção e execução de comunicações ativas, eficazes e colaborativas entre as partes interessadas;
- Gerenciamento das partes interessadas visando o atendimento aos requisitos do projeto e a criação das suas entregas.

Valle et al. (2014) resume que um projeto bem-sucedido é o que alcançou suas metas e objetivos, atingindo as expectativas dos *stakeholders*. É aquele que produziu todas as entregas conforme planejado, foi executado de acordo com o cronograma e orçamento aprovados e entregue conforme todas as especificações de performance e qualidade.

Candido (2009, f. 68) reúne as considerações de diversos autores e apresenta um conjunto de indicadores de sucesso ou fracasso de projetos, retratado aqui na Quadro 1:

Quadro 1 – Análise de resultados do projeto:

Evidências de Sucesso	Evidências de Fracasso
O orçamento foi cumprido integralmente	O projeto excedeu o orçamento previsto
Os prazos foram cumpridos nas etapas e na totalidade	Os prazos não foram cumpridos nas etapas e/ou na totalidade
Todos os participantes do projeto tiveram ganho na experiência profissional	Os participantes do projeto não tiveram ganhos profissionais com o projeto
O projeto resultou em vantagem competitiva para o cliente frente à concorrência	O projeto não trouxe vantagem competitiva alguma ao cliente frente à concorrência

Fonte: Candido (2009, f. 68)

Ainda é ressaltado por Valle et al. (2014) que além do aprendizado das melhores práticas para tocar um projeto, as experiências malsucedidas também são muito importantes para o planejamento dos futuros empreendimentos. Por isso é recomendado que no decorrer do projeto a equipe tome nota das lições aprendidas, pois, assim, estarão listados os erros e acertos daquela experiência, servindo como referência para projetos futuros.

Por meio do registro das lições aprendidas, é possível antever riscos presentes em projetos futuros, obter orientações de como proceder quando da ocorrência de problemas semelhantes e formular estratégias para que os mesmos erros não sejam cometidos. (VALLE et al., 2014, p. 37).

2.3 – Ferramentas de uma boa gestão de projetos

Neste tópico será conceituado algumas ferramentas úteis para o bom gerenciamento de um projeto. Começamos,

então, pelo Termo de Abertura de Projeto (TAP), que é o documento que formaliza o pontapé inicial do projeto.

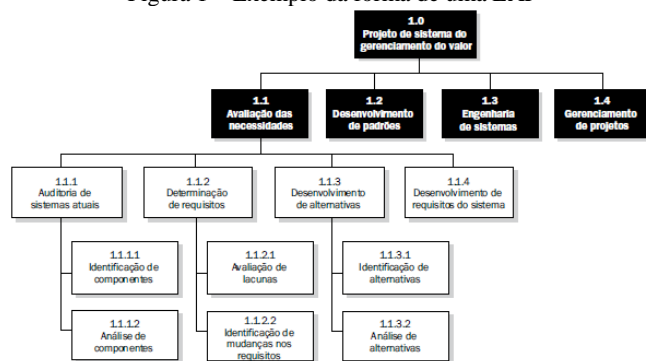
Além disso, o TAP “dá ao gerente de projeto a autoridade necessária para aplicar recursos organizacionais às atividades do projeto”. (PMI, 2013, p. 63). É uma forma de contrato entre o solicitante do projeto e seu executor. O TAP é importante para a direção da organização entender o projeto e se comprometer com ele.

Outro documento fundamental para um bom projeto é a Declaração de Escopo. De acordo com Sotille et al. (2014), ela é um documento chave de consenso entre as partes interessadas e consiste em detalhar as informações apresentadas no Termo de Abertura do Projeto.

Lá no TAP estavam contidos os objetivos do projeto, as justificativas para a sua realização, um escopo preliminar, mais as premissas, restrições, marcos, prazos, orçamento, assim como a identificação do gerente do projeto. Na Declaração de Escopo, partindo do conceito de elaboração progressiva, onde o desenvolvimento do projeto se dá de forma gradativa, por incrementos e etapas, por meio de um processo de refinamento e detalhamento de forma paulatina ao longo de todo o projeto, de forma que o escopo inicial descrito de maneira genérica se torne cada vez mais explícito e detalhado (VALLE et al., 2014), encontramos a descrição do escopo do projeto, suas entregas e critérios de aceitação, exclusões, restrições e premissas.

A ferramenta seguinte é muito útil ao trabalho do gestor do projeto, pois ela decompõe o todo em partes e permite uma visão estruturada do que deverá ser entregue. “Instrumento (...) capaz de expressar por meio de uma imagem as entregas previstas para o projeto” (Sotille et al., 2014, p. 99), “é o processo de subdivisão das entregas e do trabalho do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis” (PMI, 2013, p. 125). Essas são definições para a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e para melhor compreensão é necessária a visualização da Figura 1.

Figura 1 – Exemplo da forma de uma EAP



Fonte: PMI (2013, p. 129)

A EAP é uma decomposição hierárquica do escopo total do trabalho a ser executado pela equipe do projeto a fim de alcançar os objetivos do projeto e criar as entregas requeridas. (PMI, 2013, p. 126).

Essas ferramentas que foram apresentadas servem de base para a condução de um projeto e de sua boa gestão, a partir delas fica mais fácil para o gerente montar um cronograma e controlá-lo, assim como estimar o custo do projeto de forma mais detalhada e precisa, bem como atribuir melhor as responsabilidades de sua equipe, dentre outras vantagens.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo foi realizado a partir das necessidades observadas em uma loja de departamentos no município de Teresina, onde seus clientes esperam demasiadamente para uma solução pela assistência técnica de móveis.

Localizada no nordeste brasileiro, a empresa encontra-se bem distante de seus fornecedores, grandes produtores de móveis do país. São os fabricantes que são os responsáveis pelo serviço de assistência técnica dos móveis comercializados pela varejista. Daí a grande espera pelo atendimento do cliente.

Devido ao alto giro dos móveis ofertados, a demanda por reparos à assistência também é alta, e esse serviço se torna muito caro e lento. Tem-se, assim, a necessidade de agilizar o atendimento ao consumidor e diminuir o custo da operação para os fabricantes e para a empresa, enobrecendo o nome da organização e de seus parceiros.

Um fator preponderante para a iniciativa do projeto está relacionado com a imagem da empresa diante de sua clientela, que geralmente a culpabiliza pela morosidade da assistência técnica. Assim, este trabalho vem também para evitar situações como essa.

Além dos fatores mencionados, o estoque da empresa também acaba ficando sobressalente, ao fazer os móveis esperarem o transporte de peças e de partes de produtos das fábricas até o centro de distribuição da empresa, o que gera gastos com armazenagem e com o investimento “preso”, sem poder ser comercializado. Logo, a rápida solução dos problemas de assistência técnica resulta na diminuição do espaço e do tempo ocupado por esses produtos em estoque, resultando na redução dos custos.

É importante ressaltar que as despesas de reparos com serviços de assistência técnica não serão arcadas pela empresa varejista, elas continuarão por conta dos fabricantes, serão transformadas em crédito no momento da compra dos produtos. Acredita-se fortemente que os fornecedores aderirão ao modelo proposto, pois trará ganhos econômicos e vantagens competitivas a eles. Para mensurar o custo de assistência de cada produto e de seu respectivo fornecedor, será criado um formulário no ERP da empresa, e assim, será possível fazer um acompanhamento por meio de relatórios com índices de desempenho. Esta será uma das entregas do projeto.

Dentro desse contexto foi dado início ao desenvolvimento do Projeto de Serviços de Assistência Técnica de Móveis da Empresa “X”, que para atingir os objetivos mencionados anteriormente, visa construir um galpão onde funcionará uma marcenaria para reparos de móveis. Todo o projeto foi desenvolvido pelos autores deste trabalho com base nas boas práticas recomendadas na quinta edição do PMBOK®.

O passo inicial foi a elaboração do TAP, onde a equipe se reuniu com a diretoria da empresa, foram apresentadas todas as justificativas para a implementação de uma assistência técnica local, gerida pela organização, e mostrados os benefícios alcançáveis para a empresa. Dessa forma foi definido o objetivo do projeto, o escopo preliminar, o prazo de entrega, seus principais marcos e, então, com a assinatura dos interessados (equipe de projeto e diretores), foram formalizados a autorização e o início do projeto. Neste momento não foi estimado o orçamento preliminar, mas recomenda-se fortemente de já ter esse aspecto definido no TAP, pois dificilmente uma organização

concordará em executar um projeto sem saber os custos que arcará.

No escopo preliminar foram definidos os seguintes entregáveis:

- Ampliar galpão já existente, onde serão realizadas as atividades de assistência técnica;
- Máquinas e equipamentos para execução do trabalho de assistência;
- Pessoas treinadas e capacitadas para o trabalho (marceneiros, estofadores e auxiliares administrativos para o controle das atividades);
- Programa de treinamento necessário para a execução das atividades de assistência;
- A disposição física de equipamentos, máquinas e pessoas dentro do galpão;
- Infraestrutura para armazenagem de matéria-prima;
- Formulários para requisição do serviço pelo cliente (Ordem de Serviço);
- Índices de controle de produtos assistidos e seus custos (Custos que serão contabilizados para crédito com fornecedores).

Também no TAP foi assumida uma premissa com a organização, que a empresa já possui em seu quadro, funcionários que exercerão as atividades de assistência técnica, não sendo necessário recrutamento externo.

O Quadro 2 mostra quais foram os marcos estabelecidos e sua respectiva previsão de conclusão.

Quadro 2 – Marcos do projeto

Marcos	Previsão
Ampliação do galpão	30/10/2016
Adquirir máquina e equipamentos	30/10/2016
Definir quadro de pessoal da assistência técnica	20/11/2016
Elaboração de programa de capacitação	10/11/2016
Redesenho do processo de requisição do serviço	10/11/2016
Criação de ferramentas de controle de produtos	10/11/2016
Criação de leiaute adequado para as atividades	20/09/2016

Fonte: Autores, 2016.

Vale ressaltar que tudo isso foi definido de maneira preliminar e que com o andamento do projeto, a equipe de depara com o seu detalhamento e com mais variáveis, de forma que as definições iniciais vão sendo modificadas, transformadas, elas evoluem, e isso tudo deve ser

documentado, servindo, inclusive como aprendizagem para projetos futuros.

O passo seguinte foi identificar os *stakeholders* do projeto, ouvi-los, coletar os requisitos para a definição do escopo do projeto. Assim, várias reuniões foram realizadas com diretores, gerentes de venda, vendedores, compradores, clientes, fornecedores e funcionários. Então, as necessidades, desejos e expectativas das partes interessadas foram selecionadas, priorizadas e quantificadas de forma a alinhar-se com os objetivos da organização. Daí obteve-se a Declaração do Escopo, onde foram detalhadas e aprofundadas as informações contidas no TAP.

Na declaração do Escopo foi detalhado o escopo do projeto e seus critérios de aceitação, que assim foi definido: “quando a empresa estiver apta a fornecer o serviço de assistência técnica de móveis a seus clientes, através de funcionários treinados e capacitados, maquinários apropriados para as operações de reparos e local adequado para realização das atividades, este projeto será considerado como aceito”. O Quadro 3 apresenta as entregas e seus respectivos critérios de aceitação.

Quadro 3 – Entregas do projeto e critérios para aceitação

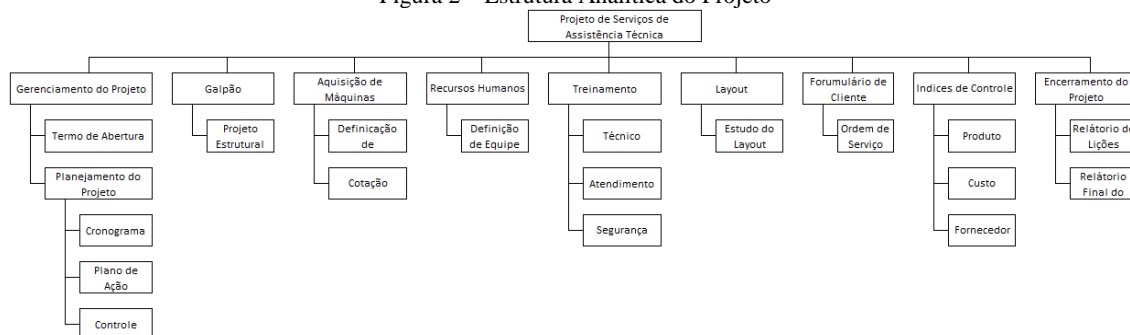
Entregas	Crítérios de aceitação
Projeto de ampliação do galpão	Aprovação pela diretoria
Ampliação do galpão	Construção concluída conforme projeto contratado
Máquinas e equipamentos	Máquinas e equipamentos devidamente instalados e prontos para uso
Recursos humanos	Funcionários treinados e capacitados para o exercício de suas funções
Organização física das estações de trabalho	Aprovação pela Diretoria
Ordem de serviço	Aprovação pela Diretoria
Índices de controle de assistência	Aprovação pela Diretoria

Fonte: Autores, 2016.

Além disso na Declaração de Escopo foi definido o que não faz parte do projeto, as exclusões do projeto: “Não está contemplado neste projeto o serviço de assistência técnica de outros departamentos da empresa, como o de celulares, eletrônicos, eletrodomésticos etc.” E, também, foi incluída a restrição de que o projeto deve ser executado e concluído até o dia 30 de novembro de 2016.

Após a Declaração de Escopo, foi possível elaborar de forma mais clara a EAP, que foi estruturada conforme a Figura 2.

Figura 2 – Estrutura Analítica do Projeto



Fonte: Autores, 2016.

A EAP está identada, de cima para baixo e da esquerda para direita, da seguinte maneira:

0 - Projeto de Serviços de Assistência Técnica

1 - Gerenciamento do Projeto

2 - TAP

2 - Planejamento do Projeto

3 - Cronograma

3 - Plano de Ação

3 - Controle

1 - Galpão

2 - Projeto Estrutural

1 - Aquisição de Máquinas

2 - Definição de Equipamentos

2 - Cotação

1 - Recursos Humanos

2 - Definição de Equipe

1 - Treinamento

2 - Técnico

2 - Atendimento

2 - Segurança

1 - Leiaute

2 - Estudo do Leiaute

1 - Formulário do Cliente

2 - Ordem de Serviço

1 - Índices de Controle

2 - Produto

2 - Custo

2 - Fornecedor

1 - Encerramento do Projeto

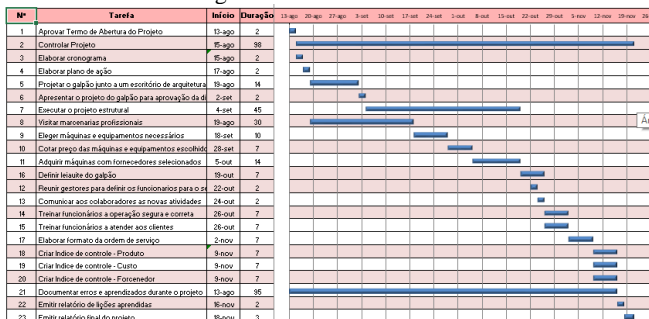
2 - Relatório de Lições Aprendidas

2 - Relatório Final do Projeto

Formatada a EAP, torna-se mais fácil a condução e o controle do projeto pelo seu gerente, que estabelece um cronograma mais preciso, define as atividades de forma mais realista, determina quem será responsável pelo o que e facilita a mensuração dos custos do projeto.

Neste sentido, foi elaborado um cronograma com as tarefas a serem realizadas para a completude do projeto, definido qual sujeito da equipe seria responsável por cada atividade e estabelecidos a data de início, data de término e as suas respectivas atividades predecessoras. Um gráfico de Gantt foi criado para ilustrar todo o cronograma, conforme a Figura 3, uma ferramenta muito útil para monitoramento pelo gestor do projeto, que pode visualizar o todo e acompanhar o desenlace de cada tarefa.

Figura 3 – Gráfico de Gantt



Fonte: Autores, 2016

Cada linha no Gráfico de Gantt, representa uma atividade do projeto que faz parte de um pacote de trabalho da EAP. As barras azuis demonstram a duração de cada atividade, com início e fim, em uma linha do tempo.

Para o gerente ter o domínio do projeto em suas mãos, além de ele monitorar se as tarefas estão sendo executadas no prazo previsto, é necessário saber se as mesmas são realizadas dentro do orçamento previsto, pois os recursos sempre são bem definidos e limitados.

Dessa forma a equipe de projetos realizou o levantamento dos custos de todo o projeto, tendo em vista os pacotes de trabalho da EAP e suas atividades. O quadro 4 dá uma dimensão da tarefa de orçar os custos de um projeto.

Quadro 4 – Orçamento do projeto

Descrição	Custo (R\$)
Projeto estrutural	2.885,40
Construção do galpão	48.594,62
Máquinas e equipamentos	16.509,25
Total	67.989,27

Fonte: Autores, 2016.

Os custos com a equipe de projeto não foram incluídos porque seus membros fazem parte do quadro de funcionários da empresa, que já tem os gastos contabilizados em sua folha de pagamento.

IV. CONCLUSÃO

O uso das técnicas de gestão de projetos para o planejamento e inserção dos serviços de assistência técnica foi de importância ímpar, nunca experimentada antes pelos autores, membros da equipe do projeto, e serviu de grande lição de aprendizagem para todos os envolvidos no trabalho, com grande repercussão na organização. A partir dessa experiência os autores se sentiram enriquecidos com o conhecimento adquirido, preparados para conduzir futuros projetos de forma otimizada e valorizados pela organização da qual fazem parte.

Com a aplicação das boas práticas de gerenciamento em projetos, o gestor teve uma maior facilidade de planejar as etapas do projeto, conduzir de forma mais segura e acompanhar todo o andamento dos trabalhos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei n. 8.078, de 11 de setembro de 1990.** Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078compila.do.htm>. Acesso em: 8 nov. 2016.

CANDIDO, Roberto. **Escritório de gerenciamento de projetos (PMO) como estratégia de customização de soluções na indústria eletroeletrônica.** 2008. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FLEURY, Paulo. **Logística no Brasil: situação atual e transição para uma economia verde.** FBDS, 2012. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-7.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

O QUE você precisa saber sobre assistência técnica. **O Globo,** Rio de Janeiro, 2012. Economia. Defesa do consumidor. Disponível em: <<http://infograficos.oglobo.globo.com/economia/defesa-do->

consumidor/o-que-voce-precisa-saber-sobre-assistencia-tecnica.html>. Acesso em: 8 nov. 2016.

PROCON-SP. **Ranking estadual de reclamações fundamentadas 2015**. Secretaria da Justiça e Defesa da Cidadania do Estado de São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.procon.sp.gov.br/pdf/ranking_2015.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). 2016. Disponível em: <<http://www.pmi.org/about/learn-about-pmi>>. Acesso em: 19 out. 2016.

_____. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 5. ed. Newton Square, PA: PMI, 2013.

SILVA, Antônio Joaquim da; CIM, Maycon. **Gestão de projetos**: disciplina na modalidade a distância. Florianópolis, SC: SENAI/SC, 2012.

SOTILLE, Mauro Afonso et al. **Gerenciamento do escopo em projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2014.

VALLE, André Bittencourt do et al. **Fundamentos de gerenciamentos de projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2014.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP) PARA ANÁLISE DE ATRASOS DE ENTREGAS: UM ESTUDO EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ANÁPOLIS/GO

STATISTICAL CONTROL OF PROCESSES (SCP) FOR ANALYSIS OF DELIVERY DELAYS: A STUDY IN A DISTRIBUTION CENTER OF ANÁPOLIS/GO

PAULO HENRIQUE DOS SANTOS¹; DRA. SOLANGE DA SILVA²; NILSON CARVALHO DA MATA³;
MS. SIMONE MARIA MOURA MESQUITA⁴

1 – MESTRANDO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; 2 – PROFESSORA E VICE COORDENADORA DO PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; 3 – MESTRANDO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; 4 – MESTRA EM ECOLOGIA E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL. DOCENTE DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS - CÂMPUS ANÁPOLIS.

paulohsantos50@gmail.com; solansilva.ucg@gmail.com; nilson.carvalhodamata@gmail.com; sihoedu@yahoo.com.br

Resumo – Este artigo analisa o tempo de atraso na entrega de um Centro de Distribuição (CD) instalado na cidade de Anápolis/GO. Visa identificar a dimensão quantitativa, utilizando a ferramenta de Controle Estatístico de Processo (CEP), denominada carta de controle por atributo (carta c) e posteriormente os motivos de atrasos. Recorreu-se as teorias de Montgomery (2009), Dohnal (2012), Toledo et al. (2013) como suporte básico. A pesquisa é empírica descritiva, de caráter quantitativo. Utilizou-se a estatística descritiva para análise dos resultados, com assistência do programa Microsoft Office Excel 2007 e do software Action®. Verificou-se que a carta de controle determina a eficiência do processo em condições quando o mesmo não está exposto à influência de causas especial. Aplicando o Diagrama de Pareto foi identificado que o principal motivo de atraso é a falta de produto por atraso na transferência.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processos (CEP). Cartas de Controle (CC). Centro de Distribuição (CD). Entrega.

Abstract - This article analyzes the time delay in the delivery of a Distribution Center (DC) installed in the city of Anapolis / GO. It aims to identify the quantitative dimension, using the Statistical Process Control tool (SPC) called control chart by attribute (letter c) and then the reasons for delays. Resorted to the theories of Montgomery (2009), Dohnal (2012), Toledo et al. (2013) as basic medium. The research is descriptive empirical, quantitative character. We used descriptive statistics to analyze the results, with the assistance of Microsoft Office Excel 2007 program and Action® software. It was found that the control card determines the efficiency of the process conditions when it is not exposed to the influence of special causes. Applying the Pareto diagram has been identified as the main cause of delay is the lack of goods by delay in the transfer.

Keywords: Statistical Process Control (SPC). Control Letters (CL). Distribution Center (DC). Delivery.

I. INTRODUÇÃO

O processo de funcionamento interno do CD tem etapas básicas, incluindo pedidos, recebimento de mercadorias, processamento, armazenagem, triagem, carregamento e distribuição. Vários problemas podem ocorrer durante a execução destes processos (Zhu et al., 2015) e interferir no tempo de entrega do (s) produto (s), causando atrasos. O atraso é um importante fator, singular, que afeta negativamente o relacionamento do fornecedor com seu cliente.

Para Wu e Wang (2011), o tempo de atraso se refere ao processo de falha como um processo em duas fases: a primeira fase (ou chamado estado normal de funcionamento) compreendida entre o surgimento de um novo ponto de defeito detectável. A segunda fase (ou chamado estado de tempo de atraso de falha), e a partir deste ponto em diante se não houver intervenções caminha-se em direção ao fracasso. Portanto, se a falha for detectada na primeira fase, pode-se prevenir a entrada na segunda fase.

Neste caso, os gestores podem investir no Controle Estatístico do Processo (CEP).

Este, segundo Ritzman (2004) visa identificar mudanças no comportamento de um processo controlado, ou melhor, permite via ferramentas estatísticas acompanhar continuamente o fluxo de atividades, em que podem ser realizados ajustes, para que o resultado do esforço esteja em conformidade com um padrão definido.

Explica Maciel et al., (2014) que estudos da variabilidade dos processos através do CEP se mostram fundamentais para maior competitividade das empresas. Em particular, as cartas de controle (também nomeadas de

gráficos de controle) sinalizam as causas especiais, monitorando comportamentos anômalos em causas comuns de variação.

Afirmam Michel e Fogliatto (2002) que, genericamente, as cartas de controle contêm uma linha central, representando a média da variável de interesse e duas outras linhas, representando os limites de controle do processo. Complementando, Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014, p. 182) dizem que as cartas de controle “rastream mudanças nas variáveis importantes de um processo ao longo do tempo para detectar tendências, variações ou ciclos de desempenho”.

O objetivo do presente estudo é analisar o tempo de atraso nas entregas de um CD para identificação dos motivos de atrasos e o dimensionamento quantitativo dos atrasos de entrega utilizando a carta de controle por atributo (carta c). Foi proposta uma maneira de aplicação da carta para o monitoramento do processo de entregas do CD. O significado e a forma de determinação dos parâmetros do modelo são detalhados no decorrer do texto.

Neste estudo não há normalidade dos dados, portanto se utilizou da carta de controle por atributo (carta c). A carta de controle foi utilizada neste artigo, pois é uma importante ferramenta que detecta o ponto de mudança do estado do processo. Justificando pela intenção de verificar o estado estatístico dos dados relacionados ao tempo de atraso nas entregas.

Este artigo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, abordam-se sobre Cartas de Controle (CCs), seus princípios básicos de operação e uma breve introdução sobre CDs. Na seção 3, está descrita a metodologia aplicada para alcançar o objetivo proposto. Nesta parte do texto, também foi abordado a fase preparatória e de elaboração dos gráficos. Na seção 4, têm-se a apresentação, análise e discussão dos resultados, incluindo o experimento, discussões sobre os resultados, melhorias aplicadas ao processo e por fim, na seção 5 se encerra o artigo com a conclusão.

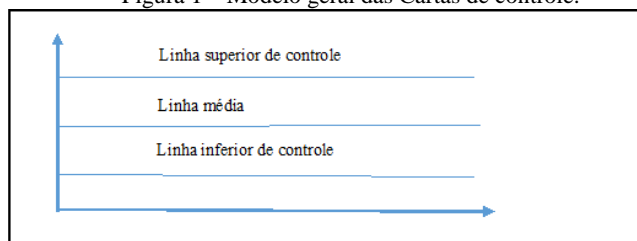
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será apresentado de forma breve, o conteúdo teórico trazido no artigo. Não se aplicará nesta seção detalhamento técnico e tratativas matemáticas analíticas sobre os assuntos, apenas tratativas conceituais sobre os assuntos. A aplicação dos dados no software e a plotagem dos gráficos serão apresentadas na seção 4.

2.1 – Cartas de controle

Cartas de controle é um tipo de gráfico utilizado na detecção de alterações inusitadas de uma ou mais características de um processo ou produto. Dito de outra forma é uma ferramenta estatística que alerta para a presença de causas especiais, objetivando então verificar, por meio do gráfico, se o processo está sob controle. Para isto, o gráfico possui três linhas delimitando o limite superior de controle e o limite inferior de controle, além de uma linha média (CARVALHO; PALADINI, 2005), ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo geral das Cartas de controle.



Fonte: Adaptada de Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014).

As cartas de controle são preparadas para vários fins. Em primeiro lugar, a carta de controle é uma ferramenta para manter o processo em um estado estatisticamente dominado. Isto significa que o processo opera no quadro dos parâmetros indicados e atende aos requisitos qualitativos. Em segundo lugar, a carta de controle nos permite monitorizar a capacidade do processo de realização das funções. Para cumprir essas duas exigências requer a detecção em tempo de alterações no comportamento do processo controlado (DOHNAL, 2012).

Ao lidar com uma característica de qualidade que é uma variável, é geralmente necessário monitorizar tanto o valor médio da característica de qualidade quanto e a sua variabilidade (MONTGOMERY, 2009).

A utilização prática dos modelos de cartas de controle depende da análise que se pretende fazer. Comumente, existem dois tipos de análise: quantitativa e qualitativa. Respectivamente, para situações de características da qualidade diretamente mensuráveis, têm-se a carta de controle por variável e para situações de características da qualidade apenas rotulados têm-se a carta de controle por atributos (PALADINI, 2012).

2.2 – Centro de distribuição (CD)

Como o *Business to Consumer (B2C)* e o *Business to Business (B2B)* estão se desenvolvendo rapidamente nos últimos anos. A indústria de entrega expressa inaugurou oportunidades sem precedentes para o desenvolvimento. Isto também resultou em uma competição feroz dentro da indústria de entrega expressa. A importância do CD tem despertado a atenção de estudiosos nacionais e estrangeiros (JI *et al.*, 2013).

Impulsionado por grandes expectativas e novas pressões do mercado, muitas empresas conseguem otimizar suas redes de distribuição por consolidar e centralizar suas operações (ZHANG *et al.*, 2014). Os CDs podem ser sistemas complexos de logística que ligam os produtores com outros participantes na cadeia, incluindo os utilizadores finais (ANDREJIC' *et al.*, 2013). Possuem um papel de armazenagem temporária e distribuição de bens para clientes. Define-se como um local semelhante a um centro organizacional de transporte, no qual os bens de várias origens são agrupados ou divididos e está localizado no ponto modal em um sistema de logística (CHUNG *et al.*, 2013).

Os benefícios da adoção de um CD são significativos. Em primeiro lugar, os custos de investimento são reduzidos. Em segundo lugar, a qualidade do serviço é aumentada. O controle de qualidade pode ser reforçado e visibilidade das existências dentro do sistema pode ser assegurada em um CD moderno. Além disso, mais valor agregado a serviços pode ser prestado a um custo menor (ZHANG *et al.*, 2014).

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender a proposta do estudo, em questão, foi realizada uma pesquisa empírica descritiva, de caráter quantitativo. Este tipo de pesquisa, segundo Fleury (2012), está interessado em criar um modelo que descreva, de forma adequada, as relações causais que podem existir na realidade, levando a uma compreensão dos processos reais. O caráter quantitativo mostra que a preocupação principal do pesquisador é assegurar que exista adesão entre observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade.

O tratamento dos dados e a experimentação do modelo foram realizados com assistência do programa *Microsoft Office Excel 2007* e do software *Action®*, que atua de forma integrada ao Excel. As operações envolvendo as cartas e o Diagrama de Pareto se encontram no manual do usuário do software *Action®*.

O campo de pesquisa foi um CD, instalado na cidade de Anápolis/GO, cujo, nome, endereço, segmento, não foi autorizado divulgar, mas foi permitido realizar a coleta real dos dados, em tempo integral, de funcionamento da empresa.

A coleta dos dados foi realizada mensalmente, entre Janeiro a Junho de 2016. Os dados foram inseridos em uma planilha criada pelos os autores, contendo os campos de dia/mês/ano, número do pedido, dia da liberação do pedido, dia da entrega do pedido, se houve atraso, quantos dias foram, quais os motivos que ocasionaram o atraso.

Estes dados eram tabulados, a cada fim de mês, em uma planilha do *Microsoft Office Excel 2007*, sendo realizadas análises e soma com os meses subsequentes.

3.1 – Preparação e elaboração dos gráficos

A preparação e a elaboração dos gráficos são uma premissa para criação de uma modelo de CC, sendo necessária a execução desta etapa.

Seguindo os argumentos de Toledo *et al.* (2013), após o processo de preparação a elaboração dos gráficos, obedecerá às próximas etapas, são elas: escolha do tipo de gráfico; coleta de dados; indicação do estado do processo e seu desempenho; determinação da capacidade do processo, depois de se ter atingido o estado de controle; ações para melhoria do processo.

3.1.1 – Escolha do tipo de gráfico

Gráficos por atributos geralmente não são tão informativos como gráficos variáveis, porque não contém tipicamente mais informações em uma medida numérica do que na mera classificação de uma unidade como conforme ou não conforme.

No entanto, estes gráficos atribuem aplicações importantes. Eles são particularmente úteis em indústrias de serviços e nos esforços de melhoria da qualidade porque muitas das características de qualidade encontradas nesses ambientes não são facilmente mensuráveis em uma escala numérica (MONTGOMERY, 2009).

A carta de controle por atributos traz características de qualidade expressas, tais como presença ou ausência do atributo, permitindo o monitoramento dos atributos que determinam o processo (JACOBS; RICHARD, 2012; GOMES *et al.*, 2013; GEESDORF *et al.*, 2015).

3.1.2 – Coleta de dados

Os dados coletados, referem-se às entregas durante o período de Janeiro de 2016 a Junho de 2016. Foram registradas todas as entregas deste período, sendo identificadas as entregas dentro do prazo e as atrasadas.

A política de entrega da empresa estudada considera D+2 para entregas realizadas em revendas e D+5 para entregas realizadas em clientes diretos, produtores rurais e micro produtores.

Os pesquisadores assumiram o compromisso de discrição que vinculam os dados estudados a particularidades da empresa, sendo autorizados apenas os dados relevantes ao processo estudado. Como já foi citado, a coleta de dados estendeu-se pelos meses de Janeiro a Junho de 2016. Os totais de amostras coletadas somaram 803 entregas.

3.1.3 – Indicação do estado do processo e seu desempenho

Nesta etapa, segundo Pardede (2013), são registrados os dados e os limites de controle indicando se o processo está sob controle ou fora de controle.

Resolveu-se realizar uma análise dos atrasos, separando a revenda dos clientes diretos, produtores rurais e micro produtores, devido seu prazo de entrega da revenda ser D+2 e o prazo dos demais serem D+5.

IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção foram analisados e discutidos os resultados referentes aos itens: atrasos das revendas, em separado, os atrasos dos clientes diretos, produtores rurais e micro produtores, determinação da capacidade do processo e ações para melhoria do processo.

4.1 – Atrasos das revendas

Os dados coletados relativos às revendas estão apresentados na Tabela 1, cujas identificações estão por pedidos e a quantidade de dias que os mesmos ficaram no sistema até serem carregados para entrega. Cada pedido é uma amostra para ser observada. Depois de registrados os dados dos pedidos que continham atrasos, procedeu-se a construção da carta de controle.

Tabela 1 – Amostras de pedidos de revenda com as quantidades de dias de atrasos.

Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso
1	5	54	4	83	3	112	2	137	1	242	2
2	5	55	1	84	2	113	1	145	1	244	2
4	1	56	1	85	1	114	1	154	1	245	2
5	1	57	1	91	2	116	3	155	1	248	1
7	3	58	1	92	1	118	3	161	2	253	1
8	3	59	1	95	8	119	1	167	1	261	2
9	3	68	1	96	1	123	6	178	1	263	3
16	3	78	6	100	1	125	1	180	3	268	1
42	1	79	5	103	12	127	2	181	2	293	1
47	1	80	4	104	10	128	1	229	1	300	1
48	1	81	4	105	1	130	2	232	2	-	-
49	1	82	3	109	1	133	3	241	4	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

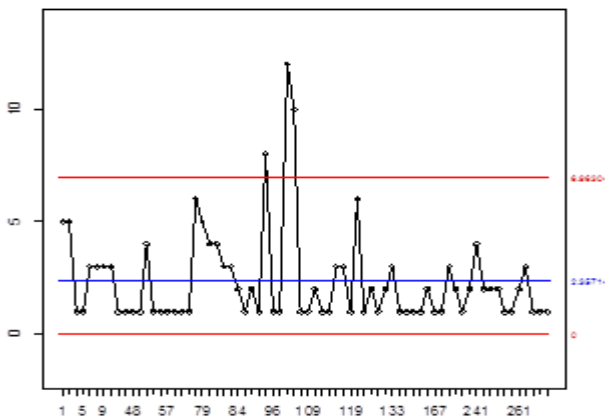
Como já escolhido o tipo de carta de controle, por atributos, inicia-se a construção da carta c, que segundo Possato (2014), monitora o número de não conformidades encontradas em um item. Neste caso o número de não conformes está representado pela quantidade de dias. Adverte esse mesmo autor, que só é possível à construção da carta c se for seguido às seguintes condições:

- Mesmo que minimamente há um fluxo contínuo distribuído, podendo ser definido um número médio de não conformes.
- Quando na unidade amostral pode ser encontrado não conformes de diferentes tipos e origens.

A carta de controle por atributo (carta c), resultados dos dados da Tabela 1, está expressa na Figura 2, que mostra 3 atrasos como causas especiais, pois estão ultrapassando a linha superior da carta c, isso pode indicar que o limite de controle ou ponto marcado estão errados, o desempenho do processo tem piorado ou há algum problema com o sistema de avaliação.

Também se verifica 7 pontos consecutivos em um mesmo lado da média, mas como estes 7 pontos estão abaixo da linha média, indicam que o desempenho do processo pode estar em uma fase de melhora. Mas de qualquer forma, nota-se que a carta mostra um processo instável e fora de controle.

Figura 2 – Carta de controle por atributo dos atrasos de entrega de revendas (carta c).



Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados apresentados na Figura 2 foram obtidos conforme os seguintes cálculos: Limite Superior de Controle (LSC), Linha de centro (\bar{c}) e Limite Inferior de Controle (LIC), conforme mostra as equações de 1 a 3:

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (1)$$

$$\bar{c} = \frac{(c_1 + c_2 + \dots + c_k)}{k}, \text{ sendo que } c_1, c_2 \dots c_k \text{ são os dias de atrasos em cada pedido e } k \text{ o número de pedidos.} \quad (2)$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3)$$

Os dados obtidos na Figura 2 indicam a necessidade de fazer ajustes para, posteriormente, avaliar a eficiência do processo. Segundo Gomes *et al.* (2013) a estabilidade do processo é condição necessária para se fazer uma avaliação.

Se os valores realizados da entrega do produto estão dentro dos limites de tolerância, é considerado que o processo de entrega do produto está sob controle; caso contrário, o processo está fora de controle (KILIBARDA e ANDREJIC, 2014).

Para Jacobs e Chase (2012) um ponto fora, acima do limite superior de controle aponta para necessidade de investigar a causa do mau desempenho.

4.2 – Atrasos dos clientes diretos, produtores rurais e micro produtores

Com o prazo de entrega de D+5, os atrasos relacionados aos clientes diretos, produtores rurais e micro produtores são expressos na Tabela 2.

Tabela 2 – Amostras de pedidos de clientes diretos, produtores rurais e micro produtores com as quantidades de dias de atrasos.

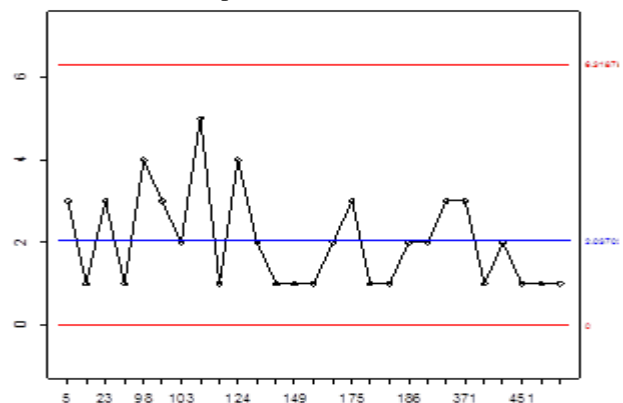
Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso	Pedido	Dias de atraso
5	3	102	3	127	2	175	3	195	3	479	1
19	1	103	2	136	1	179	1	371	3	492	1
23	3	105	5	149	1	180	1	402	1	-	-
89	1	108	1	159	1	186	2	450	2	-	-
98	4	124	4	167	2	187	2	451	1	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando a Tabela 1 que da mesma forma da Tabela 2, cujas identificações estão por pedidos e a quantidade de dias que os mesmos ficaram no sistema até serem carregados para entrega nota-se que a quantidade de atrasos dos clientes diretos, produtores rurais e micro produtores se mostram inferior em relação às revendas, mesmo tendo uma quantidade maior de amostras, o percentual de atrasos das revendas é maior.

Na Figura 3, está demonstrada a carta de controle por atributo (carta c) dos dias de atrasos referente aos atrasos de clientes diretos, produtores rurais e micro produtores. O processo se mostra aparentemente estável, mas há 2 pedidos com 4 dias de atraso e 1 pedido com 5 dias de atrasos, gerando instabilidade ao processo, estes pontos serão retirados, para verificar a capacidade real do processo.

Figura 3 – Carta de controle por atributo dos atrasos de entrega de clientes diretos, produtores rurais e micro produtores (carta c).



Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 – Determinação da capacidade do processo

A análise da capacidade do processo tem a função de estabilização do processo, para posterior tomada de decisão em relação a mudanças (GEESDORF, *et al.*, 2015).

A capacidade do processo é representada pela média de proporção não conforme do processo, sendo o valor de \bar{c} a reflexão do nível de desempenho gerado pelo processo.

A uniformidade e a variabilidade do processo remetem a capacidade dos processos. É uma medida da uniformidade do resultado obtido, permitindo a avaliação da sua qualidade (GOMES *et al.*, 2013).

Quando se trata de logística e entrega do produto, os processos são muito dinâmicos, estocásticos e susceptíveis aos efeitos de causas aleatórios específicos. O objetivo é

descobrir as causas, eliminar ou reduzir o seu impacto, e assim trazer o processo em um estado estável, ou seja, sob a estatística ao controle. A avaliação de capacidade do processo determina a eficiência do processo nas condições em que o processo não está exposto à influência de causas especiais (KILIBARDA; ANDREJIC, 2014).

Para Michel e Fogliatto (2002), as causas comuns são causadoras de pequenas variações aleatórias, podendo ser consideradas como inofensivas ao processo. Mas que se atacadas de forma correta, as causas comuns é uma grande aliada a melhoria continua do processo (KORZENOWSKI *et al.*, 2014).

O processo, estando sob controle, proporciona estimativas acuradas dos parâmetros do processo (KORZENOWSKI *et al.*, 2014; KILIBARDA; ANDREJIC; 2014).

4.4- Ações para melhoria do processo

A aplicação de métodos estatísticos para controle de processos mostra-se eficaz para análise do desempenho dos processos. Contribuem para definir a decisão de investir na melhoria ou não dos processos (GEESDORF *et al.*, 2015).

Os autores Korzenowski *et al.*, (2014) destacam o papel principal das cartas de controle o acompanhamento e a melhoria do processo.

Ishikawa evidencia sete ferramentas que são essenciais para o aperfeiçoamento dos processos de melhoria da qualidade e busca da excelência de qualidade (AMARAL *et al.*, 2015). Dentre elas, está o Diagrama de Pareto que auxilia na melhoria dos processos cujo princípio se estabelece que todos os problemas podem ser divididos em duas categorias: os vitais e os triviais.

Quase todos os problemas são triviais e os realmente importantes, os vitais, são poucos, mas responsáveis por grande parte dos resultados. Então, quando se identificam quais são, efetivamente, os problemas vitais, tem-se metade do caminho percorrido para a solução. A outra metade é definir qual deles deve ser atacado e resolvido primeiro (BARBOSA; BEGLIOMINI, 2001).

Assim sendo, pode-se afirmar que a maior parte das reduções de problemas vem do ataque dos poucos problemas que são responsáveis pela maior parte dos motivos de não qualidade.

Segundo Montgomery (2009) o Diagrama de Pareto identifica os custos de qualidade por categoria ou por produto ou por tipo de defeito ou não conformidade. O usuário pode rapidamente e visualmente identificar os tipos mais frequentes de defeitos. Assim, as causas destes tipos de defeitos, provavelmente, devem ser identificadas e atacados primeiro.

Os dados que contemplam os atrasos identificados na entrega estão apresentados na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 – Dados utilizados para construção do Diagrama de Pareto.

Descrição	Abreviação	Freqüência	Freq. Acumulada	Porcentagem	Porc. Acumulada
Falta de produto por atraso na transferência	FPAT	61	61	76,25	76,25
Falta de oferta de transportador	FOT	9	70	11,25	87,5
Transportador com documentação irregular	TFC	7	77	8,75	96,25
Transportador faltou ao carregamento	TDI	3	80	3,75	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos seis meses de realização da pesquisa foram identificados 80 pedidos em atrasos e para cada pedido foram incluídos os devidos motivos, sendo eles:

- *Falta de produto por atraso na transferência*: a transferência de mercadorias por unidade não obedeceu ao prazo máximo de D+2, provocando assim um atraso na entrega do CD;

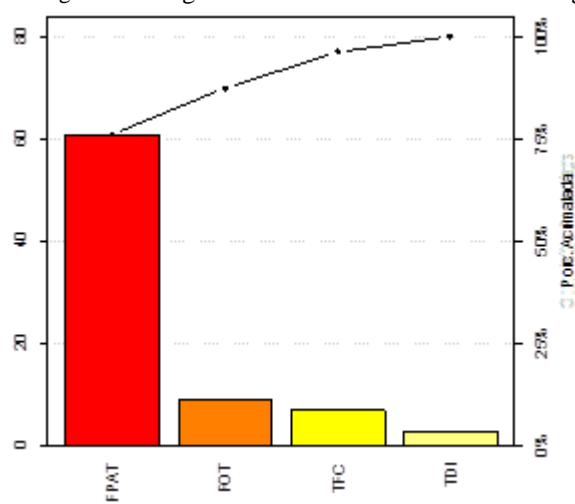
- *Falta de oferta de transportador*: não se conseguiu transportador para o transporte da carga, ocasionando assim os atrasos da mesma;

- *Transportador com documentação irregular*: neste motivo de atraso, a carga estava agendada para carregamento no último dia do prazo antes de ser considerada atrasada, mas quando o transportador chegou para carregar, sua documentação estava irregular;

- *O transportador faltou ao carregamento*: semelhante ao mesmo caso anterior, mas neste caso, o transportador não compareceu na data agendada.

Na Figura 4 é mostrado um Diagrama de Pareto sobre os motivos dos pedidos atrasados.

Figura 4 – Diagrama de Pareto dos atrasos de entrega.



Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo a Figura 4, observa-se que mais de 87,5% do número total de atrasos é devido a dois tipos de problemas: falta de produto por atraso na transferência e a falta de oferta de transportador. Isto aponta para mais problemas com o processo de falta de produto por atraso na transferência. Se estes problemas podem ser isolados e eliminados, haverá um aumento notável no rendimento do processo.

Ao analisar as não conformidades por tipo, muitas vezes pode-se ganhar recursos consideráveis para a sua causa. Isto pode ser de grande ajuda no desenvolvimento do plano de ação para os fora de controle que devem acompanhar os gráficos de controle.

V. CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi o de analisar o tempo de atraso nas entregas de um CD para identificação dos motivos de atrasos e o dimensionamento quantitativo dos atrasos de entrega utilizando a carta de controle por atributo (carta c).

Ao analisar o tempo de atraso nas entregas, verificou-se que as causas dos atrasos em entregas do CD investigado são causas especiais e comuns, sendo necessárias aplicar ações corretivas operacionais e gerenciais nestas causas, visando obter uma melhoria contínua deste processo.

Quando se trata de logística e entrega de produto, esses são muito dinâmicos, sendo os processos estocásticos susceptíveis aos efeitos aleatórios e causas específicas. O objetivo é descobrir as causas, eliminar ou reduzir o seu impacto, e assim trazer o processo em um estado excelente, ou seja, sob o controle estatístico e gerencial.

Verificou neste estudo que a carta de controle determina a eficiência do processo em condições quando o mesmo não está exposto à influência de causas especial.

Os índices do processo são tipicamente calculados após o processo se desenvolver por um período suficientemente longo, depois de certo tempo, durante o qual todos os possíveis efeitos de variações que poderiam têm aparecido. É particularmente importante escolher um parâmetro crítico, através da qual os processos serão monitorados e medidos, sendo alcançados neste estudo.

Com a pesquisa, que se estendeu pelos primeiros seis meses de 2016, foram identificados os principais motivos de atrasos de entrega através do Diagrama de Pareto, são eles: falta de produto por atraso na transferência, falta de oferta de transportador.

O CEP mostra-se um aliado muito importante para o processo de melhoria da qualidade de entregas das empresas.

Para continuidade desta pesquisa sugere-se um estudo dos motivos de atrasos identificados, indicando o uso de outra técnica útil para uma análise mais aprofundada das não conformidades, tais como o Diagrama de Causa e Efeito.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L.; CEZIMBRA, G.; RODRIGUES, E. F.; MAGARIAN, L. C.; TSUJI, E. R.; DELIBERADOR, L. R.; FORMIGONI, A. O papel do arranjo físico e da gestão de informações como ferramenta para melhoria da competitividade e desempenho dos processos de uma lavanderia industrial. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 48-63, 2015.

ANDREJIC, M.; BOJOVIC, N.; KILIBARDA, M. Benchmarking distribution centres using principal component analysis and data envelopment analysis: a case study of Serbia. **Expert Systems with applications**, v. 40, n. 10, p. 3926-3933, 2013.

BARBOSA, D. M.; BEGLIOMINI, E. Círculos de Controle da Qualidade. In: BALESTERO-ALVAREZ, M. E. (coord). **Administração da Qualidade e da Produtividade**. São Paulo: Atlas, 2001, p. 231-243.

CHUNG, S. H.; CHAN, H. K.; CHAN, F. T. S. A modified genetic algorithm for maximizing handling reliability and recyclability of distribution centers. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 18, p. 7588-7595, 2013.

DOHNAL, G. Delay in Statistical Control of Systems with Wear. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 28, n. 7, p. 743-750, 2012.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de Serviços: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação**. AMGH Editora, 2014.

FLEURY, A. C. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2012.

GEESDORF, G. S.; CATEN, M. A.; JUNG, C. C. F.; PACHECO, D. A. D. J. Análise das contribuições do Controle Estatístico de Processos em sistemas de manufatura de alta precisão. **Revista Eletrônica Produção em Foco**, v. 5, n. 2, 2015.

GOMES, D. N.; RIBEIRO, L. P. C.; RANGEL, R. C.; HORA, H. R. M.; COSTA, H. G. Uma avaliação integrada com o CEQ,

Ishikawa e AHP em uma empresa de concretagem. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 35, n. 2, p. 35, 2013.

JACOBS, F. R.; RICHARD B. C. **Administração de operações e da cadeia de suprimentos**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012.

JI, Y.; YANG, H.; ZHANG, Y.; ZHONG, W. Location optimization model of regional express distribution center. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 96, p. 1008-1013, 2013.

KILIBARDA, M.; ANDREJIC, M. Measuring the capabilities of logistics processes of product delivery.. **8th IQC Center for Quality**, 2014.

KORZENOWSKI, A. L.; WERNER, L.; TEN CATEN, C. S. A prática da implantação de cartas de controle em empresas do setor automobilístico. **Revista Ingeniería Industrial**, v. 13, n. 2, p. 75-91, 2014.

MACIEL, T. H.; BRANCO, G. M.; WERNER, L. Cartas de controle multivariadas: estudo de caso em Vinícolas Italianas. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 37, p. 01, 2014.

MICHEL, R.; FOGLIATTO, F. S. Projeto econômico de cartas adaptativas para monitoramento de processos. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 1, p. 17-31, 2002.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. John Wiley & Sons, 6ª Ed., Arizona, 2009.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PALADINI, E. P.; CARVALHO, M. M. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro. Editora Campus, 2005.

PARDEDE, E. K. Inventory Management and Modeling of Service Bulletin for Aerospace Parts in a Customer Service Department. **Master of Science in Reliability and Quality Engineering**. Arizona, 2013.

POSSATO, D. S. V. **Discussão da utilização do controle estatístico de processo: análise bibliométrica e estudo de caso em uma empresa do setor alimentício**. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Produção pela Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista, 2014.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.; KLASSEN, R. D. **Foundations of operations management**. Toronto. Pearson Prentice Hall, 2004.

TOLEDO, J. C *et al.* **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

WU, S.; WANG, W. Optimal inspection policy for three-state systems monitored by control charts. **Applied Mathematics and Computation**, v. 217, p. 9810-9819, 2011.

ZHANG, T.; HUANG, G. Q.; LUO, H.; ZHONG, R. Storage pricing and allocation in a headquarter-managed centralized distribution center. **Procedia CIRP**, v. 25, p. 33-38, 2014.

ZHU, F.; YAO, Y.; TANG, W.; CHEN, D. A high performance framework for modeling and simulation of large-scale complex systems. **Future Generation Computer Systems**, v. 51, p. 132-141, 2015.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

FATORES CRÍTICOS EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS: UMA ABORDAGEM NA GESTÃO PÚBLICA EDUCACIONAL TECNOLÓGICA

CRITICAL SUCCESS FACTORS IN PROJECT MANAGEMENT: AN APPROACH IN THE BRAZILIAN PUBLIC EDUCATIONAL MANAGEMENT

NAYRON HENRIQUE SANTANA ALMEIDA¹; ISABEL SARTORI¹; MARCELO EMBIRUÇU¹;
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA- UFBA

nayronalmeida@gmail.com, sartori@ufba.br, embirucu@ufba.br

Resumo - Debater o que faz de fato um projeto funcionar tem sido exercitado na literatura que trata de Gerenciamento de Projetos. Neste sentido, entender quais são os fatores que fazem com que uma metodologia de Gerenciamento de Projetos obtenha sucesso se torna um diferencial na busca por vantagem competitiva e continuação do negócio da organização.

Este trabalho se constitui em um estudo de caso que se propõe a investigar o funcionamento de uma estrutura voltada à Gestão de Projetos numa instituição de ensino pública brasileira, seu nível de maturidade (Modelo Prado-MMGP), o que ela entende como sucesso em projetos e quais são seus Fatores Críticos de Sucesso (FCS). Este assunto se faz importante uma vez que a literatura sobre Gestão de Projetos, especialmente FCS, na área de gestão educacional pública ainda é restrita.

Palavras-chave: PMO, Gestão Pública, Fatores Críticos de Sucesso, Gerenciamento de Projetos.

Abstract - Discuss what, in fact, does a project works in a successful way has been debated throughout the current literature in project management. therefore, understanding what are the factors that makes a methodology of project management succeeds becomes a difference in the search for competitive advantage to an organization. this work introduces a case study that proposes to investigate the functioning of a structure directed to project management in a brazilian institution of public education, its maturity level (MODEL PRADO-MMGP) what this institution understands about successful project and what are critical success factors (CFs) in project management. this subject has a huge importance to the literature on project management, especially because CFs in public educational management is very restricted..

Keywords: PMO, Public Management, Critical Success Factors, Project Management.

I. INTRODUÇÃO

O tema “Gerenciamento de Projetos” passa por uma verdadeira revolução, sendo amplamente discutido e debatido dentro de diversos segmentos de empresas, áreas de estudo e mesmo redes sociais (PM SURVEY, 2012; PMI, 2013; BAPTISTA *et al.*, 2016). Debater o que faz de fato um projeto funcionar tem sido discutido na literatura atual sobre Gerenciamento de Projetos. Tanaka *et al.* (2012) apontam que o primeiro a tratar sobre Fatores Críticos de Sucesso (FCS) com esta denominação foi Rockart (1979). Nesse trabalho o autor chama a atenção para a perspectiva

de distinção da atenção em relação aos fatores admitidos como de maior importância para que haja sucesso. Collins e Baccarini (2004) fazem, contudo, uma distinção entre fatores e critérios. Assim, eles definem que os primeiros mensuram o sucesso alcançado nos projetos enquanto que os segundos facilitam o alcance deste sucesso.

Atingir de forma satisfatória os resultados planejados no início do ciclo de vida de um projeto envolve um conjunto de habilidades, conhecimentos e esforços que precisam estar muito bem articulados entre si. Com tal intuito, muitas organizações têm buscado suporte em metodologias estruturadas de Gerenciamento de Projetos e na criação de estruturas que consigam dirigir todo o seu portfólio, os chamados Escritórios de Gerenciamento de Projetos (EGP) ou *Project Management Offices* (PMO).

No setor público brasileiro, o gerenciamento de projetos é um tema relativamente novo, ao se considerar que somente com a Constituição de 1988, em seu Artigo 165, inciso I, § 1º (BRASIL, 1988), o Plano PluriAnual (PPA) é instituído (PAULO, 2014). Este documento, em conjunto com a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA), estabelece para a Gestão Pública a necessidade de se trabalhar de forma “projetizada”. O PPA determina as diretrizes estratégicas dos governos, os objetivos e as metas a serem atingidos, e a LDO e a LOA determinam como o orçamento deverá estar disposto. Observa-se, portanto, que os conceitos implícitos no PPA, na LDO e na LOA estão próximos ao gerenciamento de projetos, na medida em que os projetos devem nascer de estratégias traçadas e atender a objetivos organizacionais, e devem existir dentro de um espaço de tempo e com custos pré-determinados (VALLE *et al.*, 2010; PAULO, 2014).

A operacionalização destes instrumentos de gestão (PPA, LDO e LOA) é feita através dos organismos diretos e indiretos do Estado. Neste trabalho será contextualizado o caso do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), entidade inserida no corpo da administração indireta, definida por Silva (2011) como sendo o conjunto de organismos mantidos pelo Estado, levando-se em consideração as demandas e interesses coletivos, de modo a promover o bem-estar social.

Ayres *et al.* (1999) defendem que tais instituições, outrora orientadas somente pelo ponto de vista acadêmico,

devem se inserir em um modelo de gestão, sendo este fato imprescindível para sua diferenciação frente às perspectivas e desafios do mundo contemporâneo, onde o papel formador da escola ficou muito mais amplo e complexo. Nesta visão, a Gestão de Projetos se mostra como sendo uma grande aliada na busca de tais objetivos. Desta forma, o presente trabalho se propõe a investigar o funcionamento de uma estrutura voltada à Gestão de Projetos no IFAL, seu nível de maturidade (Modelo Prado-MMGP) e o que ela entende como sucesso em projetos e quais são seus FCS. Este assunto se faz importante uma vez que, como é defendido por Belassi e Tukul (1996), a literatura sobre Gestão de Projetos, especialmente FCS, na área de gestão educacional pública é ainda restrita.

II. PROCEDIMENTOS

O presente trabalho se constitui como sendo um estudo de caso de abordagem quantitativa e qualitativa, uma vez que ambos os métodos foram utilizados no processo de coleta e análise de dados (TRIVIÑOS, 2006; ZIKMUND, 2006). Considera-se que, na realização dos objetivos, a pesquisa se apresenta como exploratório-descritiva, pois a familiaridade, o conhecimento e a compreensão do fenômeno por parte dos pesquisadores são insuficientes e há pouco ou nenhum estudo publicado sobre o assunto tratado neste trabalho (TRIVIÑOS, 2006; ZIKMUND, 2006). Ao mesmo tempo ela pode ser considerada descritiva, pois seu fim é a descrição de características encontradas no objeto estudado, podendo servir de base para estudos futuros (MATAR, 2001).

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi utilizado o caso do IFAL. As respostas colhidas foram consideradas relevantes e representativas, uma vez que o IFAL possui um setor voltado ao desenvolvimento de projetos e funções próprias a um PMO. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados os seguintes formulários estruturados:

- Um primeiro formulário com o objetivo de avaliar o nível de maturidade em Gerenciamento de Projetos do Instituto. Para tanto, foi utilizado o questionário proposto pelo modelo Prado-MMGP, ponderando que ele é considerado de utilização simples e busca a aproximação de seus usuários com o tema de maturidade, além de nortear caminhos e estratégias para a evolução da instituição ou departamento (que utiliza este método) no que tange ao tema (Gerenciamento de Projetos) (PRADO, 2008);

- Um segundo se constituiu em um formulário proposto pelos próprios autores do presente trabalho. Este instrumento elencou um conjunto de fatores, construídos a partir de modelos propostos por diversos autores (MARTIN, 1976; CLELAND & KING, 1983; SAYS & CHANDLER, 1971; ROCKART, 1979; WHESTEPHAL, 2009) e seguindo a orientação das grandes áreas do conhecimento recomendadas pelas boas práticas apontadas pelo *Project Management Institute* (PMI), no *Project Management Book of Knowledge* (PMBOK), já em sua 5ª (quinta) edição. As perguntas foram dispostas seguindo uma proposição de escala do tipo Likert. Em um primeiro momento foi investigada a importância dada pela instituição aos FCS, e posteriormente foi investigado o grau de usabilidade destes fatores.

Como apoio foram utilizados também documentos fornecidos pelo IFAL, uma revisão bibliográfica que apoia a realização da pesquisa, e impressões de um dos autores deste trabalho na qualidade de observador participante do processo de implantação do PMO e de desenvolvimento da metodologia para gerenciamento de projetos adotada pelo Instituto, entendendo-se aqui o papel de “observador participante” como o descrito por Marconi e Lakatos (2010): aquele sujeito que “fica tão próximo quanto um membro do grupo que está estudando e participa das atividades normais deste”.

III. CONCEITOS

3.1 – Projetos: conceito, evolução e gestão

Projetos, em conceito definido pelo PMI (2013), referem-se a esforços empreendidos temporariamente para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Assim, há que se perceber que o conceito aqui apresentado se norteia por quatro principais pontos na definição de projetos: 1 - Singularidade, 2 - Temporariedade, 3 - Restrições e 4 - Multidisciplinariedade.

Vargas (2009) defende que, pelo fato de as pessoas executarem projetos e processos rotineiros, é comum que sua distinção seja confundida. O Quadro 1 foi elaborado levantando-se as principais diferenças entre projetos e processos organizacionais, tendo por base as definições propostas por Vargas (2009), Valle *et al.* (2010), Kerzner (2005) e Dinsmore e Cabanis-Brewin (2009).

Quadro 1 - Diferença entre Projetos e Processos Organizacionais

PROJETOS	PROCESSOS ORGANIZACIONAIS
É um esforço temporário e singular.	É um esforço contínuo, estável e repetitivo.
A equipe lida com escopos que podem ser desconhecidos.	As pessoas desempenham as mesmas tarefas a cada ciclo do processo.
A avaliação é definida pelo atingimento de um objetivo específico.	A avaliação dos processos é estabelecida em torno de metas de produção.

Nessa linha o PMI (2013) define Gerenciamento de projetos, como a:

“... aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos.”. Valle *et al.* (2000) citam como principais benefícios da Gestão de Projetos: a rápida capacidade de responder às mudanças; minimização e resposta eficiente aos riscos; redução de perdas financeiras; otimização de recursos; e melhoria nos processos decisórios.3.2 – *PMO: CONCEITO E TIPOLOGIA*

Project Management Offices (PMO) ou Escritórios de Gerenciamento de Projetos (EGP) consistem em organismos aos quais são atribuídas várias responsabilidades relacionadas ao gerenciamento centralizado e coordenado dos projetos sob seus domínios (PMI, 2013).

Verzuh (2005) defende que a existência de uma estrutura que suporte todos os projetos da organização é uma necessidade. Este argumento é corroborado por Prado (2008), ao ponderar que o mundo depende de projetos e, para um grande número de organizações, são eles que garantem a sua sobrevivência e crescimento.

Apesar de não haver um consenso sobre uma tipologia acerca de PMO, em geral eles apresentam de 3 (três) a 5 (cinco) tipos com características similares, conforme apontado por Verzuh (2005). Assim, este trabalho escolheu adotar o modelo proposto por Crawford (2002), que apresenta uma proposição de três tipos ou estágios de PMO, mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de PMO – Modelo Crawford.

PMO Nível 1	Funciona como um centro de controle de problemas. Neste nível a equipe do projeto responde melhor ao gerente funcional do que ao do projeto. Geralmente é montado para o monitoramento de um ou poucos projetos e igualmente possui uma estrutura fraca, já que pode ser desfeito ao término deste(s) projeto(s);
PMO Nível 2	Nesse estágio o Escritório assume uma perspectiva mais de direcionador de gerenciamento de projetos com a proposição de metodologias, padrões e balanceamento de recursos. Seu foco passa a ser a observância dos processos e a otimização de recursos. É responsável pela identificação e disseminação de boas práticas na área;
PMO Nível 3	É o estágio mais estratégico de um PMO. Está ligado diretamente à alta gestão. Neste nível, os gerentes de projeto se reportam diretamente ao PMO. O setor passa a ter uma autonomia maior, sendo de sua responsabilidade a auditoria de propostas, contratos e projetos, a gerência de recursos, a análise, desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas e processos ao longo da organização, e o desenvolvimento da integração com as demais áreas organizacionais. É de sua alçada também observar a estratégia da organização e zelar para que ela seja cumprida, uma vez que todos os esforços no que diz respeito a portfólios, programas e projetos respondem ao PMO.

Fonte: Adaptado de Crawford (2002).

3.2 – Modelos de maturidade em gerenciamento de projetos

De acordo com Prado (2008), “Maturidade em Gerenciamento de Projetos ...” nada mais é do que o “...quão hábil uma organização está em gerenciar seus projetos.”. Para realizar estas avaliações autores como Prado (2008) e organizações como o PMI criaram os chamados “Modelos de Maturidade em Gerenciamento de Projetos”, entendidos como mecanismos capazes de quantificar esta habilidade (PRADO, 2008). De acordo com Rabechini Jr (2003), há cerca de 30 modelos de Maturidade em Gestão de Projetos, e o autor aponta os cinco que são considerados mais conhecidos:

- CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) – desenvolvido pelo *Software Engineering Institute* - SEI, se encontra dividido em cinco níveis: inicial; gerenciado; definido; quantitativamente gerenciado; e otimizado. Estes níveis são divididos em áreas de processo e estas áreas em dois conjuntos de metas: específicas (negócio organizacional) e genéricas (SEI, 2010);

- PMMM (*Project Management Maturity Model*) – PM Solutions (2012) – foi concebido pelo *Center for Business Practices* e tinha por consideração as nove áreas da gestão de projetos adotadas pelo PMI até a quarta edição do PMBOK. Neste modelo, o grau de maturidade é avaliado em cinco níveis: processos iniciais; processos e padrões estruturados; padrões organizacionais e institucionalização do gerenciamento de projeto; gerenciado; e otimizado;

- KPMMM (*Kerzner Project Management Maturity Model*) – proposto por Kerzner (2005). Tem como característica seu alinhamento ao PMBOK. Assim como os outros modelos aqui citados, considera cinco níveis de maturidade: linguagem comum; processos comuns; metodologia única; *benchmarking*; e melhoria contínua. É avaliado por um questionário contendo 183 (cento e oitenta e três) questões, contudo não fornece uma nota final e sim o percentual atingido por cada nível proposto (PRADO, 2008; RABECHINI JR, 2003);

- OPM3 (*Organizational Project Management Maturity Model*) – estabelecido pelo PMI, não classifica a maturidade em níveis, mas em valores percentuais. É realizado através de uma avaliação contendo 151 (cento e cinquenta e uma) questões. O resultado é dado por quatro dimensões (PRADO, 2008; RABECHINI JR, 2003): estágio de melhoria dos processos; domínios; progressão das capacitações incrementais; e associação aos processos de gerenciamento do PMBOK;

- Modelo Prado-MMGP – modelo brasileiro concebido por Darci Prado (PRADO, 2008). Foi estabelecido observando elementos considerados pelo PMI e pela IPMA e com o propósito de fácil aplicação, confiabilidade e usabilidade. Estabelece também cinco níveis de maturidade, conforme mostrado no Quadro 3 (PRADO, 2008).

3.3 – Fatores críticos de sucesso em gerenciamento de projetos

Quando Rockart (1979) cunhou o termo FCS, ele propôs a observância de aspectos que fugiam ao controle organizacional, surgindo, dessa maneira, uma distinção quanto à natureza de fatores, sendo estes internos e externos. Com base nos estudos de Rockart (1979), Alves *et al.* (2007) propuseram uma lista de 5 (cinco) FCS em gerenciamento de projetos, que são: liderança; motivação; equipe e treinamento; metas e constância de objetivos; e disponibilidade. Avaliando a literatura, percebe-se que listas de FCS existirão sempre em abundância e diversidade, o que é perceptível ao se analisar trabalhos que vão de Rockart (1979) a Alves *et al.* (2007), passando, entre outros, por Belassi e Tukel (1996) e Fortune e White (2006). Isso acontece porque, apesar de partirem de pressupostos comuns, essas listas atendem a organizações e metodologias diferentes. Assim, um projeto e os fatores que determinam seu sucesso, quer seja em seu gerenciamento quer seja em suas entregas, serão diferentes de uma organização para outra.

IV. RESULTADOS

4.1 – Estudo de caso do IFAL

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL) foi instituído pela lei de criação dos IF no Brasil, sendo resultado da fusão do antigo Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas (CEFET-AL) com a Escola Agrotécnica Federal de Satuba (EAFS). Ele possui dezesseis *campi* que ofertam ensino nos níveis básico técnico profissionalizante (técnico integrado, subsequente e concomitante), superior (bacharelado, licenciaturas e tecnólogos) e de pós-graduação *lato-sensu*, tendo alguns cursos em modalidades presencial e à distância. Mais de 9 mil alunos compõem este complexo educacional que se encontra em pleno processo de expansão.

O IFAL possui uma estrutura administrativa organizacional inter-*campi*, sendo dirigido por um Reitor, Pró-Reitores e Diretores Gerais dos *campi*. São considerados público alvo dos processos gerenciais do IFAL os alunos, distribuídos em todos os níveis e modalidades de ensino, os servidores técnicos-administrativos e docentes, os Governos Federal, Estadual e Municipal que, através de seus órgãos e entidades, estabelecem parcerias em conjunto, as empresas, públicas e privadas, que ora prestam serviços, ora compram serviços desta Instituição, e a sociedade em seu sentido mais amplo.

O IFAL definiu suas diretrizes estratégicas através de um processo pautado na gestão democrática e na solidificação de conceitos consagrados na área de gestão de projetos. Após a revisão das diretrizes estratégicas do Instituto, a proposição dos projetos a serem estabelecidos para o ano seguinte passou por uma consulta popular, onde num segundo momento a alta gestão do IFAL, em processo coordenado pelo Departamento de Planejamento Institucional [DPI, órgão da Pró-reitoria de Desenvolvimento Institucional (PRDI) do IFAL], definiu os projetos que seriam executados, observando princípios de viabilidade técnica, humana e financeira. Em seguida a este momento foram indicados gerentes para os projetos, não diretamente ligados ao DPI. Finalizada esta fase, os gerentes apresentaram os projetos estruturados para validação da alta gestão do IFAL.

Com a implantação de uma metodologia estruturada de projetos, o DPI ficou também com a atribuição de PMO, considerando a definição dada pelo PMI (2013): um organismo ao qual são atribuídas várias responsabilidades relacionadas ao gerenciamento centralizado e coordenado dos projetos sob seu domínio. Considerando a abordagem fornecida por Crawford (2002), ele ficou estruturado como um PMO Nível 2. Crawford (2002) define que estruturas dessa natureza existem não só para controlar problemas e monitorar os projetos como um todo, mas seu caráter é também de direcionador de gerenciamento de projetos com a proposição de metodologias, padrões e balanceamento de recursos.

Portanto, na estrutura desenvolvida pelo IFAL, o DPI assume uma postura de corresponsável pelos projetos, uma vez que os gerentes estabelecidos se reportam ao seu Diretor ou Pró-Reitor. A figura do gerente é mais evocada quando das proposições, planejamento e encerramento dos projetos, e nos momentos formais de monitoramento em reuniões com a alta gestão.

Assim, foi possível identificar que o IFAL possui um sistema próprio de gerenciamento de projetos com um ciclo que abrange a sua formulação, seu monitoramento e seu encerramento.

4.2 – Nível de maturidade em gerenciamento de projetos do IFAL: Modelo Prado-MMGP

Para avaliar a maturidade em gerenciamento de projetos do IFAL foi escolhido o Modelo Prado-MMGP. Entre outros motivos, este modelo possui alguns diferenciais apontados pelo próprio Prado (2008), tais como: é simples e fácil de usar; é confiável, visto que um número significativo de empresas o utilizam; fornece resultados coerentes; é universal, isto é, se adapta a diversos tipos de organizações, independentemente de seu negócio; é capaz de medir aspectos que estão realmente ligados ao sucesso no

gerenciamento de projetos; pode ser utilizado para o estabelecimento de um futuro Plano de Crescimento.

O formulário foi preenchido pelo DPI e, de acordo com essas respostas, o IFAL apresentou uma média em sua Avaliação Final de Maturidade (AFM) de 3,02. Portanto, de acordo com o modelo Prado-MMGP, o IFAL se encontra em fase de transição entre os níveis Conhecido e Padronizado, como pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 - Perfil de Aderência ao Modelo de Maturidade Prado-MMGP do IFAL.

NÍVEL	Pontos Obtidos	Perfil de Aderência									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 - Inicial	0										
2 - Conhecido	85										
3 - Padronizado	79										
4 - Gerenciado	38										
5 - Otimizado	0										

Fonte: Elaboração Própria.

Estes níveis de maturidade podem ser considerados elevados, ao se ponderar que o IFAL tem um escritório de projetos em funcionamento há aproximadamente 4 (quatro) anos. Dentre as características apontadas pela metodologia, percebe-se que o IFAL tem uma padronização de procedimentos que é difundida entre os gerentes (nível 3), porém alguns membros das equipes às vezes não os seguem (nível 2), o que pode resultar em eventuais atrasos. O IFAL possui um escritório que preza pelo acompanhamento dessas atividades (nível 3) e garante que a estratégia organizacional esteja sempre alinhada (nível 3) à execução dos projetos. Contudo, é necessário que essa estrutura se fortaleça, sob pena de que, caso não haja um esforço para tal fim, o nível encontrado tenda a regredir.

Os pontos referentes ao nível 4 provavelmente se devem ao fato de que há um forte alinhamento dos projetos com as diretrizes estratégicas da organização, uma vez que eles são propostos com a intenção de responder aos objetivos estratégicos traçados pela instituição.

4.3 – Fatores críticos de sucesso na visão do IFAL

Embora não exista um consenso quanto a uma lista final, e estas listas se modifiquem face aos seus respondentes ou mesmo face aos projetos que atendem, cabe buscar entender o que é de fato crítico para uma organização quando se diz respeito ao gerenciamento de projetos. Desta forma, o presente trabalho elaborou um formulário tendo por base pontos propostos por Belassi e Tukul (1996), as diretrizes estratégicas propostas por Kerzner (2005), e as áreas do conhecimento indicadas pelo PMI (2013).

O instrumento utilizado consistiu em um conjunto de proposições que foram reunidas levando-se em consideração as áreas de conhecimento indicadas pelo PMI (2013) e um agrupamento de itens relativos a conceitos de estratégia que deveriam ser respondidas observando uma escala do tipo Likert. Inicialmente buscou-se identificar o que o PMO, de fato, acredita ser importante e, num segundo, o que era utilizado pela instituição (métodos, ferramentas, elementos ambientais e estratégia). Ao final foi possível determinar o que a instituição considerava como fatores críticos, observando os graus de importância e de usabilidade desses

FCS. Assim, chegou-se a uma lista com um total de 18 (dezoito) itens considerados com três graus de importância, agrupados em três níveis de criticidade, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Fatores Críticos de Sucesso na Visão do PMO do IFAL.

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSOS NA VISÃO DO PMO DO IFAL
Os objetivos do projeto precisam estar bem definidos.
A alta gestão deve apoiar o andamento do projeto e prezar para que este ocorra da melhor forma possível.
Os projetos devem ser frutos de diretrizes estratégicas estabelecidas no Planejamento Estratégico.
Os projetos precisam estar alinhados aos objetivos estratégicos da organização.
Os projetos devem atender a indicadores de resultados definidos no Planejamento Estratégico.
É necessário que exista uma documentação que comunique o que é o projeto, quais são os envolvidos com ele e como o projeto deverá acontecer.
O gerente do projeto deve ser escolhido levando-se em consideração o conhecimento e as habilidades reconhecidas (pela organização) como necessários ao desenvolvimento do projeto.
O andamento do projeto deve ser periodicamente comunicado à equipe e à alta gestão.
As mudanças no projeto devem acontecer como fruto de decisões tomadas pela equipe do projeto em comunhão com a aprovação da alta gestão.
O desenvolvimento do projeto deve ser registrado, de forma a servir de base para decisões sobre projetos futuros.
Há a necessidade de se possuir um documento que descreva exatamente quais produtos serão entregues e as características deles.
Devem ser estabelecidos critérios de qualidade para os resultados entregues pelo projeto.
O cronograma do projeto precisa estar alinhado ao cronograma de funcionamento da organização.
A equipe deve possuir as ferramentas e conhecimentos necessários ao desenvolvimento do projeto.
O gerente do projeto precisa coordenar sua equipe de trabalho de forma satisfatória.
Os riscos do projeto devem ser previstos, sendo estabelecidos planos de prevenção e contingência.
A comunidade externa deve ser ouvida no processo de definição dos projetos.
A opinião dos atendidos pelo projeto sempre precisa ser ouvida de forma a otimizar resultados futuros.

Fonte: Elaboração Própria.

O Quadro 4 mostra que no presente momento a instituição apresenta uma forte inclinação a pensar nas diretrizes estratégicas, no apoio do *sponsor*, na clareza que os projetos precisam ter, e no relacionamento dos projetos com seus *stakeholders*. O fato de fatores como custos, aquisições e riscos não apresentarem itens que integrem este quadro pode ser explicado pelo tipo de organização que o IFAL é: uma instituição federal pública de ensino que é referência na região onde atua, havendo uma maior orientação para a melhoria de processos e do desenvolvimento organizacional, em detrimento ao desenvolvimento de novos produtos a cada momento.

Convém citar que novos produtos neste tipo de organização existem, principalmente no que diz respeito a cursos. Contudo, estes produtos têm um ciclo de vida maior, sendo pouco ou quase nunca substituídos depois que são implementados. No que tange aos grupos de processo, e considerando o fator estratégia, os FCS apresentaram a

seguinte ordem: 1 – Estratégia, 2 – Integração, 3 – Escopo, 4 – Custos, 5 – RH, 6 – Qualidade, 7 – Comunicação, 8 – Aquisições, 9 – Tempo e 10 – Riscos.

V. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi identificar os fatores críticos em gerenciamento de projetos na visão de uma Instituição Federal de Ensino. Esse estudo pode ser considerado relevante em face de que estudos deste tipo na área de gestão pública são poucos, e menos ainda quando se refere à área de gestão de projetos.

Com este estudo foi possível caracterizar o Instituto Federal de Alagoas (IFAL) como uma instituição com portfólio de serviços diversificado oferecido à sociedade, uma vez que esta instituição pode, pela sua constituição legal, prestar ensino para o antigo ensino médio até a pós-graduação, além de desenvolver atividades de pesquisa e extensão.

Como forma de responder a suas demandas, foi possível identificar que o IFAL possui um sistema próprio de gerenciamento de projetos que vai desde a sua formulação ao seu monitoramento e encerramento.

Como suporte à manutenção da sua metodologia de proposição e gerenciamento de projetos foi constatado que o IFAL possui um setor (Departamento de Planejamento Institucional - DPI) que tem em as atribuições de ser um PMO (*Project Management Offices*) que, considerando a tipologia proposta por Crawford (2002), se encontra no Nível 2.

No que tange ao nível de maturidade atingida com relação ao Gerenciamento de Projetos, foi utilizada para investigação o modelo Prado-MMGP, com o qual se constatou que o IFAL se encontra em um momento de transição entre os Estágio 2 (Conhecido) e 3 (Padronizado). É necessário ponderar que sua estrutura precisa ser fortificada sob pena de que haja descontinuidade da metodologia e queda no nível de maturidade alcançada.

Com relação aos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) em Gerenciamento de Projetos, foram listados 18 itens (Quadro 4). Assim, foi observado que a instituição passa por um processo de busca de alinhamento com a sua estratégia organizacional. Este fato também pode ser constatado ao se perceber que entre as funções do DPI estão a de formulação de diretrizes estratégicas com necessidade de apoio da alta gerência.

Por fim, cabe destacar que este estudo acabou por gerar uma ferramenta de coleta de dados para que organizações possam estabelecer seus FCS de acordo com sua realidade, reavaliar ou reconsiderar se estes FCS de fato são fatores críticos, bem como estabelecer planos para a concentração de esforços no seu desenvolvimento.

Como possíveis desdobramentos deste trabalho, e face ao estágio de desenvolvimento da literatura pertinente, existe uma gama de possibilidades que podem ser traçadas, tais como: investigação dos FCS em gerenciamento de projetos em outras organizações públicas; correlação e verificação da existência de padrão entre os FCS e o nível de maturidade em gerenciamento de projetos das organizações; identificação da existência de FCS no estabelecimento de Governança em Gerenciamento de Projetos; entre outros.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. F. A., SOUZA, L. G. M.; FERRAZ, T. C. P.. Identificação de fatores críticos que influenciam o desempenho de projetos de melhoria contínua. In: 2007 **Encontro Nacional de Engenharia de Produção** (ENEGEP), Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR580443_0295.pdf>. Acesso em: mar de 2016. 2007.
- AYRES, F. A., STOLLENWERK, M. F. L., QUONIAM L., DOU H. Base conceitual e prática para implementação de um sistema de inteligência competitiva em uma universidade particular. In: **Workshop Brasileiro de Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento**, I, 1999. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro-RJ: FINEP. CD-ROM. 1999.
- BAPTISTA, A.; SANTOS, F.; PÁSCOA, José; SÄNDIG, N. "Project Management Methodologies as Main Tool for Current Challenges in Global Economy Driving Historical Changes," **Journal of Advanced Management Science**, doi: 10.12720/joams.4.2.146-151, v. 4, n. 2, pp. 146-151, March, 2016.
- BELASSI, W.; TUKEL, O. I. A new framework for determining critical success/failure factors in projects. **International Journal of Project Management**. v. 14, n. 3, p. 141-151, Great Britain, 1996.
- BRASIL, Constituição Federal do Brasil de 1988. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituiacao.htm. Acesso em: mar de 2016. 1988.
- COLLINS, A.; BACCARINI, D. Project success – a survey. **Journal of Construction Research**. v., n. 2, p. 211-231. 2004.
- CRAWFORD, J. K. **The strategic project office: a guide to improve organizational performance**. New York, NY: Marcel Dekker, 2002.
- DINSMORE, P. C.; CABANIS-BREWING, Jeannette. **AMA: manual de gerenciamento de projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- FORTUNE, J.; WHITE, D. Framing of project critical success factors by a systems models. **International Journal of Project Management**, v. 24, p. 53-65, 2006.
- KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LAKATOS, E. Maria; MARCONI, M. de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa**. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTIN, C. C. **Project management: how to make it work**. New York: AMACOM, 1976.
- PAULO, L. F. A. O PPA como instrumento de planejamento e gestão estratégica. **Revista do Serviço Público**, v. 61, n. 2, p. 171-187, 2014.
- PM SOLUTIONS. **What is the Project Management Maturity Model (PMMM)?** Disponível em: <http://www.pmsolutions.com/resources/view/what-is-the-project-management-maturity-model/>. Acesso em: 24 abr. 2016. 2012.
- PMI, Project Management Institute. **A guide to project management body of knowledge – PMBoK**. 5 ed. Pennsylvania: PMI, 2013.
- PM SURVEY. **PM Survey: relatório Brasil**. Rio de Janeiro: PMI, 2012.
- PRADO, D. **Gerenciamento de portfólios, programas e projetos nas organizações**. 4 ed. Nova Lima (MG): INDG Tec S, 2008.
- RABECHINI JR, R. Competências e maturidade em gestão de projetos: uma perspectiva estruturada. Tese (Doutorado). **Escola Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo**: São Paulo. Disponível em: <http://ppgep.poli.usp.br/6237/Competencias-e-maturidade-em-gestao-de-projetos-uma-perspectiva-estruturada.html>. Acesso em mar de 2016. 2003.
- ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Harvard Business Review**, Boston, v. 57, n. 2, p. 81-93, mar-abr, 1979.
- SILVA, J. A. da. **Curso de direito constitucional**. 34. ed. São Paulo: Malheiros, 2011.
- SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE (SEI), CMMI for development - version 1.3 (CMMI-DEV, v1.3): improving processes for developing better products and services. Pittsburg: **Carnegie Mellon University**, 482 p., nov., 2010.
- TANAKA, W. Y., Junior, J. M., NETO, A. F., “Fatores críticos para implantação de projetos de melhoria continua segundo”, **Sistemas & Gestão**, v. 7, n. 1. Disponível em: <http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/view/V7N1A7>. 2012.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 2006.
- VALLE, A. B.; SOARES, C. A. P.; FINOCCHIO Jr, José; SILVA, L. S. F.. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 2ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
- VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- VERZUH, E. **The fast forward MBA in project management**. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- WHESTEPHAL, F. K. Recursos e capacidade de fontes de vantagem competitiva como antecedentes dos fatores críticos de sucesso de projetos de software: um estudo de caso a partir da visão baseada em recursos. (Dissertação). **PPGA – UEL – UEM. Universidade Estadual de Londrina**: Londrina, 2009.
- ZIKMUND, W. G. **Princípios da pesquisa de marketing**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

MODELO MATEMÁTICO PARA RESOLVER O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE TURNOS DE FUNCIONÁRIOS: UM CASO REAL

MATHEMATICAL MODEL TO SOLVE THE EMPLOYEE TIMETABLING PROBLEM: A REAL CASE

MAYARA ALVES BARREL¹; RAFAEL CORREIA MOREIRA¹; ALEXANDRE XAVIER MARTINS¹
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP

mayarabarrel@gmail.com; rafaelcorreia.mg@hotmail.com; prof.xmartins@gmail.com

Resumo – O desafio de se escalar pessoas em turnos flexíveis em uma empresa consiste na elaboração de um cronograma para alocação de recursos necessários para executar uma atividade em um determinado período de tempo. Este trabalho tem o objetivo de propor uma otimização na programação de horários de turnos das faxineiras de um supermercado, através de um modelo matemático baseado no método de Programação Linear Inteira Mista, atendendo às restrições do Departamento de Recursos Humanos e às leis trabalhistas (CLT). O modelo foi desenvolvido no Lingo em interface com o MS Excel 2013. Os dados de entrada foram iterados no Lingo até que uma solução ótima fosse encontrada. A solução obtida pelo modelo apresentou um resultado satisfatório para o supermercado, pois minimizou a variação de horas trabalhadas durante a semana e distribuiu as funcionárias de maneira uniforme nas escalas de horário.

Palavras-chave: Programação de horários. Programação Linear Inteira Mista. Modelo Matemático.

Abstract - The challenge of scheduling people into flexible shifts in a company is to develop a schedule for the allocation of necessary resources to perform an activity in a given a time period. This paper has the objective to identify an optimized way of implementing supermarket's cleaners working schedule, using a mathematical model based on linear programming method - Mixed Integer - in accordance to Human Resources Policies and Labor Laws. The mathematical model was developed with Lingo and Microsoft Excel 2013. The data was processed by Lingo to find an optimal solution, which was presented in an spreadsheet. The result obtained by the model proved to be a satisfactory outcome for the supermarket, as it minimized the variation of working hours during the week and uniformly distributed cleaners in working time schedule.

Keywords: Timetabling. Mixed Integer Linear Programming. Mathematical Model.

I. INTRODUÇÃO

A otimização da programação de funcionárias da área de limpeza de um supermercado consiste em elaborar um cronograma para a alocação das faxineiras necessárias para executar a atividade de limpeza de acordo com os turnos de funcionamento do supermercado, de forma a distribuir as faxineiras de maneira mais uniforme ao longo dos dias, atender dentro do possível a quantidade mínima de faxineiras em cada turno de trabalho e aproximar as horas semanais trabalhadas para o número de horas definidas por lei.

A elaboração do quadro de horários das faxineiras de um supermercado é realizada para manter a qualidade de limpeza na parte de dentro e fora do estabelecimento, para que os clientes tenham maior comodidade durante as compras. Diante disso, é preciso uma quantidade suficiente de faxineiras durante o funcionamento do supermercado para suprir as necessidades de limpeza do mesmo. A tarefa administrativa da construção do horário das faxineiras, normalmente é realizada de forma manual e nem sempre a solução encontrada é a melhor, podendo gerar excesso de custos para a empresa e insatisfação por partes das faxineiras por não atender as suas exigências.

O problema estudado é classificado como de *Timetabling*, traduzido para o português como definição de horários, onde Ross (1999 apud BORGES, 2003) define como:

“um problema de escalonamento sujeito a restrições onde os eventos são considerados como instâncias ou recursos do problema, ou ainda, coleção de eventos que devem acontecer dentro de um período finito de tempo”.

Para Wren (1996 apud ABDULLAH, 2006) *Timetabling* é a atribuição, sujeita a restrições, de determinados recursos para objetos que estão sendo colocados em espaço tempo, de tal forma a satisfazer tanto quanto possível um conjunto de objetivos desejáveis.

O trabalho de programação de horários é normalmente encontrado em diversos segmentos de mercado. Ernst (2004 apud MUSLIU, 2006) destaca que essa atividade aparece em muitos setores como em plantas industriais, hospitais, transporte público, companhias aéreas, entre outros. Como exemplo há o problema que as universidades possuem de programar os horários de professores de acordo com as turmas, que segundo Poulsen (2014, p.980) é um problema enfrentado todo início de semestre, sendo uma das mais importantes tarefas administrativa.

Para minimizar essa árdua atividade de construção de grade de horários das faxineiras, este presente trabalho propõe introduzir metodologias da pesquisa operacional para solucionar esse problema.

A pesquisa operacional é bastante utilizada para simulação e otimização de processos de uma organização. Segundo Puccini e Pizzolato (1990 apud GÓES, 2005) a pesquisa operacional surgiu de processos de métodos de análises desenvolvidos por grupos acadêmicos ingleses que

assessoraram as forças militares durante a 2ª Guerra Mundial. É uma abordagem científica que utiliza técnicas matemáticas com o objetivo de determinar como projetar, planejar e operar um sistema, geralmente sob condições de recursos escassos.

“O uso de técnicas de Pesquisa Operacional na modelagem de processos das empresas tem-se mostrando um fator decisivo para o desenvolvimento de políticas otimizadas de operação industrial. O desenvolvimento de modelos, em especial os que empregam técnicas de otimização, tem possibilitado que procedimentos operacionais complexos sejam avaliados de forma criteriosa, fazendo com que recursos críticos possam ser utilizados da melhor forma possível (Barboza, 2005, p.5).”

Metodologias encontradas na área de Pesquisa Operacional são possíveis soluções para o problema de programação de horários de turnos das faxineiras do supermercado. Segundo Góes (2005, p.19), existem dois métodos na otimização para a elaboração de grades de horários: o método exato e o heurístico, de forma que o primeiro procura encontrar a solução ótima para o problema, caso exista, e o segundo procura uma solução, porém não garante que essa solução seja a ótima.

Neste trabalho foi escolhido a programação linear, que está dentro de métodos exatos para solucionar o problema de horários.

“A Programação Linear (PL) visa fundamentalmente encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares. A sua grande aplicabilidade e simplicidade devem-se a linearidade do modelo. A tarefa da PL consiste na maximização ou minimização de uma função linear, denominada Função objetivo, respeitando-se um sistema linear de igualdades ou desigualdades, que recebem o nome de Restrições do Modelo (MARINS, 2011, p. 23).”

Na programação linear há diversas subdivisões que verticalizam a forma de resolver os problemas matemáticos. Dentre elas, há a Programação Linear Inteira (PLI) ou a Programação Linear Inteira Binária (PLIB), e a Programação Linear Inteira Mista (PLIM) que são utilizadas para otimizar um processo que normalmente se encontra sendo feito de forma manual. Segundo Góes (2005), a Programação Linear Inteira é utilizada para resolver problemas em que as variáveis só podem assumir valores inteiros, tendo como modelos, os métodos de Plano de Corte e “*BranchandBound*”. A Programação Linear Inteira Mista, segundo Moro (2000 apud BARBOZA, 2005, p. 12), encaixa em modelos matemáticos que envolvem variáveis contínuas e discretas que devem satisfazer um conjunto de restrições lineares de igualdade e desigualdade.

O problema de programação de horários de turnos das faxineiras se enquadra na programação linear inteira mista, pois há variáveis discretas que são consideradas como as pessoas responsáveis pelo o serviço de limpeza e variáveis contínuas que são o tempo dos turnos e a carga horária durante a semana.

II. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema abordado se refere ao de um supermercado localizado na cidade de João Monlevade, Minas Gerais. O supermercado emprega 14 (quatorze) funcionárias para exercer a função de serviço de limpeza, e o período de

funcionamento do supermercado é das 6h às 22h das segundas-feiras aos sábados, e aos domingos, das 6h às 21h.

Durante esse tempo de expediente, é preciso que, pelo menos quatro faxineiras estejam trabalhando para suprir as necessidades do supermercado. Para isso, o expediente foi dividido em turnos para que elas se revezem e completem a carga horária semanal necessária de quarenta e quatro horas. Os turnos foram divididos em 6 (seis), 7 (sete) e 8 (oito) horas de trabalho por dia, sendo que acima de 6 (seis) horas deve ser concedido pelo empregador 1 (uma) à 2 (duas) horas de descanso para o funcionário durante o período.

Todas as funcionárias têm direito a um dia de folga durante a semana. Caso alguma funcionária trabalhar em um determinado domingo, ela tem o direito de ter folga no próximo domingo. Deve-se considerar também como restrição para o problema proposto, a folga de descanso de 11(onze) horas consecutiva entre dois turnos de trabalho.

Para auxiliar na montagem dos turnos das faxineiras, foi criada uma lista de possíveis turnos de 6, 7 e 8 horas de trabalho em cada um deles que serão aplicados para solução do problema. Um exemplo dessa lista segue na Tabela 1. Na Tabela 1 a primeira coluna indica o nome atribuído ao turno, a última coluna apresenta a soma das horas trabalhadas em cada turno, as outras colunas indicam 1 se o funcionário trabalha naquele horário e 0 caso contrário. Por exemplo, o turno denominado Folga todos os horários são 0 e a soma é 0. Caso o modelo atribua esse turno a algum funcionário indica que este folgará neste dia. O turno T12 indica que o funcionário irá trabalhar 7 horas começando às 6 da manhã e trabalhando até às 9 da manhã, folgando 1 hora e depois retomando o trabalho às 10 até às 14 horas. A Tabela 1 é somente um exemplo, no problema real foram criadas 90 possibilidades de turnos de trabalho.

Figura 1- Resultados da pesquisa realizada com quantidades de “Padrões de Turnos”

Turnos	Padrões de Turnos														VMOS		
	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00		20:00 - 21:00	21:00 - 22:00
Fol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
T2	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
T3	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
T4	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
T5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6
T6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	6
T7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6
T8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
T9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	6
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	6
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6
T12	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
T13	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
T14	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
T15	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7
T16	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
T17	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
T18	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7
T19	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7
T20	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	7
T21	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	7
T22	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	7
T23	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	7

Fonte: Autores, 2015.

III. MODELAGEM DO PROBLEMA

Nesta seção é proposto um modelo matemático baseado na programação linear inteira mista para otimizar o problema de programação da grade de horários das faxineiras do supermercado.

Para a montagem do modelo matemático foi considerado algumas restrições imprescindíveis para que a resolução do problema esteja condizente com a realidade do supermercado. As restrições seguem abaixo:

- Cada funcionária tem o dever de trabalhar 44 (quarenta e quatro) horas semanais;
- Cada funcionária deve ter no mínimo uma folga durante a semana;
- Se uma funcionária trabalhar no domingo, no próximo domingo a mesma funcionária terá este dia como folga;
- Durante o intervalo de 2 (dois) turnos trabalhados, a funcionária deve ter 11 (onze) horas consecutivas de folga;
- A duração dos turnos devem ser de 6 (seis) à 8 (oito) horas por dia;
- Turnos com duração acima de 6 (seis) horas, as funcionárias têm o direito de terem folgas de 1 (uma) à 2 (duas) horas durante o seu expediente para descanso;
- O expediente de funcionamento do supermercado é de segundas-feiras aos sábados de horário de 6h às 22h e nos domingos de 6h às 21h.
- Deve haver no mínimo 4 (quatro) funcionárias durante o expediente do supermercado;
- O quadro de faxineiras é de 14 pessoas;

O objetivo do modelo matemático é minimizar o desvio das 44 (quarenta e quatro) horas semanais de trabalho das funcionárias e fazer com que tenham 4 (quatro) faxineiras em cada horário de cada dia.

Na seção 3.1 serão apresentados os parâmetros de entrada, na seção 3.2 as variáveis de decisão, na seção 3.3 a função objetivo, e, por último, na seção 3.4 são apresentadas as equações que definem as restrições do problema.

3.1 – Parâmetros de Entrada

F	Conjunto de funcionárias com elemento i pertencentes a F;
D	Conjunto de dias de trabalho com elemento d pertencentes a D;
T	Conjunto de turnos de trabalho com elemento t pertencentes a T;
H	Conjunto de horários de trabalho com elemento h pertencentes a H;
MTH	Conjunto de turnos padrões com elemento t pertencentes a T e h pertencentes a H;
Carga	Conjunto de soma horários h pertencentes a H, que estão contidos nos turnos t pertencentes a T;

3.2 – Variáveis de Decisão

dp_i	Desvio de horas positivas geradas pelo funcionário i ;
dn_i	Desvio de horas negativas geradas pelo funcionário i ;
FD_i	Contabiliza o número de folgas do funcionário i ;
X_{idt}	Funcionária i trabalha no dia d no turno t ;
Y_{idh}	Funcionária i trabalha no dia d no horário h ;
$ddh_{(d,h)}$	Número necessário de funcionários no dia d no horário h (caso o número de funcionários escalados em um horário seja inferior a 4, esta variável retorna a diferença)

3.3 – Função Objetivo

A função objetivo busca a minimização do desvio das 44 (quarenta e quatro) horas semanais e o desvio do número mínimo de funcionários por hora (4 funcionários). Ou seja, se o funcionário trabalha mais ou menos de 44 horas, a função objetivo é penalizada e se em algum horário existem menos de 4 funcionários trabalhando a função objetivo é também penalizada.

$$\min = \sum_{i \in F} (\sum_{d \in D, h \in H} (ddh_{d,h}) + dn_i + dp_i) \quad (1)$$

3.4 – Restrições

A equação (2) contabiliza as folgas por semana.

$$FD_i = \sum_{d \in D} X_{i,d,1}, \quad \forall i \in F \quad (2)$$

A equação (3) faz com que as funcionárias tendem a trabalhar as 44 (quarenta e quatro) horas por semana.

$$\sum_{t \in T} (\sum_{d \in D} (Carga_t * X_{i,d,t}) + dn_i + dp_i) = 44, \quad \forall i \in F \quad (3)$$

A equação (4) restringe as funcionárias a trabalharem um turno por dia, sendo que a folga está inclusa em algum dia da semana.

$$\sum_{t \in T} X_{i,d,t} = 1, \quad \forall i \in F, d \in D \quad (4)$$

A equação (5) visa forçar as funcionárias a terem folga no domingo, quando trabalhem no domingo anterior.

$$X_{i,1,1} \geq FD_i, \quad \forall i \in F \quad (5)$$

A equação (6) tenta manter o número mínimo de 4 (quatro) funcionárias durante cada turno.

$$\sum_{i \in F} (Y_{i,d,h} + ddh_{d,h}) \geq 4, \quad \forall d \in D, h \in H \quad (6)$$

A equação (7) restringe o funcionamento do supermercado no domingo das 21 às 22 horas.

$$Y_{i,1,16} = 0, \quad \forall i \in F \quad (7)$$

A equação (8) faz com que cada funcionária tenha pelo menos uma folga por semana.

$$\sum_{d \in D} X_{i,d,1} \geq 1, \quad \forall i \in F \quad (8)$$

A equação (9) delega a funcionária a trabalhar nos horários do turno selecionado.

$$Y_{i,d,h} = \sum_{t \in T} MTH_{t,h} * X_{i,d,t}, \forall i \in F, d \in D, h \in H \quad (9)$$

As equações (10) e (11) permitem que a funcionária que teve folga no dia anterior trabalhe após as 11h do dia seguinte.

$$X_{i,d,h} \leq 1 + 4 * (1 - X_{i,d,1}), \quad \forall i \in F | Dia_d < 7 \quad (10)$$

$$\sum_{h \in H} Y_{i,d+1,h} \leq 1 + 4 * (1 - X_{i,d,1}), \quad \forall i \in F | Hora: \quad (11)$$

As equações (12), (13), (14), (15) e (16) restringem a funcionária ter folga de 11 horas consecutivas entre dois turnos de trabalho.

$$Y_{i,d,16} \leq 1 + 2 * (1 - Y_{i,d,16}), \quad \forall i \in F | Dia_d < \quad (12)$$

$$\sum_{h \in H} Y_{i,d+1,h} \leq 1 + 2 * (1 - Y_{i,d,16}), \quad \forall i \in F | Hora: \quad (13)$$

$$Y_{i,d,15} \leq 1 + (1 - Y_{i,d,15}), \forall i \in F | Dia_d < 7 \quad (14)$$

$$\sum_{h \in H} Y_{i,d+1,h} \leq 1 + (1 - Y_{i,d,15}), \quad \forall i \in F | Hora: \quad (15)$$

$$Y_{i,d,14} + Y_{i,d+1,1} \leq 1, \quad \forall i \in F | Dia_d < 7 \quad (16)$$

Por fim, as equações (17) e (18) são as funções domínios das variáveis de decisão.

$$Y_{i,d,h}, X_{i,d,h}, FD_i \in \{0,1\} \quad (17)$$

$$ddh_{d,h}, dn_i, dp_i \in \mathbb{N} \quad (18)$$

IV. RESULTADOS

A análise de dados dos resultados encontrados pela execução do modelo matemático apresenta uma solução para um problema de programação de horários dos turnos das faxineiras de um supermercado.

O modelo de programação matemático sugerido foi inserido no ambiente *software* Lingo em interface com o *software* MS Excel 2013. Onde o *software* Lingo trata os dados de entrada que são registrados no MS Excel 2013, realiza as interações até obter uma solução ótima e, em seguida, insere essa solução em uma nova planilha do MS Excel 2013.

As execuções dos testes do Modelo Matemático foram realizadas em um computador com processador Intel Core i5

com velocidade de 2.6 GHz, memória RAM de 8GB e 500GB de HD com o sistema operacional Windows 8.1 (64 bits). Nesse sistema, o problema é resolvido com cerca de 20 minutos. Anteriormente, no supermercado estudado era realizado a escala dos funcionários da área da limpeza de forma manual, tornando-se uma atividade complexa e muitas vezes imprecisa, demandando dias de trabalho dos responsáveis pela alocação das funcionárias aos turnos de trabalho.

A Figura 2 é a solução encontrada no MS Excel 2013 através da interação com o Lingo gerando a alocação dos horários dos turnos durante a semana das faxineiras do supermercado.

Figura 2 - Resultado encontrado pela otimização do Software Lingo em interface com MS Excel 2013 “Quadro de horários do Supermercado”.

Quadro de Horários do Supermercado															
FUNCIONARIO DIA	PERIODO	DOM		SEG		TER		QUA		QUI		SEX		SAB	
		E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Funcionária 1	1ª			12	15	15	21	10	14	11	14	12	16	13	19
	2ª			16	20			16	22	15	19	18	22		
Funcionária 2	1ª			16	22	16	22	10	14	12	17	16	22	12	15
	2ª							16	22	19	22			17	22
Funcionária 3	1ª			11	17	14	20	9	13	6	12	6	11	10	16
	2ª							14	17				13	17	18
Funcionária 4	1ª			12	18	10	16	10	14	13	19	13	19	6	12
	2ª					18	22	16	22						
Funcionária 5	1ª			16	22	11	14	12	18	6	9	6	12	6	11
	2ª					16	22			11	16			13	17
Funcionária 6	1ª			11	14	7	11	14	22	9	12	13	19	6	11
	2ª			15	19	13	17			13	17			13	17
Funcionária 7	1ª			11	15	6	10	6	12	12	17	12	17	12	15
	2ª			16	19	11	14			19	22	19	22	17	22
Funcionária 8	1ª	6	11	6	12	6	12	6	12	16	22	9	12		
	2ª	13	17	14	18								13	17	
Funcionária 9	1ª	15	21	16	22	9	13	8	11	6	12	6	9		
	2ª					14	17	13	18	14	17	11	16		
Funcionária 10	1ª	6	11	6	12	6	12	6	12	8	11			11	14
	2ª	13	16							13	19			16	22
Funcionária 11	1ª	9	13	9	12	6	12	9	13	8	12	6	12		
	2ª	15	21	13	17			14	17	14	18				
Funcionária 12	1ª	6	11	6	12	8	11	6	12	10	16	9	12		
	2ª	13	16			12	16			18	22	13	17		
Funcionária 13	1ª	7	13	6	12			11	17	8	13	7	11	6	12
	2ª	15	19									13	19		
Funcionária 14	1ª	11	15	16	22	12	15	9	15	6	12	10	15		
	2ª	17	21			17	22					17	22		

Fonte: Autores, 2015.

De acordo com a Figura 2, para uma melhor clareza dos resultados, é explicitado os resultados para a funcionária 1, que seguem abaixo:

- No domingo que essa funcionária possui o dia inteiro de folga, a célula da tabela foi preenchida em cinza escuro;
- Na segunda- feira ela é alocada para começar o seu turno às 12h, das 15h às 16h é o horário reservado para sua folga, retornando ao trabalho às 16h e finalizando o seu turno às 20 horas.
- Na terça-feira a solução mostra que a funcionária está alocada para trabalhar no turno de 15h até às 21h, sem intervalo, pois com 6 (seis) horas de trabalho direto, não é necessário que haja horas de folga.

- d) Na quarta-feira a funcionária 1 está alocada para trabalhar das 10h até às 22 horas, com 2 (duas) horas de folga das 14h às 16 horas.
- e) Na quinta-feira o seu turno começará às 11h até às 19 horas, com 1 (uma) hora de folga das 14h às 15 horas.
- f) Sexta-feira a funcionária terá o seu turno iniciado às 12h e finalizado às 22h, com um intervalo de 2 (duas) horas das 16h às 18h.
- g) Por ultimo, no sábado a funcionária está alocada para trabalhar das 13h às 19 horas, sem horas de folga nesse turno.

A Figura 3 refere-se às somas das horas alocadas de cada funcionária para trabalhar durante a semana.

Figura 3 - Resultado encontrado pela otimização do Software Lingo em interface com MS Excel 2013 “Soma de horas de trabalho de cada faxineira na semana”.

SOMA DE HORAS NA SEMANA	
Funcionária	Horas Trabalhadas
1	44 horas
2	44 horas
3	44 horas
4	44 horas
5	44 horas
6	44 horas
7	44 horas
8	44 horas
9	44 horas
10	44 horas
11	44 horas
12	44 horas
13	44 horas
14	44 horas

Fonte: Autores, 2015.

Segundo as Figuras 2 e 3, pode-se constatar que foram atendidas as seguintes restrições: todas as funcionárias tiveram folgas durante a semana; as faxineiras que trabalharam em um domingo terão o próximo domingo de folga; todas estão escaladas para trabalhar 44 (quarenta e quatro) horas semanais; todas funcionárias estão escaladas em apenas um turno por dia; as funcionárias que tiveram folga no dia anterior trabalharão apenas após as 11h do dia seguinte e entre dois turnos, elas terão folgas de 11 (onze) horas consecutivas. Apenas a restrição de ter no mínimo 4 (quatro) funcionárias durante todo o expediente do supermercado não foi atendida completamente.

De acordo com a Figura 2, é possível perceber que todos os dias estão atendendo a restrição de no mínimo 4 (quatro) pessoas em todo o expediente do supermercado, exceto no domingo, no qual foram escaladas 7 (sete) funcionárias para trabalharem. Nos horários de 6h às 7h horas e 19h às 21 horas trabalharão apenas 3 (três) pessoas. Isso acontece devido à restrição que obriga as funcionárias a terem folgas no domingo, caso trabalhe no domingo anterior.

Além disso, a quantidade de funcionárias que trabalham no supermercado não está em excesso, pois as mesmas são distribuídas uniformemente durante o período do expediente na semana. A distribuição poderia ser mais uniforme e atenderia a restrição de ter 4 (quatro) pessoas trabalhando em todos os horários de funcionamento porém, devido a algumas restrições do problema - principalmente a

de que todas as funcionárias devem tirar folgas aos domingos a cada 2 (duas) semanas - o sistema fica limitado para ter maior flexibilidade na programação de horários de turnos das faxineiras do supermercado.

Para buscar a solução ótima que atende todas as restrições, foram realizados outros testes com as quantidades sucessoras do número de faxineiras do supermercado. De maneira lógica, colocando 15 (quinze) funcionárias, ainda não atenderia todas as restrições. Pois de acordo com a escala de domingo, é preciso formar pares de faxineiras para revezarem os horários de cada semana. Sendo assim, foi realizado o teste com 16 (dezesesseis) pessoas para o quadro de horários para analisar se atenderia ou não as restrições, principalmente nos horários de domingo.

A Figura 4 é a solução encontrada no MS Excel 2013 através da interação com o Lingo, gerando a alocação dos horários dos turnos durante a semana das faxineiras do supermercado com um quadro de 16 (dezesesseis) funcionárias.

Figura 4 - Resultado encontrado pela otimização do Software Lingo em interface com MS Excel 2013 “Quadro de Horários de Domingo com 16 faxineiras”.

Quadro de Horários de Domingo com 16 faxineiras																
QUADRO DE HORARIOS	6 h- 7H	7h- 8h	8h- 9h	9h-10h	10-11h	11h-12h	12h-13h	13h-14h	14h-15h	15h-16h	16h-17h	17h-18h	18h-19h	19h-20h	20h-21h	21h-22h
Funcionária 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Funcionária 10	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Funcionária 11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Funcionária 12	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Funcionária 13	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Funcionária 14	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funcionária 15	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Funcionária 16	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autores, 2015.

De acordo com a Figura 4 pode-se constatar que foram escaladas 8 (oito) faxineiras para o domingo, conseguindo assim, que todos os horários atendam as restrições do problema, principalmente a restrição que determina o mínimo 4 (quatro) funcionárias durante os horários do expediente.

Portanto, o modelo gera a melhor solução, ou solução ótima, considerando as restrições encontradas no problema com um quadro de 16 (dezesesseis) funcionárias. No entanto, fica a cargo da gerência do supermercado a decisão da escolha da quantidade de funcionárias para o expediente do local. Pois é necessário que eles analisem a escolha de manter 3 (três) funcionárias para trabalharem no domingo, nos horários de 6h às 7:00 horas e 19h às 21:00 horas, ou contratarem mais duas funcionárias para atender a restrição de ter 4 (quatro) pessoas trabalhando em todos os horários que o supermercado esteja em funcionamento, solicitada pelo Departamento de Recursos Humanos.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta um modelo de programação linear inteira mista para resolver um desafio de programação de horários de turnos das faxineiras de um supermercado. O modelo proposto procura reduzir a variação de horas semanais trabalhadas de forma a atender às leis trabalhistas do setor bem como às restrições impostas pela empresa.

Os resultados encontrados mostram que o modelo desenvolvido é capaz de gerar uma solução para o problema de forma muito mais rápida e efetiva do que o modo como era realizado pelos funcionários responsáveis pela alocação das faxineiras anteriormente, de forma manual. Além disso, com o modelo foi possível verificar que uma das restrições impostas pela gerência do supermercado, de haver no mínimo 4 funcionários em cada horário de trabalho, é inviável de se atender com o número de funcionários que atualmente fazem parte do quadro da empresa.

Como trabalhos futuros desta pesquisa, pretende-se reformular o modelo de maneira a atender a confecção mensal dos horários, aplicar o modelo a outros quadros de funcionários da empresa e caso o modelo não seja mais capaz de resolver o problema devido à complexidade computacional desenvolver métodos heurísticos para a solução do problema.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) no financiamento deste projeto.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, Salwani. **Heuristic Approaches for University Timetabling Problems**. Thesis submitted to The University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy. The School of Computer Science and Information Technology. Malaysia, June, 2006.

BARBOZA, A. O. **Simulação e Técnicas da Computação Evolucionária Aplicadas a Problemas de Programação Linear Inteira Mista**. Dissertação de Doutorado, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BORGES, Suzan Kelly. **Resolução de Timetabling utilizando Algoritmos Genéticos e Evolução Cooperativa**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Informática, do Departamento de Informática, setor de ciências exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

GÓES, A. R. T. **Otimização na distribuição da carga horária de professores: Método exato, método heurístico, método misto e interface**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia-Programação Matemática, Setores de Tecnologia e de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MARINS, F. A. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011, p. 176.

MUSLIU, N. (2006) Heuristic Methods for Automatic Rotating Workforce Scheduling. *International Journal of Computational Intelligence Research*, n.2, p. 309-326.

POULSEN, C. J. B.; BUCCO, G. B.; BANDEIRA, D. L. **Uma Proposta de Programação Matemática Para o University Course Timetabling Problem**. In Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional XLVI. Salvador - Bahia, 2014, p. 979-990.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

PRINCÍPIOS DA QUALIDADE NO SISTEMA DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO – SGSST

Quality principles on Occupational Health and Safety Management System – OHSMS

LINARDY DE M. SOUSA ¹; PEDRO LUIZ DE O. COSTA NETO ²; THAÍS R. IBIAPINO ³; CARLA S. P. PORTELA ⁴; NAYGUEL RICHEL DE SOUZA LIMA ⁵

1 – CENTRO UNIVERSITÁRIO - UNINOVAFAPI ; 2 – UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP ; 3 –
FACULDADE SANTO AGOSTINHO - FSA ; 4 – UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP; 5 -
UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

*linardy_moura@hotmail.com; politeleia@uol.com.br; thais.ibiapina@hotmail.com;
carlaspportela@gmail.com; nygelrsl@gmail.com*

Resumo – A Saúde e Segurança do Trabalho está se desenvolvendo a cada dia, criando meios e programas para combater os acidentes do trabalho e melhorar a qualidade de vida dos colaboradores. Diante de uma infinidade de Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho, qual o mais eficaz? Porque o número de acidentes continua crescendo ao longo dos anos? Dentre as possíveis causas seriam falhas no planejamento, estrutura e na gestão dos SGSST. O presente trabalho objetiva uma avaliação dos SGSST através dos princípios da qualidade estabelecidos por Deming. Para tanto, foi realizada uma revisão da literatura sobre o assunto- tema, com o intuito de identificar as falhas para a ineficiência dos SGSST. Os resultados encontrados reforçam evidências de divergências entre os princípios e o sistema em análise, o que se conclui é que as falhas provenientes para a ocorrência dos altos índices de acidentes nas empresas estão ligadas diretamente a mal estruturação dos SGSST de acordo com o princípio da qualidade analisado.

Palavras-chave: Acidentes do Trabalho. Princípios de Demin. Segurança do Trabalho.

Abstract - The occupational health and safety is developing every day, creating tactics and programs to combat workplace accidents and improve the life quality of employees. Faced with a great number of occupational health and safety management system, which one is the most effective? Why the number of accidents keeps growing over the years? Among the possible causes would be failures in the planning, structure and management of OHSMS. This work aims an evaluation of the OHSMS through quality principles established by Deming. Therefore, a literature review was conducted about the subject in order to identify gaps to the inefficiency of OHSMS. The results reinforce evidence of differences between the principles and the system in analysis, which concluded that the failures from the occurrence of high rates of accidents in companies is linked directly to the poor structure according to the quality principle of OHSMS analysed.

Keywords: workplace accidents, principles Demin, workplace safety.

I. INTRODUÇÃO

Diante do grande avanço tecnológico e do aumento do número de empregados, as empresas precisam gerenciar e planejar toda a qualidade de vida do empregado, desde a extração da matéria prima até o produto final. A saúde e o trabalho estão permeados pelas grandes transformações societárias e suas contradições contemporâneas, relacionadas fundamentalmente aos processos de gestão e organização do trabalho, viabilizados em especial pelas novas tecnologias, impactando na saúde dos trabalhadores (MENDES; WUNSCH, 2007).

Neste sentido as empresas criam programas de gerenciamento para garantir a integridade dos colaboradores, os Sistemas de Gestão em Saúde e Segurança do Trabalho. Estes baseados em parâmetros nacionais e internacionais, de experiências vividas por empresas do mesmo setor ou atividade exercida. O que se observou com o passar dos anos que a quantidade de programas de SGSST aumentou. Essa medida por um lado seria boa, pois tem como significado que as empresas estão preocupadas com os empregados, no entanto, o que se percebe é somente em prol da certificação, podemos constatar essa afirmação através da quantidade de acidentes do trabalho. Porque a quantidade de acidentes de trabalho continua aumentando consideravelmente, já que contamos com uma enorme quantidade de SGSST? Existem falhas no SGSST ou na implantação desses Sistemas?

A pesquisa parte do princípio de que a busca de se contar com um SGSST eficaz é diretamente incorporada ao Sistema de Gestão de Qualidade – SGQ da empresa, dentro da ideia de se possuir no Sistema Integrado de Gestão, conforme amplamente discutido em Ribeiro Neto, Tavares, Hoffmann (2013). Sendo assim, busca-se identificar as relações de interdependência existentes entre princípios de qualidade e recomendações válidas para o SGSST. O objetivo do presente trabalho, portanto, além de oferecer uma visão geral sobre questões ligadas à qualidade e à Saúde e Segurança do Trabalho - SST, é indicar os relacionamentos claramente presentes nas recomendações

referentes a esses campos afins e aqueles que merecem ser evidenciados para efeito de sua melhor implementação na realidade prática.

Tal estudo se justifica pela necessidade de uma avaliação dos sistemas e assim analisar seu conteúdo, se de fato, estão favorecendo diretamente a redução de acidentes do trabalho, com medidas preventivas e não proativas. A busca das empresas por resultados cada vez mais eficientes sem a consequência de prejuízo (acidentes), leva as organizações a requererem sistemas cada vez mais eficientes, que proporcionem uma performance cada vez mais altas.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Gestões da Qualidade

Definir qualidade nem sempre é tarefa fácil. É um termo extremamente dinâmico, tanto em conteúdo como, principalmente de alcance. Não é exclusivo, mas uma palavra de domínio público (PALADINI, 2012).

Diante os inúmeros significados e interpretações, seguimos com uma das definições citadas por Paladini (2012): Qualidade é a capacidade que um produto ou serviço tenha de sair conforme seu projeto.

Para American Society for Quality (2007), é um termo subjetivo para o qual cada pessoa ou setor tem sua própria definição. Em termos técnicos, qualidade pode ter dois significados: (1) as características de um produto ou serviço que suportam sua habilidade de satisfazer às necessidades estabelecidas ou implícitas; (2) um serviço ou produto livre de defeitos.

Costa Neto, Canuto (2010) relata as dimensões propostas por Garvin, entendidas como aspecto que se somam para determinar o verdadeiro grau de qualidade de um produto ou serviço:

- a. **Desempenho:** Referente à correta realização das atividades principais para as quais o produto foi concebido.
- b. **Complementos:** Referente a itens que se agregam à realização das principais funções, contribuindo para melhorar o desempenho.
- c. **Confiabilidade:** Referente à segurança no uso, ausência de risco e não ocorrência de falhas.
- d. **Conformidade:** Diz respeito ao cumprimento das especificações do projeto.
- e. **Durabilidade:** Relacionada com a vida útil do produto.
- f. **Assistência técnica:** Referente ao apoio pós-venda e às facilidades para manutenção em caso de falhas.
- g. **Estética:** Referente à boa aparência, ao bom gosto e às sensações agradáveis proporcionadas pelo produto.
- h. **Qualidade percebida:** Dimensão subjetiva, relacionada à opinião de cada cliente, influenciada por aspectos específicos do produto.

Gerir qualidade significa garantir que produtos e serviços sejam adequados ao uso a que se destinam, é uma área técnica da organização (PALADINI, 2012).

O objetivo do sistema de gestão da qualidade (SGQ) prescrito pela ISO 9001: 2008 passou a ser a satisfação do cliente e não mais o simples atendimento de requisitos

previamente solicitados. Foram incluídos elementos importantes já existentes nos modelos de qualidade total, como abordagem do processo, o foco no cliente, a melhoria contínua e a necessidade de medir a satisfação do cliente, (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2013).

Os autores anteriores comentam que a ISO 9001 é uma norma de processo e não de produto. Certamente que os processos afetam o produto final e que um SGQ eficaz gerará produtos que satisfaçam seus clientes.

Segundo Carvalho, *et al.* (2006) o desafio que a qualidade pretende encarar, em termos simples e objetivos, é estabelecer um diferencial competitivo, oferecendo contribuições operacionais que não podem ser desprezadas: redução de defeitos, redução de custos, redução de retrabalho, aumento da produtividade. Existem, também, as contribuições táticas relevantes: pessoas mais preparadas para tomar decisões gerenciais para o funcionamento da empresa e etc.

Paladini (2012) cita uma enorme lista de ambientes de atuação da Gestão da Qualidade, na qual enfatizamos:

- Vocação para um processo gerencial, incorporando ferramentas abrangentes, que envolvam a filosofia da organização e a melhoria contínua de todos os seus procedimentos, em quaisquer dos seus setores ou de suas divisões.
- A gestão da qualidade tende a atuar em várias direções, simultaneamente, em um processo que visa à administração da organização como um todo.
- Ações administrativas criando ferramentas através de análises de processos na qual, a meta da ferramenta em si, é um diagnóstico de parte do processo para gerar uma ação efetiva, para eliminar um efeito ou para garantir sua consolidação. Ou seja, gerencia-lo.

Para Paladini (2012), as falhas da Gestão da Qualidade permitem concluir que sua implantação exige:

- Participação da alta administração
- Adoção do conceito correto de qualidade
- Atenção aos clientes
- Igual envolvimento de todos
- Recursos para produzir qualidade
- Continuidade do programa
- Programas efetivos de reconhecimento dos esforços
- Aplicabilidade do programa
- Eliminação de incoerências
- Descentralização de ações
- Atribuição de papéis e funções compatíveis como perfil de cada funcionário etc.

Diante das inúmeras teorias e contribuições teóricas usadas nas intervenções de empresas, podemos destacar alguns pesquisadores importantes, considerados segundo Carvalho, *et al.* (2006) de Gurus da Qualidade:

- a. W. Edwards Deming
Deming percorreu várias eras da qualidade compartilhou o interesse pelas ferramentas

estatísticas aplicadas ao controle do processo e pelo método de análise e solução de problemas por meio do ciclo PDCA. Era considerado como o pai do controle de qualidade no Japão e seu nome tornou-se o Prêmio Japonês da Qualidade – Deming Prize. São muitas as contribuições de Deming para a área da qualidade, mas seus 14 pontos têm sido diretrizes enfatizadas na Gestão da Qualidade, na qual buscou sintetizar sua experiência no Japão, como preleção para a mudança organizacional necessária, com ênfase na liderança e na participação de todos na organização. Os 14 princípios de Deming:

1º princípio: Crie constância de propósitos para a melhoria do produto e do serviço, objetivando tornar-se competitivo e manter-se em atividade, bem como criar emprego;

2º princípio: Adote a nova filosofia. Estamos numa nova era econômica. A administração ocidental deve acordar para o desafio, conscientizar-se de suas responsabilidades e assumir a liderança no processo de transformação;

3º princípio: Deixe de depender da inspeção para atingir a qualidade. Elimine a necessidade de inspeção em massa, introduzindo a qualidade no produto desde seu primeiro estágio;

4º princípio: Cesse a prática de aprovar orçamentos com base no preço. Ao invés disto, minimize o custo total. Desenvolva um único fornecedor para cada item, num relacionamento de longo prazo fundamentado na lealdade e na confiança;

5º princípio: Melhore constantemente o sistema de produção e de prestação de serviços, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir de forma sistemática os custos;

6º princípio: Institua treinamento no local de trabalho;

7º princípio: Institua liderança. O objetivo da chefia deve ser o de ajudar as pessoas e as máquinas e dispositivos a executarem um trabalho melhor. A chefia administrativa está necessitando de uma revisão geral, tanto quanto a chefia dos trabalhadores de produção;

8º princípio: Elimine o medo, de tal forma que todos trabalhem de modo eficaz para a empresa;

9º princípio: Elimine as barreiras entre os departamentos. As pessoas engajadas em pesquisas, projetos, vendas e produção devem trabalhar em equipe, de modo a prevenir problemas de produção e de utilização do produto ou serviço;

10º princípio: Elimine lemas, exortações e metas para a mão-de-obra que exijam nível zero de falhas e estabeleçam novos níveis produtividade. Tais exortações apenas geram inimizades, visto que o grosso das causas da baixa qualidade e da baixa produtividade encontra-se no sistema, estando, portanto, fora do alcance dos trabalhadores;

11º princípio: Elimine padrões de trabalho (quotas) na linha de produção. Substitua-os pela liderança; elimine o processo de administração por objetivos. Elimine o processo de administração por cifras, por objetivos numéricos. Substitua-os pela administração por processos através do exemplo de líderes;

12º princípio: Remova as barreiras que privam o operário horista de seu direito de orgulhar-se de seu desempenho. A responsabilidade dos chefes deve ser mudada de números absolutos para a qualidade; remova as barreiras que privam

as pessoas da administração e da engenharia de seu direito de orgulharem-se de seu desempenho. Isto significa a abolição da avaliação anual de desempenho ou de mérito, bem como da administração por objetivos.

13º princípio: Institua um forte programa de educação e auto-aprimoramento.

14º princípio: Engaje todos da empresa no processo de realizar a transformação. A transformação é da competência de todo mundo.

b. Armand Feigenbaum

O primeiro teórico a registrar a ideia de que a qualidade se consegue não pelo esforço isolado de um departamento específico, mas pela participação de todos na organização. Surgiram assim os conceitos de Controle Total da Qualidade e Gestão da Qualidade Total, este mais adequado para enfatizar que a qualidade faz parte do processo de gestão (Costa Neto, 2007).

O mesmo teórico, é responsável pela mudança do enfoque corretivo para o enfoque preventivo. Esta importante mudança de enfoque ficou conhecida como a base do Controle Total da Qualidade (FEIGENBAUM, 1994).

Sobre o Sistema de Controle Total, para que este seja efetivo, é preciso observar todo o ciclo produtivo, que começa e termina no cliente, para obter produtos e serviços mais econômicos, mas que levem em conta a satisfação total do cliente (CARVALHO, *et.al.*, 2006).

Segundo o mesmo autor, menciona que a Gestão da Qualidade Total pode gerar algumas dificuldades ou desvantagens:

- Gera aumento de trabalho da administração superior;
- Determina a possibilidade de gerar conflitos nos vários níveis organizacionais;
- Não garante resultados imediatos;
- Utiliza uma abordagem que, se otimiza a ação de setores da empresa, não otimiza o funcionamento da empresa em sua totalidade.

Para tanto essas desvantagens podem ser sanadas com um planejamento, aplicação e atualização dos processos na empresa.

A meta primordial da gestão da qualidade é a otimização do todo, tornado os setores interativos apresentando como principal objetivo a satisfação do cliente.

2.2 – Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho.

De acordo com Araújo (2008, p. 43), o sistema de gestão de SST pode ser visto como sendo uma combinação de planejamento, revisão, gerenciamento de planos organizacionais, planos de consultoria e elementos de um programa específico que trabalham integrados, a fim de melhorar o desempenho da saúde e segurança no trabalho.

Segundo a norma OHSAS 18001, Sistema de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho – SGSST é aquela parte do sistema de gestão global que facilita o gerenciamento dos riscos de SST associados aos negócios da organização. Isto inclui a estrutura organizacional, as atividades de planejamento, as responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política de SST da

organização. Para entender a evolução dos SGSST fez-se um breve histórico descrito na tabela 1, com as principais normas de segurança do trabalho.

Tabela 1 – Breve histórico dos Modelos para o Gerenciamento da SGSST

Data	Fato ocorrido
Maio / 1996	É publicada a BS 8800, que é um guia de orientações para a implantação de um SGSST, pelo BSI – British Standard Institution, organismo de certificação inglês.
Setembro / 1996	ISO não aprova a criação de um grupo de trabalho para uma norma de gerenciamento SGSST.
Novembro/ 1998	BSI Standards constitui um comitê, composto pelos maiores organismos de certificação e por alguns organismos nacionais de normatização, para esboçar uma norma unificada para SGSST.
Início de 1999	ISO ratifica sua decisão de setembro/96
Fevereiro / 1999	Publicado “draft” OHSAS 18001
Abril / 1999	Publicada a OHSAS 18001. Publicado “draft” OHSAS 18002

Fonte: GODINI e VALVERDE, 2001.

Como continuidade ao Histórico dos sistemas de gestão SST, podemos acrescentar a publicação em 2000 da OHSAS 18002 – Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no trabalho. Diretrizes para a Implementação da OHSAS 18001. No entanto, a OHSAS não foi, até o momento, publicada no Brasil pela ABNT como norma nacional (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2013).

O que permaneceu no Brasil foram somente as Normas Regulamentadoras, contudo, conforme Godini e Valverde (2001), a realidade era demonstrada por uma tímida atitude prevencionista, iniciada pelos primeiros profissionais de saúde e segurança ocupacional e um comportamento punitivo e policialesco por parte dos órgãos fiscalizadores governamentais.

A norma ABNT NBR 18001/2010 define sistema de gestão como sendo “uma estrutura organizacional com definições de responsabilidades técnicas e administrativas para desenvolver e implementar sua política de SST e para gerenciar seus riscos por meio de técnicas e das melhores práticas disponíveis de SST”. Para tanto, esta perdurou somente até 14/10/2014, sem prazo estabelecido para substituição.

Em 2013, a ISO criou o comitê ISO/ PC 283, Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements, dando início à criação de uma norma internacional para Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho, que deverá substituir a OHSAS 18001 : 2007, sendo sua publicação prevista para 2016 a ISO 45001 : 2016. (RIBEIRO NETO; TAVARES, HOFFMANN,2013).

Conclui-se o histórico dos SGSST com a ISO 45001 :2016, na qual, segundo Sousa et. Al.(2016), é um sistema complementar aos demais, no entanto, apresenta como relevância a facilidade de relacionar com os demais sistemas da ISO (sistemas integrados), além de o Brasil ser favorável incorporando-o assim como sistema nacional para certificação, o que facilita a padronização de processos voltados para a saúde e segurança do trabalhador. Na figura

1 estão representados os requisitos para a melhoria contínua dos SGSST, para garantia de prevenção e redução de acidentes do trabalho.

Figura 1 – Elementos de um SGSST – Sistema de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho



Fonte: BSI, 1999b

Na figura 1 observou-se os elementos constituintes de um SGSST determinados pela BSI, 1999, na qual cada elemento tem seus requisitos, apresentado por Costa Neto, Canuto (2010):

- Política da SSO;
- Planejamento: Planejamento para identificação do perigo e avaliação e controle de risco, requisitos legais e outros, objetivos, programas de gestão de segurança e saúde ocupacional;
- Implementação e Operação: estrutura e responsabilidades, treinamento, conscientização e competência, consulta e comunicação, documentação, controle de documentos e dados, controle operacional, preparação e atendimento de emergência;
- Verificação e ação corretiva: monitoramento e medição do desempenho, acidentes, incidentes, não-conformidades e ações corretivas e preventivas;
- Revisão gerencial (Análise crítica pela administração);

A seguir foram listados alguns componentes do SGSST de acordo com Ribeiro Neto; Tavares, Hoffmann (2013):

- Identificar os perigos e avaliar os riscos do SST;
- Identificar a legislação aplicável;
- Definir a política de SST, objetivos e metas;
- Definir e Implementar programas;
- Identificar processos e controles necessários ao SGSST;
- Sistematizar processos;
- Identificar e prover os recursos necessários;
- Executar processos conforme especificado;
- Monitorar, medir e analisar resultados, incluindo atendimento legal;
- Melhorar continuamente o sistema.

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção tem como objetivo descrever os métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre Sistemas de Gestão de SST e Gestão da qualidade.

Segundo Lakatos e Marconi (2007), a pesquisa sempre parte de um tipo de problema, de uma interrogação. Partindo deste conceito proposto pelas autoras, buscou-se com esta pesquisa avaliar os SGSST a partir de critérios ou requisitos já usados nos sistemas de qualidade.

De acordo com Gil (1989), uma pesquisa, como toda atividade racional e sistemática, tem por objetivo proporcionar soluções aos problemas encontrados, e por isso é necessária quando não se dispõe de informações suficientes para se responder ao problema.

Para atingir o objetivo pretendido neste trabalho, é feito um cotejo entre os 14 princípios da qualidade enunciados por Deming e os preceitos de um SGSST- norma OHSAS 18001. Nessa comparação, considera-se o espírito das ideias de Deming voltadas à qualidade em geral como aplicáveis às recomendações validas para a SST.

IV. ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RESULTADO

No presente trabalho foram divididos e relacionados os princípios da qualidade em quatro partes: os contemplados pelo SGSST, Princípios de Deming devidamente adaptados à problemática de SST, os que não se aplicam e Princípio de Deming que deve ser invertido no SST, para melhor desempenho dos SGSST, evitando assim possíveis falhas, incidentes e acidentes.

- Princípios de Deming contemplados na norma OHSAS 18001:

- 5º (melhoria contínua). Este princípio está contemplado no item 4.4.1 – b: Garantir a busca da melhoria contínua, esta não se aplica diretamente nos SGSST, uma vez o planejamento executado, este perdura por muitos anos, sem atualização, acarretando estagnação de processos e serviços do ciclo PDCA. O sistema muda a gestão muda, e o planejamento permanece, acarretando falhas e prejuízos, acidentes.

- 6º (treinamento) e 13º (educação e auto-aprimoramento). Estes princípios estão contemplados no item 4.4.2 Treinamento, conscientização e competência. Os treinamentos de colaboradores, atualização de processos e atividades e etc. este item se encaixa no componente de implementação do ciclo PDCA presente no SGSST. As pessoas é parte mais importante das empresas, portanto elas devem ser estimuladas ao estudo, atualização e aperfeiçoamento. Foi observado que existem falhas nesse item, existem treinamentos, porém, poucos colaboradores são beneficiados e até mesmo não existe atualização dos mesmos.

- 7º (liderança) Este princípio está indiretamente contemplado no item 4.3.4 – a: A organização deve estabelecer e manter programa (s) de gestão de SST para atingir seus objetivos. Esse (s) programa (s) deve (m) incluir documentação definindo.

- a. A autoridade e responsabilidade de cada função para a obtenção dos objetivos estabelecidos.

- Princípios de Deming que, devidamente adaptados à problemática de SST, poderiam constituir exigência da respectiva norma:

- 1º (constância de propósito)
- 2º (acordar para o desafio)
- 4º (orçamentos): não se basear em preço, mas na segurança oferecida pelas instalações.
- 8º (eliminação do medo): aqui o medo chega a ser no sentido físico, além de psicológico.
- 9º (eliminação de barreiras)
- 12º (remoção de barreiras)
- 14º (engajamento de todos): princípio enunciado por Feigerbaun na busca da Qualidade (e de Segurança) Total

- Princípios de Deming que não se aplicam à SST:

– 3º (eliminar dependência de inspeção): é típico da produção. A inspeção regular dos pontos críticos para a SST deve ser incentivada.

– 11º (eliminar padrões de trabalho)

Princípio de Deming que deve ser invertido no SST

– 10º (eliminação de lemas e metas): a meta zero acidentes e o registro dos resultados da política de SST devem ser reconhecidos.

Estes resultados não devem ser interpretados como uma crítica à norma OHSAS 18001, que foi elaborada e atualizada por competentes especialistas ligados ao campo da SST. No entanto, eles reforçam a evidência de que certamente existe uma assinalável interseção de interesses positivos entre os dois campos do conhecimento envolvidos na análise. Compete aos bons administradores compreenderem esta realidade e dela se valerem para melhor conduzir os seus empreendimentos como um todo.

Quanto ao princípio estabelecido por Armand Feigenbaum este esta inserido dentro do ciclo PDCA - Planejamento para identificação do perigo através de práticas preventivas e não corretivas.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar uma interseção existente entre princípios da qualidade e recomendações para a SST. Como seria de se esperar, comprovou-se uma razoável concordância entre essas visões, mas há pontos passíveis de discussão e até mesmo de oposição.

Análise semelhante poderia ser feita invocando outros autores, como também outras normas, como aquelas referentes à gestão ambiental e à responsabilidade social. De uma maneira geral, deve-se esperar uma convergência entre elas, por todas serem voltadas a uma mesma finalidade de melhoria das condições de funcionamento das empresas e organizações em geral, porém vários aspectos interessantes merecedores de discussão devem aparecer ao se realizar uma análise dessa natureza.

Objetivou-se com esta pesquisa identificar através dos princípios de Deming e Feigenbaum, a qualidade dos SGSST. Foi observado que dos 14 princípios analisados, muitos são falhos nos componentes do sistema. O que se conclui que os sistemas não apresentam a qualidade necessária para a gestão de processos com eficiência.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, Quality Glossary (Milwaukee : Quality Progress, 2007).

ARAUJO, Giovanni Moraes de. **Sistema de Gestão de Segurança OHSAS 18.001**. 2. ed. Rio de Janeiro: GVC, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 18801**: Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho: requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

BSI, 1999 b, **OHSAS 18002 – Sistemas de Gestão de Saúde Ocupacional e Segurança – Diretrizes para a implementação da especificação OHSAS 18001**, Reino Unido.

CARVALHO, Marly Monteiro, et al. **Gestão da Qualidade : Teoria e Casos** – Rio de Janeiro : Elsevier, 2006.

COSTA NETO, P.L. **Qualidade e Competência nas Decisões** – 1ª ed. – São Paulo : Blucher, 2007.

COSTA NETO, P. L. Canuto, S.A. **Administração com qualidade: conhecimentos necessários para a gestão moderna-** São Paulo : Blucher, 2010.

FEIGENBAUM, A.V. **Controle da Qualidade**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Makron Books, 1994.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1989.

GODINI, Maria Dorotea de Queiroz; VALVERDE, Selene, 2001. **Gestão Integrada de Qualidade, Segurança & Saúde Ocupacional e Meio Ambiente**, Bureau Veritas Brasil, São Paulo.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática** – 3. Ed. – São Paulo: Atlas, 2012.

MENDES, J. M. R.; WUNSCH, D.S. Elementos para uma nova cultura em segurança e saúde no trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 32 (115), p. 153-163, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0303-76572007000100014>.

RIBEIRO NETO.J. B.;TAVARES, J.C.; HOFFMANN, S.C. **Sistemas de Gestão Integrados : Qualidade, meio ambiente, Responsabilidade Social, Segurança e saúde no Trabalho** – 4ª ed. Ver. – São Paulo: Editora Senac. São Paulo,2013.

SOUSA, Linardy Moura. et. al. **CONCEPÇÕES DA NOVA NORMA DE SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL - ISO 45001 : 2016**. In: XII Encontro Mineiro de Engenharia de Produção – EMEPRO. Juiz de Fora, MG, 2016.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE *COMAKERSHIP*: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DO PERÍODO DE 1987 ATÉ 2016

SCIENTIFIC PRODUCTION ON COMAKERSHIP: PERIOD BIBLIOMETRIC STUDY 1987 TO 2016

PAULO HENRIQUE DOS SANTOS¹; DRA. SOLANGE DA SILVA²; NILSON CARVALHO DA MATA³;
MS. SIMONE MARIA MOURA MESQUITA⁴

1 – MESTRANDO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; 2 – PROFESSORA E VICE COORDENADORA DO PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; 3 – MESTRANDO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS; 4 – MESTRA EM ECOLOGIA E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL. DOCENTE DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS - CÂMPUS ANÁPOLIS.

paulohsantos50@gmail.com; solansilva.ucg@gmail.com; nilson.carvalhodamata@gmail.com; sihoedu@yahoo.com.br

Resumo – O *Comakership* é uma estratégia que se baseia nos princípios da cooperação entre o fornecedor e cliente. O objetivo principal deste artigo é apresentar o quadro da pesquisa em *Comakership* disponibilizada à comunidade acadêmica e à própria sociedade, quanto aos seguintes elementos: quantidade de publicações, local, ano de publicação e formas de abordagem no relacionamento (inovação, negociação, qualidade e flexibilidade). Categorizaram-se as publicações e realizou uma análise bibliométrica. Tais procedimentos de obtenção e análise dos dados insere este estudo na abordagem de pesquisa quantitativa, natureza descritiva. A forma de abordagem no relacionamento *Comakership* com maior menção é o princípio da qualidade.

Palavras-chave: *Comakership*. Cliente. Fornecedor. Cooperação.

Abstract - *Comakership* is a strategy that is based on the principles of co-operation between supplier and customer. The main objective of this article is to present the framework of the research in *Comakership* available to the academic community and to the society itself, regarding the following elements: number of publications, place, year of publication and ways of approach in the relationship (innovation, negotiation, quality and flexibility). The publications were categorized and performed a bibliometric analysis. Such procedures of obtaining and analyzing the data insert this study in the approach of quantitative research, descriptive nature. The way to approach in the *Comakership* relationship with greater mention is the principle of quality.

Keywords: *Comakership*. Client. Provider. Cooperation.

I. INTRODUÇÃO

A instabilidade e a volatilidade inerentes à complexidade do sistema global têm conduzido os administradores das organizações pela busca de alternativas gerenciais capazes de melhorar o relacionamento com seus parceiros, principalmente fornecedores, visando alcançar

ganhos simultâneos e melhorias na qualidade dos produtos e serviços. Para Kapisch (2015) uma estratégia de gestão com potencial de estabelecer parcerias entre cliente-fornecedor a fim de melhorar o relacionamento de ambos para adquirir, sobretudo, vantagem competitiva é o *Comakership*.

Nos últimos anos, grandes empresas têm gasto significantes recursos para desenvolver programas de parceria com fornecedores. A Philips fez investimentos no *Comakership*, na década de 80, cujo objetivo era a construção de relacionamentos de longo prazo com um número limitado de fornecedores com base na confiança mútua (KUMARA, 2015). Desde então, a Philips utiliza os benefícios do *Comakership* para se tornar competitiva em seus mercados, tomando como base a existência de objetivos-chave comuns entre a organização e seus fornecedores, tais como: rentabilidade e quotas de mercado. O princípio norteador fundamental é que cada parte pode ganhar mais benefícios por cooperação do que prosseguir um auto interesse a qualquer custo (BEVAN, 1987).

O *Comakership* possui como elemento central a cooperação entre fornecedor e comprador. Seu conceito, do ponto de vista legal, originou-se no Japão cuja sociedade valoriza a cultura da cooperação e do consenso. Os gestores ou responsáveis pelas organizações japonesas raramente processam judicialmente uns aos outros. Eles fazem negócios na base da confiança, sem necessidade de contrato (SMITH, 1990).

Para Albino e Berardi (2012), o *Comakership* é uma intensa relação integral mutuamente baseada na abertura e confiança. Os níveis de cooperação no relacionamento com os fornecedores é a mais poderosa estratégia, porque incentiva uma abordagem conjunta para os problemas.

Em estudos com montadoras de automóveis no Reino Unido, Bevan (1989) constatou que a adoção do

Comakership traz os seguintes benefícios: prazos de entrega mais curtos, promessas de entrega confiáveis, menos cronograma de interrupção, níveis de estoque mais baixos, intervenção mais rápida das alterações de projeto, menos problemas de qualidade, preços competitivos mais estáveis, maior prioridade dada a pedidos. No entanto, adverte o autor que a introdução com sucesso do *Comakership* não é uma prática fácil.

Do ponto de vista de Smith (1990), o *Comakership* é uma filosofia japonesa que pode ser aplicada em qualquer organização do mundo, produzindo uma filosofia estratégica em que tudo de melhor é somado entre as partes, objetivando alcançar comprometimento com o trabalho em equipe, com a qualidade condicionada a flexibilidade e respeito.

São evidentes os benefícios adquiridos com a adoção da estratégia *Comakership*. Neste sentido, considerando sua importância em contribuir com inovações, melhoria na qualidade dos produtos e serviços, negociações e flexibilização, decidiu-se fazer este estudo norteado pela seguinte pergunta problema: qual o panorama das pesquisas em *Comakership* publicadas, nos últimos 29 anos (1987 a 2016), no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/Ministério da Educação (MEC), na *Scientific Electronic Library Online (SciELO)* e no *Google Acadêmico*?

Assim, o objetivo principal deste artigo é apresentar o quadro da pesquisa em *Comakership* disponibilizada à comunidade acadêmica e à própria sociedade, no período de 29 anos (1987 a 2016), quanto aos seguintes aspectos: quantidade de publicações, ano e local de publicação e abordagens (inovação, negociação, qualidade e flexibilidade).

Após a leitura dos 9 primeiros artigos publicados entre 1987 à 1993, com o tema central *Comakership*, notou-se que os autores Bevan (1987), Bevan (1989), Offringa (1988), Smith (1990), Smith (1990)², Van Geenhuizen, Nijkamp e Townroe (1992), Harrison (1990), Konijnendijk e Wijngaard (1991) e Flood e Isaac (1993) em suas publicações cujo o tema central é o *Comakership*, tratam com relevância e de forma frequente, as quatro formas de abordagem no relacionamento *Comakership*, são elas: Inovação, Negociação, Qualidade e Flexibilidade.

A escolha por estas bases de dados justifica-se pelo alcance que elas permitem às publicações de várias modalidades disponibilizadas em contexto global. O intervalo de tempo inicial, 1987, foi escolhido em virtude das publicações sobre o *Comakership* ficarem disponíveis a todos neste ano.

O *Comakership* é um termo que tem sido abordado em pesquisas há mais de três décadas, entretanto e apesar de continuar sendo objeto de estudos recentes, não foi encontrado até o presente momento um estudo bibliométrico abordando as quatro formas (inovação, negociação, qualidade, flexibilidade) de abordagem no relacionamento *Comakership*. Isso confere originalidade a este estudo.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada uma descrição de várias abordagens sobre o *Comakership* fazendo uma ligação com os aspectos de inovação, negociação, qualidade e flexibilidade. A seção 3 traz uma análise e discussão dos resultados nos aspectos:

quantidade de publicações, autor, ano e local de publicação e abordagens. Na seção 4 são mostrados os métodos adotados. Finalmente, a seção 5 traz as considerações finais.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Por muito tempo, os fornecedores eram considerados adversários das organizações compradoras. No entanto, nos últimos anos, o cenário competitivo provocou mudanças nas formas de abordagem no relacionamento fornecedor-cliente. A parceria emerge baseada pela confiança e cooperação com objetivos comuns, sobretudo obter ganhos. Algumas formas de abordagens nas relações *Comakership* que se destacam, são: inovação, negociações a custos menores, melhoria na qualidade dos produtos e serviços e aumento do desempenho via flexibilidade, como descrito a seguir.

2.1 – *Comakership* abordado como inovação

A inovação no *Comakership* está ligada a gestão da força de trabalho e ao projeto organizacional, podendo ser chamado de inovação organizacional e de relacionamento entre fornecedores (DANKBAAR, 1996).

Segundo Camilleri *et al.* (2014), o *Comakership* pode ser utilizado para criação de redes de fornecedores, com o objetivo comum: inovar. Para Burchert, Hoeve e Kämäräinen (2014), em projetos paralelos o conceito de inovação prevê arranjos interinstitucionais de trabalho e atividades de aprendizagem no assim chamado ambiente de aprendizagem híbrida. Aplica-se o *Comakership* entre escola e parceiros de negócios regionais a fim de obter mais inovação em seus currículos.

2.2 – *Comakership* envolvendo a negociação

Como já citado, Bevan (1987) tem um tratamento de negociação orientado pelo ponto de vista do *Comakership*. Apresenta os relacionamentos se tornando de longo prazo, compradores e vendedores aprendem mais sobre o negócio um do outro e assim a natureza da negociação passa por uma mudança fundamental, no qual o preço se torna uma questão aberta, detalhando objetivos em comum continuamente, visando reduzir elementos de custo dentro do preço.

Diferentes relações entre uma empresa e seus fornecedores têm sido reconhecidas na literatura, abrangendo desde a negociação avançada até a negociação básica. O *Comakership* pode se tratar também de uma parceria entre diferentes relações comerciais tradicionais e a gestão da cadeia de abastecimento em termos de informação partilhada, coordenação, planejamento conjunto e quantidade de risco compartilhado entre a empresa e seus fornecedores (ALBINO; BERARDI, 2012).

Segundo Sebastian (2013), na negociação o *Comakership* é considerado muito importante, especialmente por permitir que as partes consigam preços mais baixos de componentes, serviços em escala, volume e um alcance de maior quantidade de projetos.

De acordo com Konijnendijk e Wijngaard (1991), na negociação em um relacionamento *Comakership*, existe um risco para o fornecedor, pois o mesmo perde algumas ferramentas comerciais ao vender para o parceiro *Comakership*. De um ponto de vista financeiro, pode ser mostrado, que sob certas condições, há pouca chance de um fornecedor ganhar lucros elevados, devido aos cálculos abertos. Resumindo, os lucros do fornecedor são regulados na negociação *Comakership*.

2.3 – *Comakership sob uma visão da qualidade*

No *Comakership*, qualidade pode se iniciar na fase de concepção do produto. Há um trabalho do cliente e fornecedor em conjunto para melhorar a qualidade e, por vezes, acordado entre eles as normas utilizadas no controle de qualidade, o que implica um elevado nível de cooperação por ambas as partes nas fases de concepção, desenvolvimento e produção (LEAL, 2015).

A fabricação de equipamentos originais de grandes indústrias pode ser acompanhada pelo relacionamento *Comakership* tendo como objetivos de qualidade: os bens adequadamente entregues, entregas no tempo correto em quantidades exatas (HARRISON, 1990).

Segundo Merli (2015), o *Comakership* é fundamental para uma empresa diminuir seus custos sem perder a qualidade. Adverte Bevan (1989) que em uma tratativa estratégica deve-se definir o tipo de fornecedor que pode atender melhor os objetivos estratégicos e desenvolver estratégias de *sourcing* para as famílias de produtos.

2.4 – *Comakership por uma abordagem de flexibilidade*

Utilizando o *Comakership* como base de relacionamento entre cliente-fornecedor, se alcança uma flexibilização nas reprogramações, pois o processo estará integrado entre ambos, aumentado à velocidade das informações e a fidelidade dos dados (BORK, 2014).

Segundo Smith (1990), a filosofia *Comakership* deve estar clara para todos os funcionários envolvidos, sendo a flexibilidade um dos precursores para o *Comakership*. A flexibilidade torna-se um dos fatores relevantes para selecionar pessoas para trabalharem em uma empresa com esta a filosofia.

De acordo com Konijnendijk e Wijngaard (1991), pela visão global de toda a cadeia de suprimentos, o *Comakership* pode levar mais flexibilidade para a organização, aumentando o desempenho da mesma em sua cadeia. É um dos critérios para que a organização implante esta filosofia seria a capacidade da mesma de ser flexível.

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento do estudo lançou-se mão dos seguintes procedimentos: inicialmente filtraram-se todas as produções em nível global sem filtro por período, publicadas nas línguas: Português, Espanhol, Italiano e Inglês, disponíveis nos portais: CAPES/MEC, *SciELO* e *Google Acadêmico*.

A técnica utilizada para a busca das produções científicas foi à digitação das palavras-chave: “*comakership*” e “*co-makership*”. Primeiramente, isto foi feito no Portal CAPES/MEC, sem filtro por período, foram encontrados 20 artigos sobre o tema, 45% destes tinham o *Comakership* como tema central da pesquisa, os outros 55% faziam menção sobre o tema, mas como discussão secundária ou de apoio.

Posteriormente, usando as mesmas palavras-chave no portal da *SciELO* e *Google Acadêmico*, foram encontradas 653 publicações constituídas de resumos, artigos, monografias, dissertações, teses, livros, textos técnicos e recursos textuais. Procedeu-se a leitura dos resumos ou partes interessantes que pudessem revelar associações ao tema *Comakership*. Identificou-se que 111 publicações presentes nestas plataformas abordavam essencialmente o relacionamento com fornecedores, deste montante escolheu-se 80, juntando com as 20 já selecionadas, encontradas na

plataforma da CAPES/MEC, somando assim 100 publicações. Todas as publicações foram colocadas em uma pasta de trabalho do *Windows* por ordem cronológica, lidas e identificadas os aspectos: inovação, negociação, qualidade e flexibilidade.

Por fim, fez-se a análise bibliométrica focando na: quantidade de publicações, ano e local de publicação e formas de abordagens no relacionamento *Comakership*: inovação, negociação, qualidade e flexibilidade.

De acordo com Junior *et al.* (2016), a bibliometria permite o uso da matemática e métodos estatísticos para publicações científicas. Definindo-a como o estudo dos aspectos quantitativos da produção, espargimento e uso da informação lançada. Isso coloca a bibliometria como um estudo quantitativo que tem como objetivo a identificação de aspectos comuns entre as publicações científicas.

Estudos métricos utilizam modos de classificação por assuntos gerais ou macro temas, quando analisados os temas de pesquisa de uma área. Conquanto, não haja conformidade quanto à terminologia neste tipo de pesquisa, a bibliometria temática concede a análise e expõe a produção científica de uma área do conhecimento, apresentando indicadores temáticos que possam qualificar a pesquisa mostrando pontos fortes e possibilidades de investigação para avanço de um campo (SANTOS, 2015).

Tais procedimentos de obtenção e análise dos dados insere este estudo na abordagem de pesquisa quantitativa, natureza descritiva.

IV. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados, analisados e discutidos os resultados referentes aos itens: ano de publicação das produções, formas de abordagem no relacionamento *Comakership* presentes nas obras e países em que foram publicadas as mesmas.

O autor referência, pioneiro na publicação sobre *Comakership* é Bevan (1987). Dois anos depois ele publicou mais uma obra e não deu sequência as pesquisas e novas publicações sobre o tema. Ele trouxe em sua primeira publicação um título que era uma pergunta, “O que é *Comakership*?”. O título pode sugerir que na época havia várias perguntas sobre porque esta estratégia estava dando tão certo nas relações entre clientes e fornecedores das empresas japonesas e porque que estavam alcançando ótimos resultados.

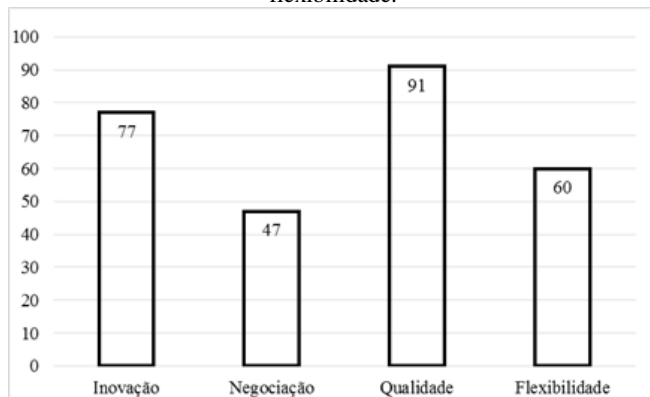
A pesquisa revela que o aspecto inovação ganhou notoriedade a partir do ano de 1992, com a publicação de Van Geenhuizen. Pelas várias obras publicadas a partir deste ano tratando do aspecto inovação, pode-se afirmar que houve a consolidação deste no *Comakership*.

Das onze obras disponíveis no período compreendido entre 2001 até 2005, somente duas tratam do aspecto negociação. Isto significa que houve uma desaceleração na adoção deste princípio no *Comakership*, pois ele não aparece na maioria das obras consultadas. Envolver o referido aspecto impacta em possíveis ganhos, principalmente por meio da redução de custos para fornecedor-cliente. Importante pontuar, que nos demais anos este aspecto emerge sempre nas produções.

O aspecto mais mencionado na literatura envolvendo o *Comakership* é a qualidade, conforme mostrado na Figura 1. De 100 publicações analisadas neste estudo, 91 contém alguma relação com a qualidade. Já a

negociação tem uma citação menor, com apenas 47 publicações que trazem alguma menção à inovação.

Figura 1 – Quantidade publicações sobre *Comakership* envolvendo os aspectos: inovação, negociação, qualidade e flexibilidade.



Fonte: Dados da pesquisa.

Esses dados demonstram que a qualidade é o aspecto mais citado (91%) nas relações *Comakership*. Demonstrando que ela é considerada o principal ganho dentre os demais, já que é a mais citada pelos autores. No relacionamento *Comakership* a qualidade deve ser uma preocupação dos dois lados, sendo discutidas questões envolvendo desde o fornecedor até o consumo no cliente, sem omitir fatores relevantes entre as partes.

A qualidade é um dos atributos mais valorizados pelos clientes e/ou consumidores e desperta para a repetição de compra e isso traz benefícios para os fornecedores na venda de suprimentos para abastecer indústrias que disponibilizam os produtos e/ou serviços ao mercado (HARRISON, 1990).

O aspecto inovação é a segunda forma (77%) de abordagem no relacionamento *Comakership* mais mencionada. O envolvimento ativo dos fornecedores em uma relação de parceria permite oportunidades de inovação a ser identificada através da exploração de força e experiência dos fornecedores, o que é particularmente útil em ambientes inovadores (ALBINO; BERARDI, 2012).

A flexibilidade aparece como a terceira forma (60%) de abordagem no relacionamento *Comakership*. Isto demonstra que a flexibilidade, segundo estudos de Smith (1990), aponta pontos importantes, tais como: considerar positivamente ideias de fornecedores, reconhecer objetivos e aspirações comuns, estar preparado para quebrar as práticas

tradicionais e as pessoas sendo mais importantes do que políticas. A flexibilidade entre as partes se torna um fator de grande importância, pois assim um pode ser flexível e ajudar nos ganhos do outro. Se a empresa for tradicional e não tiver a capacidade de se flexibilizar esta cooperação entre os dois pode não dar certo.

A forma de abordagem negociação aparece em último 47%. Os ganhos em negociação trazem a integração entre as informações de clientes e fornecedores. Um sabe dos custos, *lead time*, particularidades industriais, dentre outras informações que não eram integradas entre eles na abordagem tradicional, tendo a necessidade de haver confiança entre os mesmos para que a negociação seja saudável e proporcione bons resultados para ambos (MERLI, 2015).

4.1 – Quantidade de publicações por ano sobre *Comakership* e países de origem

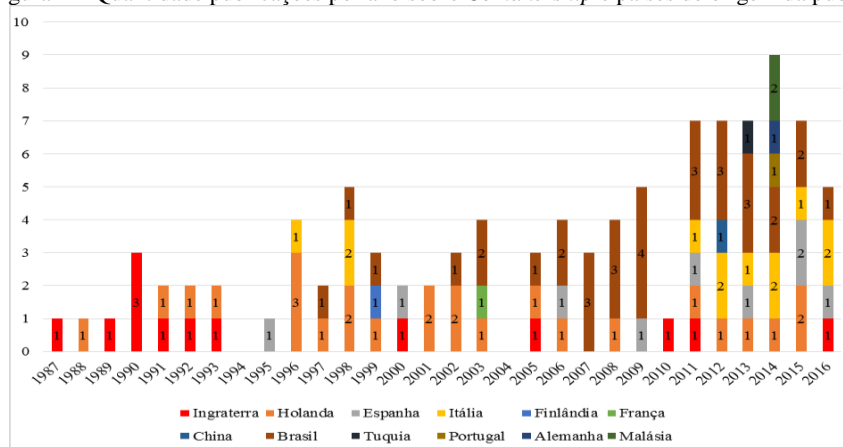
O tema *Comakership* vem sendo constantemente abordado desde o ano de 1987 até o ano de 2016. É um total de 73 publicações feitas neste século nos portais pesquisados. No século XX, 27 produções foram disponibilizadas. Esses dados indicam que houve uma evolução de estudos e suas respectivas publicações.

O florescimento do referido tema foi em 1987 na Inglaterra, conforme mostra a Figura 2. As publicações sobre o tema na Inglaterra têm uma média superior a uma publicação por ano. Entre 1987 e 1993 houve onze publicações, oito delas na Inglaterra e as demais na Holanda. Esses dois países constituem o marco histórico em estudos envolvendo o *Comakership*.

A Holanda teve sua primeira publicação em 1988 e se manteve publicando, com poucas exceções de ano. Dos 29 anos analisados somente cinco não possuem publicações holandesas, colocando o país no topo do *ranking* de publicações sobre o tema na Europa.

Em outros continentes fora da Europa, tais como, América do Sul e Ásia também foram encontrados livros, revistas, artigos científicos, dentre outros tipos de publicações sobre o tema. Os europeus realmente se envolveram com o tema entre os anos de 1987 até 2016, com um total de 66 publicações, seguidas dos Sul-americanos 31 publicações e 3 publicações Asiáticas.

Figura 2 – Quantidade publicações por ano sobre *Comakership* e países de origem da publicação.



Fonte: Dados da pesquisa.

Separando por país de publicação, o Brasil participa com 33% do total, Holanda 25%, Inglaterra 13%, Itália 12%, Espanha 9%, Malásia 2%. Os países: França, Finlândia, Portugal, Turquia, Alemanha e China cada um tem 1% das publicações. Mesmo a América do Sul possuindo grande número de países, apenas o Brasil teve publicações sobre o tema.

V. CONCLUSÃO

A pesquisa sobre *Comakership* disponibilizada à comunidade acadêmica e à própria sociedade, no período de 30 anos, considerando de 1987 a 2016, no Portal de Periódicos CAPES/MEC, na *SciELO* e no *Google Acadêmico* se encontra em processo evolutivo. A partir do ano de 2011 houve muitas publicações, com 42% do total das produções presentes em apenas 6 anos. Considerando o período de 29 anos, pode-se concluir que esse período se constitui o boom das publicações abordando o tema em estudo.

Pode-se perceber que não existe um autor referência, com muitas publicações, em anos seguidos. Dentre os quatro aspectos abordados neste artigo, o que obteve maior nível de menção nas obras avaliadas é o princípio da qualidade.

Sobre as direções futuras do tema *Comakership*, esta pesquisa mostrou que o tema pode ser facilmente explorado na literatura, envolvendo inovação, negociação, qualidade e/ou flexibilidade na relação cliente/fornecedor de pesquisas em áreas diversas. Uma filosofia japonesa que se mostra atual conforme a bibliografia analisada.

O *Comakership* está sendo investigado como uma estratégia de relacionamento entre cliente-fornecedor por pesquisadores a nível global, com destaque nos últimos seis anos, para a Europa, América do Sul e Ásia. A Inglaterra é a pioneira na publicação sobre esta temática e o Brasil possui o maior número de publicações sobre o *Comakership*.

Os fornecedores constituem uma parte integrante da cadeia de fornecimento e a sua contribuição é fundamental para o desempenho de seu cliente, haja vista que os produtos estão mudando rapidamente para acompanhar as exigências dos clientes e/ou consumidores. Com o relacionamento *Comakership* as respostas ao mercado se tornam mais assertivas com qualidade e preços competitivos.

Os quatro aspectos trazidos neste artigo no relacionamento *Comakership* são relevantemente abordados nas produções existentes. No entanto, existem várias áreas, tais como: gerência específica *Comakership*, sistemas de automação voltados para o *Comakership* e estratégias de implantação do *Comakership* no mercado atual, governança *Comakership*, dentre outros importantes, que podem ser exploradas em pesquisas futuras. Estes são apenas alguns dos aspectos que podem ser abordados juntamente com o *Comakership*.

A limitação deste estudo residiu na dificuldade de localizar um maior número de publicações que tenham o *Comakership* como tema principal dos estudos, sendo o maior número das publicações o tema secundário. Recomendam-se novas pesquisas ampliando o contexto do relacionamento *Comakership*.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO V.; BERARDI U. Green buildings and organizational changes in Italian case studies. **Business Strategy and the Environment**, n. 21, p. 387-400, 2012.

BEVAN J. Co-Makership. **Management Decision**, n. 27, p. 47-56, 1989.

BEVAN J. What is Co-Makership. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n. 4, p. 47-56, 1987.

BORK, F. **Método para qualificação de fornecedores de insumos para empresas montadoras de eletrodomésticos**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BURCHERT, J.; HOEVE, A.; KÄMÄRÄINEN, P. Interactive Research on Innovations in Vocational Education and Training (VET): Lessons from Dutch and German Cases. **Online Submission**, v. 1, n. 2, p. 143-160, 2014.

CAMILLERI, A. F.; DELPLACE, S.; FRANKOWICZ, M.; HUDAK, R.; TANNHÄUSER, A. C. **Professional higher education in Europe. Characteristics, practice examples and national differences**. Malta: Knowledge Innovation Centre, 2014.

DANKBAAR B. Training issues for the European automotive industry. **Journal of European Industrial Training**, n. 20, p. 31-36, 1996.

FLOOD R. L.; ISAAC M. Co-makership for Small and Medium-sized Companies: The Case of Cosalt Holiday Homes. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n. 10, 1993.

HARRISON A. Co-makership as an Extension of Quality Care. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n. 7, 1990.

JUNIOR, C. M.; MARIA, T. S. S.; PARISOTTO, I. R. S.; PALMISANO A. As Leis da Bibliometria em Diferentes Bases de Dados Científicos. **Revista de Ciências da Administração**, v. 18, n. 44, p. 111, 2016.

KAPISCH, L. M. S. **Melhoria na gestão de compras em uma indústria do Pólo Industrial de Manaus (PIM)**. 77 f. Dissertação (Mestrado Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade do Minho Escola de Engenharia, Manaus, 2015.

KONIJNENDIJK P; WIJNGAARD J. Co-makership in the Delivery of Packaging Materials. **International Journal of Operations & Production Management**, n. 11, p. 21-31, 1991.

KUMARA, V. **Improving transparency and communication between focal company and suppliers**. 2015.

LEAL, L. C. **Localización de aplicaciones: estrategias de cooperación con los desarrolladores**. 2015.

MERLI, G. Continuous Innovation and Improvement of the Supply Chain an Organisational and Methodological Approach. **Arabian Journal of Business and Management Review**, 2015.

OFFRINGA A. Design and application of a pultrusion for multiple use in the Fokker 100. **Composite Structures**, n. 10, p. 199-209, 1988.

SANTOS, C. A. C. M. Organização e representação do conhecimento: bibliometria temática em artigos de periódicos brasileiros. RBB. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v. 11, p. 640-653, 2015.

SEBASTIAN, R. Asset management business model for design, realization, and maintenance of fibre reinforced polymer bridges. **Advances in Civil Engineering**, 2013.

SMITH G. B. Co-makership: Legal Aspects of Co-makership. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n. 7, 1990.

SMITH G. B. Co-makership: The Japanese Success Story in a British Environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n. 7, 1990.

VAN GEENHUIZEN, M.; NIJKAMP, P.; TOWNROE, P. Company life history analysis and technogenesis: A spatial view. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 41, n. 1, p. 13-28, 1992.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA: ANALISANDO OS MÉTODOS ADOTADOS EM UMA EMPRESA METAL MECÂNICA

LEAN PRODUCTION SYSTEM: ANALYZING METHODS ADOPTED IN A COMPANY METAL MECHANICS

MARCUS ALEXANDRE BUARQUE DA SILVA; MANOEL MESSIAS DOMINGOS DA SILVA;
GENIVALDO WANDERLEI ROCHA; ROBERTO DE ARAUJO ALÉCIO.
INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS – IFAL – CAMPUS MACEIÓ

mabuarque1@hotmail.com; manoel_mds@hotmail.com; wanderley3@yahoo.com.br; ralecio@gmail.com.

Resumo – Atualmente, a globalização do mercado, o desenvolvimento tecnológico e a exigência dos consumidores com custo, prazo de entrega, obrigam as empresas a utilizar melhor os recursos e assim aumentar sua eficiência produtiva para que se mantenha de forma competitiva no mercado. A Produção Enxuta, em sua essência, se traduz no esforço para eliminar as atividades que não agregam valor aos produtos ou serviços. A base da produção enxuta é a combinação de técnicas gerenciais com o funcionamento das máquinas a fim de produzir mais com menos recursos. Com o objetivo de analisar as ferramentas adotadas na produção enxuta no sistema produtivo, esta pesquisa é desenvolvida para uma pequena empresa do segmento metal mecânica na cidade de Maceió – AL. A abordagem metodológica do estudo de caso consistiu em entrevistas e observação sistemática. Foram utilizados os indicadores propostos por Saurin e Ferreira (2008), que tem por objetivo avaliar qualitativamente a implantação das práticas da Produção Enxuta. Os resultados obtidos mostram que a adoção das práticas enxutas trouxeram vantagens produtivas para a empresa, através da redução no lead-time e minimização das perdas, auxiliando no melhor atendimento dos prazos de entrega, no aumento da competitividade, fato relevante para manter-se no mercado atual.

Palavras-chave: Produção Enxuta. Competitividade. Metal mecânica.

Abstract - Currently, market globalization, the technological development and the demand of consumers with cost, delivery time, forces companies to make better use of resources and thus increase their productive efficiency to remain competitive on the market. Lean Production, in its essence, is reflected in the effort to eliminate activities that do not add value to products or services. The basis of lean production is the combination of management techniques with the operation of machinery to produce more with fewer resources. In aim to analyze the tools used in lean production in manufacturing, this research is developed for a small business of mechanical metal segment in Maceió - AL. The methodological approach of the case study consists of interviews and systematic observation. Were used the indicators proposed by Saurin and Ferreira (2008), which aims to qualitatively assess the implementation of practices of Lean Production. The results show that the adoption of lean practices brought productivity advantages for the company by reducing the lead time and minimizing losses, aiding in better service of delivery times, in the increased competitiveness, material fact to keep in the current market.

Keywords: Lean Production. Competitiveness. Industry mechanical metal.

I. INTRODUÇÃO

No atual mercado globalizado, as organizações devem estar conscientes que não podem desacelerar seus empenhos na busca pela melhoria contínua e que é preciso otimizá-las ainda mais. As organizações têm dispendido consideráveis esforços e recursos no sentido de promover a melhoria contínua do processo de manufatura e assim garantir uma sólida posição no seu mercado.

Dentre os diversos fatores críticos de sucesso que as empresas devem considerar, destaca-se a busca por padrões cada vez mais elevados de produtividade e qualidade. Fatores como qualidade e confiabilidade do produto, agilidade no atendimento às exigências do mercado e flexibilidade são considerados como as novas dimensões de sucesso empresarial. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Nessa busca rotineira em atender estas grandezas, as empresas estabelecem novas abordagens de gestão, tanto externamente, no que diz respeito a relação com os clientes e os fornecedores, quanto internamente, tratando das suas práticas de gestão, principalmente nas suas linhas de produção, que são um dos principais fatores que compõem os gastos dos produtos.

O advento de novas metodologias voltadas à melhoria de processos tem se destacado atualmente entre as organizações é a Produção Enxuta (PE), a adoção de práticas enxutas traria mais competitividade no mercado diante da concorrência pelo aumento da produtividade, otimização dos processos com a redução das perdas, qualidade do produto e satisfação do cliente.

De acordo com Duarte et al., (2011), para alguns autores a Produção Enxuta é basicamente um termo adaptado e modernizado com uma conotação ocidental da antiga filosofia de gestão japonesa chamada de Just in Time.

Conforme Womack e Jones, (2004); Corrêa e Corrêa, (2009), os autores afirmam que:

“A PE é um sistema produtivo que tem por objetivo básico, racionalizar o fluxo de produção, procurando continuamente reduzir os recursos

necessários para produzir um determinado produto e buscando reduzir qualquer tipo de perda no processo.”

Diante disto, o trabalho tem como objetivo analisar, através de indicadores qualitativos, a aplicação das práticas enxutas em uma pequena empresa do segmento metal mecânica na cidade de Maceió – AL. A importância de realizar este tipo de análise comprova-se, principalmente, quando é observado a boa performance organizacional de organizações seguidoras desse sistema.

Para Womack e Jones (2004), é possível perceber isso a partir da análise de empresas de um mesmo setor produtivo observadas em diferentes regiões do globo que adotaram o pensamento enxuto e logram bons resultados.

Destaca-se que a produção enxuta é uma forma de otimizar a produção através de vários fatores que, quando alinhados, acabam por possibilitar um melhor desempenho do sistema produtivo como um todo. Redução dos tempos de fabricação e estoques, flexibilização, trabalhadores multifuncionais, diminuição das perdas e produção puxada pela demanda e a busca constante para eliminar qualquer perda que não gere valor agregado aos produtos. (WOMACK e JONES, 2004; GHINATO, 2000; MOREIRA, 2008).

A Produção Enxuta pode ser definida como:

“Um conjunto de princípios, práticas e ferramentas usadas para criar um valor preciso ao consumidor – sendo estes um produto ou serviço com melhor qualidade e poucos defeitos – com menos esforços humanos, menos espaço, menos capital e menos tempo do que os sistemas tradicionais de produção em massa. (LEAN ENTERPRISE INSTITUTO, 2007).”

Evidencia-se que de acordo com a teoria, o sistema de PE é predefinido com suas filosofias e objetivos, mas a forma como ele é acatada em cada organização varia bastante, principalmente devido à forma como a cultura organizacional daquela empresa assimila tal sistema (WOMACK e JONES, 2004). Apesar disso, esta pesquisa não teve como objetivo tratar a cultura organizacional da empresa pesquisada, mas focar na avaliação das práticas de ME adotadas pela empresa.

II. PROCEDIMENTOS

Com a finalidade de analisar os métodos adotados da produção enxuta no sistema produtivo em uma pequena empresa do segmento metal mecânica, foi realizada uma pesquisa de campo na empresa, no período de março a agosto de 2016.

O presente trabalho metodologicamente tem uma abordagem descritiva e qualitativa, pois esse tipo de enfoque possui prerrogativas expressivas para o tipo do problema proposto, entre os mais proeminentes estão a influência mútua e ponderação dos resultados concisos e não específicos.

Para o desenvolvimento deste artigo, foram adotados dois tipos de procedimentos técnicos: a) Pesquisa bibliográfica: que é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico, internet, com o objetivo de colocar o

pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa e, assim, realizar uma correlação das observações que seriam realizadas na empresa objeto do estudo de caso; b) Estudo de caso: que é uma forma de pesquisa empírica para averiguar um fenômeno contemporâneo em sua totalidade real, especialmente, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão bem definidas. Este método se adapta em várias formas, como pesquisa de fenômeno individual, organizacional, políticos, economia ou fenômenos econômicos que acontecem numa determinada área ou região (YIN, 2005).

Após concluir a revisão da literatura relacionada ao tema, buscou-se destacar como a Produção Enxuta foi implantada e sua aplicação na organização, mais especificamente no setor de produção da empresa, suscitando assim contraposição entre os dados teóricos e os práticos observados na empresa.

Os métodos de coleta de dados foram realizados em duas etapas: (1) a primeira etapa compreendeu a coleta de dados secundários, pautada pela pesquisa bibliográfica; e (2) a segunda etapa contemplou a coleta de dados primários com entrevista e observação sistemática e questionário semi-estruturado.

Na observação sistemática o pesquisador observa as etapas de um processo, as ferramentas utilizadas, as dificuldades que aparecem, as conversas e resultados do trabalho, ou seja, por conhecimento da situação a ser observada, pode alcançar os objetivos da observação de maneira mais fácil e rápida (GIL, 2008).

Assim para se alavancar informações mais concreta, houve a necessidade de aplicar o método da interrogação informal e da observação sistemática, fez-se necessário alguns questionamentos aos administradores e operadores de produção com perspectivas de coletar subsídios mais delineadas e relacionados à pesquisa, logo em seguida adotou-se preencher um roteiro pré-estabelecido, com a finalidade de contabilizar dados referentes ao comportamento das práticas enxutas na empresa estudada.

Para comprovar a importância dos dados coletados, adotou-se o modelo proposto por Saurin e Ferreira (2008) que tem por objetivo avaliar qualitativamente a implantação dos métodos da Produção Enxuta. Os quais criaram cinco critérios para que fossem conferidos a cada item da lista e também impuseram um valor a cada possibilidade de resposta, como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de avaliação e de ponderação para análise de práticas enxutas

Sigla	NA	NE	MFR	FR	FO	MFO
Critério	Não se aplica	Não existe	Aplicação muito fraca	Aplicação fraca	Aplicação forte	Aplicação muito forte
Valor	-	0,0	2,5	5,0	7,5	10,00

Fonte: Saurin e Ferreira (2008).

Depois à atribuição do critério, deve-se encontrar o valor da nota final de cada prática, dessa forma, deve-se calcular o seu respectivo peso utilizando a Equação (1):

$$Nota = ((B \times 2,5) + (C \times 5,0) + (D \times 7,5) + (E \times 10,0)) / A \quad (1)$$

Onde: (A) seria igual ao número de itens aplicáveis; (B) equivalente ao número de itens com aplicação muito

fraca; (C) é igual ao número de itens com aplicação fraca; (D) apresentaria o número de itens com aplicação forte; e (E) igual ao número de itens com aplicação muito forte. A nota encontrada a partir dessa equação retrataria um valor, que representando em uma escala de 0 a 10, onde o zero “0” representaria uma aplicação nula da prática e o “10” implicaria em uma máxima incentivo feito pela empresa.

III. RESULTADOS

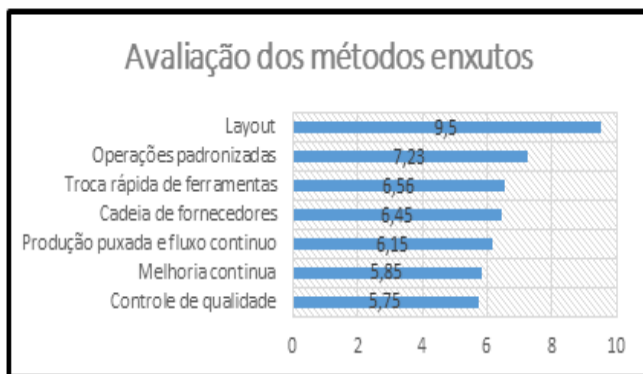
3.1 – Caracterização da empresa

A empresa objeto de estudo é uma organização de pequeno porte, conforme Ponce et. al (2010), define as organizações de pequeno e médio porte como aquelas que possuem de 10 a 50 trabalhadores e os proprietários tendem a centralizar as informações. Esta empresa está localizada na cidade de Maceió – AL, ocupa uma área de aproximadamente 1.000 m², está no mercado há mais de 15 anos, projeta e fabrica máquinas e equipamentos mecânicos, além de oferecer serviço de manutenção para o diverso segmento do mercado local, entregando produtos/serviços com qualidade e agilidade, proporcionando satisfação a seus clientes e assim conquistando seu espaço no mercado em que atua.

3.2 – Práticas da manufatura enxutas da empresa

Como pode ser observado com o preenchimento do checklist foi possível realizar um estudo sobre os métodos adotados da produção enxuta pela empresa em análise. Na Figura 1 são apresentadas as notas obtidas. A prática enxuta que recebeu a maior pontuação foi a layout e a menor nota diz respeito ao controle de qualidade que atualmente é adotado pela empresa.

Figura 1 – Avaliação dos métodos enxutos na empresa estudada.



Fonte: Autores, 2016.

3.2.1 – Layout

Como forma de melhoria organizacional, o layout surge para aprimorar os processos e produtos de uma empresa, oferecendo economia de espaço, reduzindo movimentação e transporte, satisfação do trabalho, diminuindo custos mediante a eficiência produtiva e a racionalização dos recursos de manufatura, além de alcançar excelentes níveis de qualidade, na tentativa de adequá-las às necessidades do mercado.

A empresa em seu sistema produtivo adotou o arranjo físico celular, assim, foi observado que acarretou numa maior produtividade devido a melhor utilização dos insumos produtivos com a consequente diminuição dos custos relacionados à mão-de-obra, movimentação, transporte e

custos internos em geral, e consequentemente, menores custo total do processo, de modo a aumentar a competitividade e garantir a sobrevivência da empresa no atual contexto econômico.

Devido a esses motivos, observa-se que a aplicação desse método está sendo relevante para a empresa, isso se deve, não somente como forma de melhoria organizacional, mais também por ser a abordagem mais conhecida para alocar tarefas e máquinas a células, a análise do fluxo de produção observa tanto os requisitos de produto quanto o agrupamento de processos simultaneamente, o que, ao final da análise, lhe concedeu nota (9,50) entre todas as práticas analisadas, sendo a única que atingiu essa pontuação.

3.2.2 – Operações padronizadas

As operações padronizadas podem ser definidas como a melhor maneira de se realizar um conjunto de atividades, em um dado momento, atendendo ao tempo takt, estabelecido o padrão, ele passa a ser referência a todos que executam determinada tarefa, até que oportunidades de melhoria sejam evidenciadas pela equipe, e incorporadas ao que passa a ser o novo padrão.

Esse método é amplamente empregado pela empresa, tendo obtido uma nota (7,23) na análise, esse resultado foi obtido devido à empresa utilizar a padronização das operações para obter o máximo de produtividade através da identificação e padronização dos elementos de trabalho que agregam valor e da eliminação das perdas.

O balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento também são objetivos da padronização das operações, dessa forma, a padronização dos processos facilita o controle da operação da empresa, promove a qualificação e o desenvolvimento da equipe, gerando aos clientes a percepção de credibilidade e atendimento à satisfação de suas expectativas.

3.2.3 – Troca Rápida de Ferramentas (TRF)

O setup é uma atividade de preparação da máquina antes de iniciar a produção de qualquer produto, porém enquanto esta não é concluída, o processo se mantém parado, logo ineficiente. Segundo Sousa et al. (2009) o setup é um exemplo típico de resíduos, sem qualquer valor agregado e portanto, deve ser reduzida para o valor mais baixo possível. Como consequência, é possível a redução do tamanho dos lotes de produção na manufatura.

A TRF fundamenta-se em técnicas que enfatizam o trabalho cooperativo em equipe e a proposição de formas criativas de melhoria de processos. A empresa atingiu uma nota relativamente boa nesse método (6,56), pois mantém uma preocupação em diminuir seus tempos de setup, de uma forma geral, a utilização da metodologia da TRF aplicada na empresa permitiu, além da redução do tempo de setup em aproximadamente 30%, a redução dos erros que ocorriam devido à má execução da mesma, reduzindo assim o nível de desperdício e os custos associados a este. Também foi reduzido o tempo em que a produção permanecia parada para correção dos erros ocorridos no setup, aumentando assim a capacidade produtiva da empresa.

3.2.4 – Integração da cadeia de fornecedores

Uma cadeia de suprimentos consiste numa série integrada de atividades, englobando desde o fornecimento das matérias-primas, até a entrega do produto ao consumidor final (BEAMON e WARE, 1998). As

estratégias utilizadas pela empresa para obter uma cadeia logística eficaz consideram as interações entre os vários níveis da cadeia logística, de forma a reduzir o custo e melhorar o serviço prestado.

Na empresa em estudo foi constatado que possui uma boa estratégia de relacionamento com a sua cadeia de fornecedores, possibilitando que a empresa dispense custos como checagem de qualidade das matérias-primas que chegam à fábrica e que também recebem esses itens em pequenos lotes, quase que em fluxo contínuo, de acordo com a sua demanda (just in time). A empresa fornecedora realiza entregas semanais, quinzenal ou mensal à empresa em estudo, na medida em que é solicitado, seguindo perfeitamente os princípios citados por Womack e Jones (2004) onde a produção deve seguir em fluxo, sem interrupções e em pequenos lotes.

Dessa forma a gestão da produção permite uma produção otimizada para oferecer ao cliente o produto certo, na quantidade certa. O objetivo é reduzir os custos ao longo da cadeia, tendo em conta as exigências do cliente, afinal, isso é qualidade: entregar o que o cliente quer, no preço e nas condições que ele espera.

Mediante a esses motivos, notou-se que a aplicação desse método enxuto é bastante utilizada pela empresa, isso se deve, à atuação de parceria existente entre a empresa e seus fornecedores, o que, ao final da análise, lhe concedeu nota (6,45) entre todas as práticas analisadas.

3.2.5 – Produção puxada e fluxo contínuo

Segundo Tubino (1999), a produção puxada é um sistema em que cada etapa do processo deve produzir somente quando um processo posterior, ou cliente solicite, tornando-se uma forma de controlar a produção entre os fluxos.

Nesse método a empresa obteve nota (6,15), o sistema kanban utilizado pela empresa não condiz aos tradicionais cartões criados originalmente pela Toyota. A empresa utiliza um sistema manual de pedido, onde de acordo com a necessidade da demanda de uma etapa da produção, a mesma envia uma nova solicitação para a etapa seguinte.

Segundo documentos da empresa, a quantidade de pedidos com entrega no prazo é superior a 90% em todas as linhas do sistema produtivo, só é produzido o que for solicitado na ordem de produção.

O fluxo contínuo é caracterizado pela capacidade de produzir somente o que é necessário para o momento, nem mais e nem menos. O que é importante nesta abordagem de produção é que se eliminam os desperdícios de todas as formas. (TAPPING e SHUKER, 2003).

3.2.6 – Melhoria contínua

O processo de melhoria contínua está relacionado tanto a implantação de pequenos projetos, como também a projetos estratégicos complexos que precisam ser avaliados e gerenciados por processos organizacionais, pois seus aspectos poderão refletir nos produtos, processos e até mesmo no próprio sistema de gestão da qualidade.

Esse item está interligado à qualidade, mesmo empregando a analisando diferentes itens para pontuar essas práticas, esse método obteve nota (5,85). Os pontos positivos que foram verificados é que todos os membros da organização são treinados a respeito dos conhecimentos da filosofia da produção enxuta e principalmente da filosofia da melhoria contínua, portanto, preocupar-se com a melhoria

contínua significa preocupar-se com a sobrevivência, pois, esta contribui e muito para alavancar uma organização. Preocupar-se em fazer melhor todos os dias tornou-se extremamente necessário.

A empresa também realiza uma boa política organizacional, atrelada a um ambiente de trabalho motivador com incentivo constante para que os funcionários procurem se capacitar, oferecendo vantagens para aqueles que buscam concluir o ensino médio e/ou profissionalizante. Semestralmente ocorrem workshops sobre a gestão da qualidade na empresa, onde são apresentadas aos trabalhadores mudanças que ocorrerão nos processos produtivos, novas técnicas para aumentar a qualidade da produção, questões referentes à segurança no processo produtivo e informações acerca dos resultados gerais da organização, entre outros assuntos.

Com isso, a organização terá as condições necessárias para promover a melhoria contínua do desempenho e do aumento da produtividade, com maior valor agregado e com qualidade, permitindo além do alto índice de competição, trilhar pelo caminho da excelência.

3.2.7 – Controle da Qualidade

É um sistema adotado para medir as características de serviços e produtos de acordo com as especificações técnicas, o objetivo mais importante deste é garantir a qualidade do seu produto, esse método obteve nota (5,75).

Partindo desse pressuposto, foi observado que a empresa realiza um estudo para tornar os roteiros do planejamento e controle da produção mais eficiente, prospectando obter uma produção mais acelerada, com menor tempo de espera em seus processos, visando menores estoques intermediários e antecipando a expedição do produto final.

A partir destes objetivos traçados, a empresa atua de forma a eliminar ou minimizar os possíveis erros e/ou os defeitos na linha de produção, de modo que venha agilizar o processo, com o intuito de melhorar as especificações do produto em termos dimensionais e superficiais, seu objetivo é manter a qualidade do produto, sendo que esta faz com que haja uma melhora na produtividade, alcançando assim uma posição competitiva no mercado de atuação, e para conseguir um bom resultado é preciso planejar, manter e melhorar.

Para que seu produto ou serviço atente a necessidade de seus clientes e fique mais competitivo do que seus concorrentes com o uso das vantagens que é a inovação de seus produtos, qualidade, custo baixo, velocidade e flexibilidade.

IV. CONCLUSÃO

A técnica utilizada nesta pesquisa permitiu realizar uma análise qualitativa sobre os princípios da implantação dos métodos da Produção Enxuta em uma microempresa do segmento metal-mecânico. Percebe-se que dentre os métodos enxutos aplicados na empresa, duas obtiveram nota superior a sete, dentre as sete analisadas.

No contexto geral pode-se perceber que a empresa, obteve uma média global equivalente a (6,78), isso comprova que existe um empenho por parte da empresa de difundir de forma frequente a produção enxuta, em meio as constatações das notas, o método com performance melhor é o layout e as operações padronizadas, pois ambas visa

umentar o nível de produtividade da empresa, com a redução de desperdícios e consequente diminuição de custos, entre outros.

Em meio às constatações das médias, ainda foi possível identificar que nem todos os métodos são bem empregados pelos componentes da empresa, o que ocasionou uma pontuação abaixo das expectativas, dessa forma, essas notas demonstram que deverão aprimorar suas aplicações objetivando atender às demandas e a competitividade do mercado com eficiência e ganhos de produtividade.

No entanto, é notório o fato de que a empresa ainda apresenta grande capacidade de desenvolvimento visto que alguns métodos da produção enxuta, obtiveram uma pontuação abaixo das expectativas. Sendo assim, é extremamente viável a capacidade de aprofundar ainda mais a filosofia da produção enxuta na empresa e obter resultados ainda mais expressivos.

Verifica-se que a temática é bastante abrangente o que pode possibilitar um elevado número de estudos futuros, conclui-se que a utilização de alguns métodos do sistema de produção enxuta contribuirá na otimização e eficiência da produção, através da eliminação de desperdícios no processo produtivo. Sendo assim, mais do que a aplicação de técnicas e ferramentas que proporcionem melhorias no processo produtivo, consequentemente, na produtividade da empresa, é necessário um trabalho comportamental junto aos funcionários quanto ao entendimento da Produção Enxuta de modo a executarem suas atividades do dia-a-dia de maneira enxuta, ou seja, sem desperdícios.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEAMON, B. M.; WARE, T. M. **A process quality model for the analysis, improvement and control of supply chain system.** International Journal of Physical Distribution & Logistics, v. 28, 1998.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2009.

DUARTE, A.; BRITO, L.; DI SERIO, L.; MARTINS, G. **Operational practices and financial performance:** an empirical analysis of Brazilian manufacturing companies. Brazilian Administration Review, v.8, n.4, p.395-411, 2011.

GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção.** Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed. Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2008.

Lean enterprise institute Website. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/administracao/definicoes-de-producao-enxuta/>>. Acesso em: 15 agosto 2016.

Lean Institute Brasil Website. Disponível em: <http://www.lean.org.br/5_principos.aspx>. Acesso em: 15 agosto 2016.

MILANI, Louisie Uhrigshardt; OLIVEIRA, Denis Renato de. **Princípios de produção enxuta:** um estudo bibliográfico e empírico sobre as contribuições e limitações de sua implantação nas organizações. In: VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – Resende, RJ, Brasil,

20 a 22 de outubro de 2010. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/458_MODEL_OARTIGO2010.pdf>. Acesso em 03 novembro 2015.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações.** 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

RODRÍGUEZ-PONCE, Emilio et al. **Gestión del conocimiento, liderazgo, diseño e implementación de la estrategia:** Un estudio empírico en pequeñas y medianas empresas. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, v. 18, n. 3, p. 373-382, 2010.

SAURIN, T. A.; FERREIRA, C. F. **Avaliação qualitativa da implantação de práticas da produção enxuta:** estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas. Gestão e Produção, v. 15, n. 3, 2008.

SLACK, N.; Chambers, S.; Johnston, R. **Administração da produção.** Trad. de F. de Oliveira, F. Alher e H.L. Corrêa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUSA, R. M. et al. **An Industrial Application of Resource Constrained Scheduling for Quick Changeover.** Proceedings. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Hong Kong, China, 2009.

TAPPING, D. SHUKER, T. **Value Stream Management for Lean Office:** eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas. New York – NY. 2003.

TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas.** 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE VALOR PELO CLIENTE: UM ESTUDO DE CASO EM UM SERVIÇO SUBSCRIÇÃO

A METHODOLOGY FOR ASSESSING CUSTOMER-PERCEIVED VALUE CASE STUDY IN A VIRTUAL SUBSCRIPTION SERVICE

ANA LUISA DIAS RIBEIRO¹; ANDREA CRISTINA DOS SANTOS
1 – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

aluizadr@gmail.com; andreasantos@unb.br

Resumo – *Uma das mais importantes formas de se conduzir inovações de serviços de maior valor agregado é a partir da gestão da experiência do cliente, e diante deste cenário, construiu-se uma solução metodológica generalista com objetivo de auxiliar no levantamento e na tradução das experiências obtidas ao longo de toda a prestação do serviço, assim como do consumo do produto e contato com a marca que influenciam na percepção de valor dos clientes sobre o negócio. A metodologia apresentada foi aplicada em estudo de caso de um PSS existente de varejo eletrônico de subscrição, e o seu resultado, além de apoiar o levantamento dos elementos da oferta, mostrou-se muito eficaz na tradução e diagnóstico das percepções dos clientes, tornando possível o alinhamento entre o que as empresas acreditam e o que os clientes realmente enxergam como experiência superior.*

Palavras-chave: *Análise de valor. Serviço. Experiência do Cliente.*

Abstract - *One of the most important ways to bring higher value-added innovations to services consists on managing the customer experience. Given this fact, it was constructed a general methodological solution in order to assist the selection and the translation of the experiences gained throughout the service provided, as well as during the consumption of the product and during other contacts with the brand. The methodology presented was applied in an existing subscription commerce in order to prove the concept proposed. More than only support the lifting of the offer elements, the outcomes proved to be very effective in translating and diagnosis of customer perceptions, making possible the alignment between what companies think and what customers really recognize as a superior experience.*

Keywords: *1. Value Analysis, 2. Service, 3. Customer Experience*

I. INTRODUÇÃO

Cada vez mais as pessoas estão dispostas a pagar para experimentar sensações e não simplesmente adquirir produtos ou serviços (SCHMITT, 2002). As experiências são obtidas ao longo de toda a jornada do cliente a partir dos pontos de contato, sejam eles humanos, físicos ou funcionais (BERRY et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2012). Portanto, o mapeamento desses pontos, assim como os tipos de experiências que envolvem cada contato, tornam-se chave para o sucesso do negócio.

Uma alternativa para a diferenciação no mercado consiste na combinação de diferentes elementos tangíveis e

intangíveis em uma única oferta inovadora de valor, os chamados Sistemas Produto-Serviço (*Product-Service System -PSS*).

A discussão literária sobre o PSS ser, em grande parte, pautada do pilar da sustentabilidade ecológica. Coloca que não há dificuldade em enxergar sua importância econômica e competitiva, o desafio está em como operacionalizar a estratégia de PSS. A heterogeneidade e subjetividade dos elementos tangíveis e intangíveis que compõem uma solução PSS dificultam a tradução dos sentimentos dos clientes em parâmetros concretos para avaliação e identificação do valor fundamental para eles (PEREIRA, 2013). Este trabalho aborda essa problemática a partir da proposição de uma sistemática que auxilia no levantamento e na tradução das experiências obtidas ao longo da prestação do serviço.

II. PROCEDIMENTOS

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, para o alcance dos objetivos propostos, a pesquisa foi dividida em três etapas. A primeira etapa consiste no estudo sistemático da literatura para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa sobre as áreas de conhecimento em estudo, possibilitando a detecção de arquétipos que poderão ser replicados em trabalhos futuros. A etapa seguinte, no sentido de desenvolver a proposta teórico-conceitual, foi baseada nas discussões conceituais advindas da revisão bibliográfica. Focando no levantamento de métodos e técnicas para sistematização do modelo teórico. Por fim, a sistemática proposta foi testada por meio de um estudo de caso único em uma empresa de comércio online de subscrição de bebidas. Escolheu-se este ramo, pois o comércio eletrônico é um dos ramos de atividade econômica que mais cresce no mundo, assim, jovens empresas que ingressam no comércio online têm atraído um maior número de investidores do mercado de ações (FAGUNDES, 2015).

III. PROPOSIÇÃO DO MODELO TEÓRICO

Existem na literatura muitas definições e perspectivas diferentes sobre valor, envolvendo aspectos do produto, dos serviços e do próprio negócio (RANDMAA et al., 2011; RADJA et al., 2015). Pine e Gilmore (1999) colocam que a

geração de experiência consiste no mais recente estágio dentro da progressão econômica do valor, precedida da extração de *commodities*, seguida da manufatura de bens e da entrega de serviços. Sweeney e Soutar (2001) descrevem quatro dimensões de valores distintas: emocional, social, qualidade/desempenho e preço/ valor monetário.

Experiências são acontecimentos únicos, individuais e holísticos por natureza que ocorrem como resposta a algum estímulo em diferentes níveis (cognitivo, afetivo, emocional, social e físico) (VERHOEF et al, 2009). O conceito de experiência pode ser compreendido como o conjunto de percepções, sentimentos e pensamentos vividos pelo consumidor quando exposto a marcas, produtos ou atividades de consumo, bem como as memórias dessas próprias experiências (SCHMITT, 2002). A experiência do consumidor envolve múltiplos canais e compreende várias fases: pesquisa, compra, consumo e pós-venda (VERHOEF et al, 2009).

Segundo Schmitt (2002), cada tipo de experiência criada com a aplicação do marketing experimental consiste em um módulo experimental estratégico (MEE) com estruturas e princípios distintos colocadas em prática por meio dos provedores de experiência (ProEx). O autor diferencia 5 tipos de MEE: *Sense* (Perceber); *Feel* (Sentir); *Think* (Pensar); *Act* (Agir) e *Relate* (Identificar).

Diante destas premissas foi proposta a metodologia para analisar a percepção de valor pelo cliente em 7 etapas:

Etapa 1 – Mapear e/ou redesenhar o fluxo de serviço na visão do cliente

A descrição do fluxo do serviço pode ser utilizada tanto para a projeção de novos serviços, quanto para a melhoria dos já existentes (SANTOS e VARVAKIS, 2001). Mello (2005) afirma que o emprego das técnicas de mapeamento para análise do processo de serviço permite a detecção de falhas e oportunidades de melhoria. As mais utilizadas para o mapeamento dos processos de serviço, são elas: Fluxograma tradicional; *Service Blueprint*; Mapa do serviço; e o IDEF0.

Etapa 2 Identificar os elementos do produto e suas respectivas funções:

Ao definir um sistema produto-serviço é preciso considerar os componentes envolvidos tanto no serviço, quanto no produto. De acordo com Irigaray (2015) a tangibilidade do produto está relacionada a um bem material. Por esse motivo, para a compreensão de cada elemento tangível envolvido no produto comercializado em um sistema produto-serviço, propõe-se a uma técnica bem consolidada na área de conhecimento de planejamento e controle da produção, denominada BOM (*Bill of Materials*). Contudo, nem todos os elementos que compõem o produto podem ser percebidos de forma direta pelo cliente, mas suas funções podem influenciar na construção da percepção de valor. Por esse motivo, além do levantamento dos componentes, também fará parte dessa etapa, o levantamento das funções principais de cada elemento do produto identificado, baseados na modelagem funcional do produto (BACK et al, 2008). A modelagem funcional visa focalizar a concepção do produto nos serviços que ele deve fornecer, expressadas por uma ação elementar e inerente ao produto que age sobre seu meio ambiente.

Etapa 3: Identificar os elementos do serviço e os pontos de contato

De acordo com a revisão literária os dados da experiência são obtidos a partir de chamados pontos de

contato: instâncias do contato direto ou indireto entre o cliente e o atendimento, serviço, produto, marca, etc. (MEYER e SCHWAGER, 2007). Os serviços geralmente possuem mais pontos de contato com o cliente do que os bens manufaturados. Para facilitar o levantamento, o seguinte trabalho se baseou na categorização proposta por Berry et al. (2006). O autor propõe três pontos de experiências: funcionais (qualidade técnica da oferta); mecânicas (infraestrutura); e humanas (contato com os colaboradores da linha de frente). Como saída desse levantamento, tem-se a lista de pontos de contato relacionados a cada atividade ao longo da jornada do cliente.

Etapa 4: Identificar os pacotes de serviços oferecidos nos pontos de contatos:

Os elementos do serviço são compostos a partir da combinação entre os pontos de contato e os pacotes de serviços ofertados (TEIXEIRA et al, 2012). Por isso, além do levantamento dos pontos de contato, é preciso levantar os pacotes de serviço que podem ser inferidos a partir das ações de linha de frente ilustradas no mapa de valor desenvolvido na Etapa 1.

Etapa 5: Identificar e classificar as experiências envolvidas no negócio

De posse da lista de pontos de contato associadas a cada uma das atividades sob a perspectiva do cliente, propõe-se a identificação e classificação das experiências relacionadas. A categorização pode ser feita a partir dos cinco módulos experimentais estratégicos propostos por Schmitt (2002), explicados na revisão literária desse estudo: pensar, sentir, identificar, perceber e agir.

Etapa 6: Hierarquizar os elementos conforme a percepção de valor dos clientes

Após esse levantamento feito nas etapas anteriores, as experiências dos clientes devem ser traduzidas em atributos que serão posteriormente agrupados e as redundâncias eliminadas. Dessa forma, a lista de experiências pode ser utilizada para subsidiar a transformação do dado original em elementos do serviço.

Etapa 7: Avaliar a percepção de valor dos clientes da oferta

Meyer e Schwager (2007) afirmam que nem todos os pontos de contato são de valor equivalente, logo pode-se inferir que nem todos os elementos do serviço e do produto também são. Essa teoria também é debatida por Shankar et al. (2009). Para os autores, um dos segredos para um sistema produto-serviço ser bem sucedido consiste na identificação do real valor de cada um dos componentes que envolvem a solução comercializada. A precificação da solução deve ter como base essa diretriz para que se valorize aquilo que é importante ao consumidor e não se superestime o que é secundário. Essa etapa pode ser comparada à fase de análise do plano de trabalho da metodologia de valor proposta por Csillag (1991). Para o autor, além do exame da situação atual, essa fase compreende a avaliação das funções por comparação. Existem várias técnicas de análise que podem ser utilizadas para produtos, processos ou sistemas, sendo o Método de Avaliação Numérica de Relações Funcionais (ANRF) de Mudge um dos mais utilizados nos projetos de desenvolvimento de produto ou serviço.

Segundo Kou et al. (2010), a metodologia MCDA utiliza métodos que auxiliam na tomada da melhor decisão diante de múltiplos critérios que envolvem um determinado problema. Dentre os diversos métodos que utilizam comparação par a par (SAATY, 1977) da família do

MCDA, além do ANRF (Mudge) mencionado anteriormente, destaca-se o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), ou processo analítico hierárquico ou ainda pelo emprego do Método de Desdobramento da função Qualidade (BARBOSA et al., 2014).

IV – ESTUDO DE CASO

A unidade de análise escolhida para a condução do estudo de caso foi microempresa do setor de comércio varejista, fundada em Brasília no final do ano de 2014, com atuação no segmento de bebidas alcoólicas. Todas as transações comerciais da empresa são realizadas de forma não presenciais em um ambiente de comércio eletrônico do tipo *subscription commerce*.

O modelo de negócio da empresa está baseado na venda de assinaturas mensais de pacotes cujo conteúdo é constituído por uma garrafa de determinada bebida alcóolica, mais um copo de vidro e um guia impresso com informações relacionadas à bebida enviada. Além da entrega dos produtos físicos, diversos outros elementos são ofertados de forma conjunta para compor a experiência global do cliente, tais como o serviço de *sommelier*, a produção de conteúdo especializado e listas musicais, a entrega domiciliar, dentre outros. O mercado consumidor da empresa pode ser caracterizado como público masculino e feminino de todo Brasil, de 25 aos 60 anos e faixa salarial acima de dez salários mínimos (classes A e B).

A primeira etapa, mapear e/ou redesenhar o fluxo do serviço na visão do cliente, teve como saída o *Service Blueprint* do clube de assinaturas de bebidas estudado, conforme ilustra a Figura 1.

Para a compreensão dos elementos tangíveis envolvidos no produto entregue aos clientes (Etapa 2), elaborou-se a estrutura de produto simplificada. Para a identificação dos elementos do produto. Buscou-se um detalhamento em alto nível dos elementos, contemplando de forma genérica as matérias-primas e itens comprados para a montagem do produto final, o pacote destinado ao cliente.

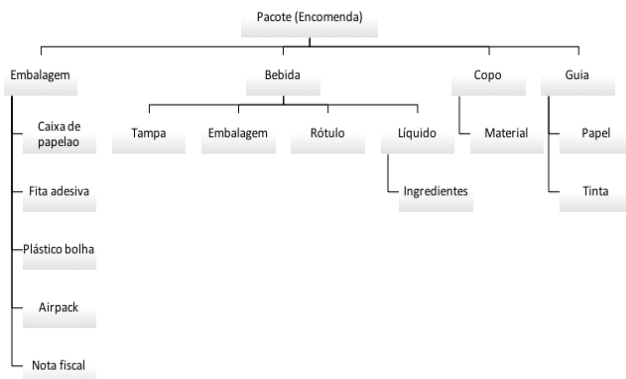
Nem todos os elementos explicitados na Figura 2 são percebidos diretamente pelo cliente como um elemento de valor, como exemplo cita-se o elemento plástico bolha. O cliente pode não enxergar diretamente o valor nas características técnicas desse item, mas ele consegue enxergar o valor na sua função principal: proteger o copo. Caso o copo chegue em sua residência com qualquer tipo de avaria, sua satisfação será afetada, e conseqüentemente, sua percepção de valor com relação a solução comercializada também. Por isso, além de identificar os elementos do produto em diferentes níveis de detalhe, foram levantadas suas respectivas funções principais e genéricas, de acordo com a Tabela 1.

Conforme exposto na revisão da literatura, são considerados elementos do PSS: Produto (bem tangível); Serviço (atividades de valor econômico); e Sistema (relações entre uma coleção de elementos) e Infraestrutura (GOEDKOOP et al., 1999; MONT, 2002).

Os elementos do produto e do serviço foram respectivamente obtidos após as Etapas 2 e 3, os componentes do sistema e da infraestrutura foram inferidos a partir da definição do contexto do negócio na Etapa 1.

Os elementos do serviço consistem não só dos pacotes de serviço, mas também de todos os outros pontos de contato com a empresa, sejam eles funcionais, humanos e mecânicos.

Figura 2 – Estrutura do produto



Fonte: Ribeiro, 2015.

Na etapa 4, foram levantados os pacotes de serviço e os pontos de contato que compõem em conjunto os elementos do serviço. Os pacotes de serviços foram inferidos a partir do agrupamento das atividades de linha de frente.

Tabela 1 – Estrutura do produto e suas respectivas funções principais

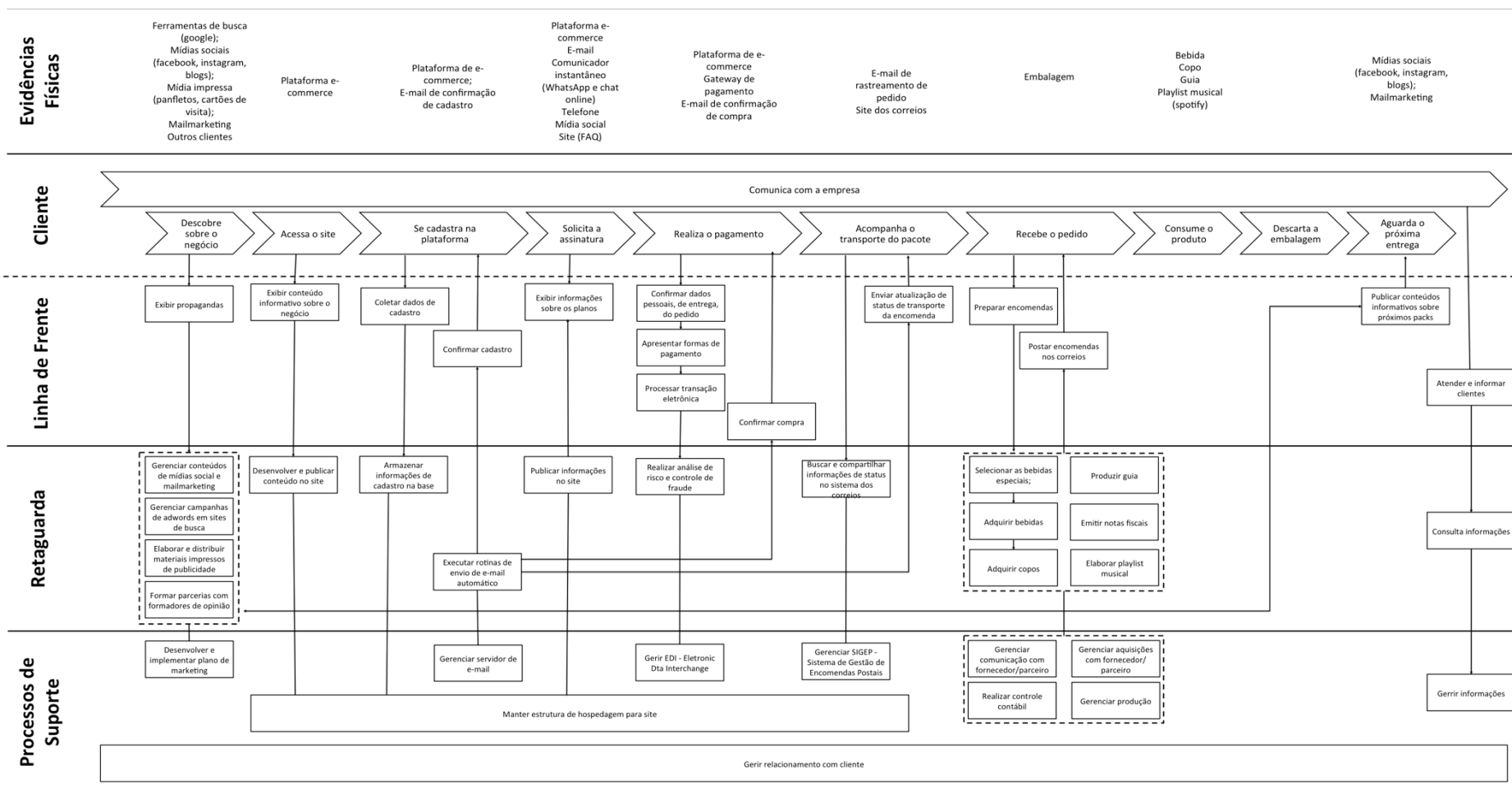
Nível 1	Nível 12	Nível 3	Função principal
PACOTE	Embalagem	Caixa de Papelão	Unir/Proteger os produtos durante o transporte
		Fita Adesiva	Vedar embalagem para garantir a integridade dos produtos e evitar violações
		Plástico Bolha	Proteger o copo contra avarias durante o transporte
		Airpack	Proteger a garrafa contra avarias durante o transporte.
		Nota Fiscal	Garantir conformidade com a legislação brasileira
	Bebida	Tampa	Vedar a garrafa para garantir a integridade do líquido
		Embalagem	Comportar e proteger o líquido
		Rótulo	Garantir conformidade com a legislação brasileira
		Líquido/ingredientes	Compor o conjunto de características associada a bebida durante o consumo: aroma, sabor, textura, etc
	Copo	Material	Dar contorno/forma ao copo
		Papel	Transportar conteúdo informativo
	Guia	Tinta	Imprimir conteúdo informativo

Fonte: Ribeiro, 2015.

Após este levantamento realizou-se a tradução das experiências em atributos mensuráveis para o cliente. Como a etapa seguinte da proposta consiste na aplicação do método AHP. Buscou-se agrupar ao máximo necessário para tornar os questionários viáveis e ao mínimo necessário para diferenciar os elementos de forma eficiente. Por isso, considerou-se apenas os elementos do nível 3 da Tabela 1.

Construiu-se um questionário para comparação aos pares dos elementos do sistema pelos clientes. Realizou-se um teste piloto do questionário em um grupo focal de clientes atuais e antigos da empresa para testar a viabilidade e o comportamento do modelo. Todos a maioria dos respondentes são homem residentes da região centro-oeste, possuem entre 26 e 59 anos de classes A e B. A fim de descrever e sumarizar o conjunto de respostas dos clientes, algumas medidas de tendência central foram utilizadas, uma vez que se trata de uma amostra múltipla e heterogênea. As medidas de média e moda se mostram mais adequadas nesses casos, mas quando há uma alta a variância (no caso

Figura 1 – Service Blue Print do clube de assinaturas



Fonte: Ribeiro, 2015.

da média) ou uma amostra reduzida de respostas (no caso da moda) pode-se utilizar a mediana para mitigar os possíveis problemas na consistência da análise. Para o teste piloto, realizou-se o cálculo apenas da média e da mediana, uma vez que o número de questionários era muito restrito. Contudo, quando houver um número significativo de respondentes, propõe-se o teste com a moda para minimizar as possíveis inconsistências geradas pela aproximação das respostas de múltiplos respondentes. Quanto a um número maior da amostra, aconselha-se trabalhar com uma pesquisa quantitativa com amostras estatisticamente significativas, para que possa-se concluir com informações mais acuradas sobre clientes e potenciais clientes.

De posse dos resultados compilados, seguindo os cálculos do método AHP, foram obtidas as ponderações indicadas pelos entrevistados, e em seguida realizados os testes de consistência. Constatou-se ao final deste procedimento que a média dos valores representou de forma mais consistente o questionário aplicado.

O resultado final da aplicação da ferramenta em todos os elementos foi sintetizado na Tabela 2 na qual é possível observar os pesos calculados de cada um dos elementos.

Tabela 2 - Resultado final da aplicação da ferramenta AHP (Clientes)

Elementos do sistema			
Bebida	30%	Guia	7%
Serviço de entrega	16%	Marca	6%
Serviço atend. ao Cliente	12%	Serviço de <i>Sommelier</i>	4%
Serviço de venda	12%	Embalagem	2%
Site	10%	Copo	1%

Fonte: Ribeiro, 2015.

O teste de consistência das respostas apresentou um índice de aproximadamente 30% de inconsistência, justificado pelo grande número de elementos comparados par a par, em uma escala que naturalmente gera inconsistências, principalmente em situações extremas de comparação. Um exemplo deste tipo de situação é quando um primeiro elemento é considerado extremamente mais importante (último grau da escala) do que um segundo elemento, mas é considerado de menor importância em relação a um terceiro elemento a ser comparado posteriormente. Consequentemente a inconsistência ocorre na medida em que o terceiro elemento não possui uma escala maior a ser assinalada quando este é comparado com o segundo elemento, que já foi avaliado na última escala de menor importância que o primeiro.

O valor de inconsistência apresentado, apesar de estar acima dos 10% recomendado pela literatura, não invalida sua utilização na metodologia, uma vez que este tipo de comparação naturalmente é subjetiva, mas diferentemente de outras ferramentas, o AHP é uma das poucas que permite uma aproximação mais quantitativa deste tipo de análise, obtendo-se uma melhor aproximação do valor de cada elemento no negócio.

O mesmo questionário foi respondido em conjunto pelos donos do negócio tornando possível verificar o alinhamento entre o que a empresa e os clientes enxergam como valor superior. O resultado final dessa aplicação obteve uma consciência de 10% e foi sintetizado na Tabela 3, na qual é possível observar que as ponderações dadas

pelos donos do negócio entram em contradição com os pesos dados pelos clientes.

Tabela 3 – Resultado final da aplicação da ferramenta AHP (Donos do Negócio)

Elementos do Sistema			
Serviço de <i>Sommelier</i>	33%	Serviço de Entrega	5%
Bebida	19%	Site	4%
Guia	13%	Marca	3%
Serviço de Venda	10%	Copo	2%
Serviço de Atend. ao Cliente	8%	Embalagem	2%

Fonte: Ribeiro, 2015.

Diante de resultados díspares entre a percepção de valor dos clientes e a percepção dos donos do negócio, tais como observados no teste piloto, é preciso rever a estratégia do negócio. Por exemplo, após a aplicação do modelo, o “serviço de *sommelier*” é visto pelo clube de assinaturas de bebidas em estudo como uma de suas maiores entregas para o cliente, contudo isso não é interpretado pelos clientes. Deve-se, portanto, investigar afundo quais os motivos de tal discrepância nos resultados: há um desinteresse natural do cliente pelo serviço/produto ou o que vem sendo ofertado não está sendo bem executado ou comunicado?

Os elementos de baixa prioridade também devem ser revistos de forma estratégica. Por exemplo, o elemento “copo” teve baixa prioridade tanto para os clientes quanto para os donos do negócio. Surge então algumas alternativas diante desse diagnóstico. Como solução pode-se reduzir/eliminar os custos com esse componente ou se investir na qualidade do mesmo para mudar essa percepção.

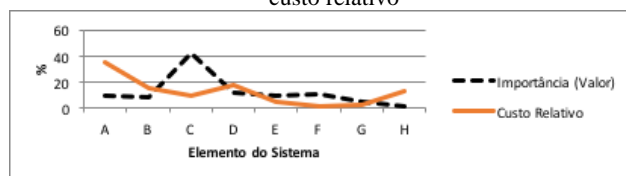
V. RESULTADOS

O estudo de caso realizado possibilitou a análise de uma unidade específica de um universo permitindo compreender a generalidade do problema e o estabelecimento de bases aprimoramento de uma investigação posterior.

Conforme observado durante o estudo de caso, a compreensão do valor percebido pelo cliente é de extrema importância para subsidiar as tomadas de decisão das empresas, tais como as de redução de custos. Por isso, propõe-se o acréscimo de uma etapa adicional de análise da estrutura de custos dos elementos envolvidos: Etapa 8 – Análise da estrutura dos custos relativos dos elementos do sistema e seus respectivos valores percebidos pelos clientes.

Nessa etapa, os custos relativos de cada um dos elementos seriam calculados. Em seguida, um gráfico resumo da comparação entre o grau da importância de cada elemento e seu respectivo custo relativo poderia ser gerado (Figura 3), possibilitando uma análise crítica do projeto para a redução de custos da solução PSS seja nos elementos que compõem o serviço, produto ou sistema.

Figura 3 - Exemplo de gráfico grau da importância (valor) versus custo relativo



Fonte: Ribeiro, 2015.

Um segundo aprimoramento, refere-se a Etapa 2, em que os elementos dos produtos e suas respectivas funções

são detalhadas. Dependendo do produto envolvido na oferta, essa etapa pode se tornar redundante, uma vez que elementos de baixa complexidade são facilmente identificados na Etapa 3 durante o levantamento dos pontos de contato funcionais. Por isso, sugere-se que essa etapa seja eletiva nesses casos.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse dos conceitos expostos e discutidos nesse estudo, pode-se concluir que a percepção de valor está diretamente atrelada a experiência do cliente com todos os elementos tangíveis e intangíveis que compõem uma oferta. Portanto é preciso que as empresas tenham maior visibilidade não só de seus produtos e serviços ofertados, mas também de todo o sistema em que eles se encontram, incluindo todas as experiências envolvidas durante esse contato. A sistemática proposta, além de apoiar o levantamento dos elementos da oferta, mostrou-se muito eficaz na tradução e no diagnóstico da percepção dos clientes, tornando possível o alinhamento entre o que as empresas acreditam e o que os clientes realmente enxergam como experiência superior. A aplicação do mesmo traz insumos robustos para subsidiar futuras tomadas de decisão das empresas, não se limitando apenas um diagnóstico da situação atual.

Para o refinamento e aprofundamento do modelo proposto, sugere-se a aplicação durante a etapa de projeto de novos negócios para coletar os requisitos do cliente.

Os conceitos, métodos e técnicas envolvidos na percepção de valor do cliente de sistemas híbridos, além de identificados e sistematizados, foram testados com sucesso em um estudo de caso único de uma loja virtual de subscrição.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, N., et al., Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.

BARBOSA, G. et al. Aplicação do desdobramento da função Qualidade em um Serviço de Alimentação. SODEBRAS, v.9, n. 97, 2014.

BERRY, L.L., SHANKAR, V., PARISH, J. T., CADWALLADER, S., DOTZEL, T. Creating new markets through service innovation. MIT Sloan Management Review, v. 47, n. 2, p. 56, 2006.

CSILLAG, J. M. Análise do Valor: metodologia do valor. 3.ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1991.

FAGUNDES, E. M. 2015. "O que é e-Commerce?". Disponível em: <<http://www.efagundes.com/artigos/O%20que%20e%20eCommerce.htm>>. Acessado em: outubro de 2016.

GOEDKOOP, M. J., VAN HALEN, C. J., TE RIELE, H. R., ROMMENS, P. J. Product Service Systems, Ecological and Economic Basics. VROM: Hague, the Netherlands, 1999.

IRIGARAY, H. A. Gestão e desenvolvimento de produtos e marcas. Editora FGV, 2015.

KOU, G.; SHI, Y.; WANG, S. Multiple criteria decision making and decision support systems — Guest editor's introduction. Elsevier B.V. , 2010.

MELLO, C. H. P. Modelo para projeto e desenvolvimento de serviços. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2005.

MEYER, C., SCHWAGER, A. Understanding customer experience. Harvard business review 85.2 2007.

MONT, O. K. Clarifying the Concept of Product-Service System. Journal of Cleaner Production [S.I.], v. 10, n. 3, 2002.

PEREIRA, V. R. Sistema Produto-Serviço-PSS: um estudo do relacionamento entre os fatores motivadores e a estruturação das empresas na integração produto-serviço. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2013.

PINE, J.; GILMORE, J. The Experience Economy, Harvard Business School Press, Boston, 1999.

RAJDA, R; TOYTRI, P.; HERNOVEN. Assessing customer-perceived value in industrial service system. Service Design, v. 7, n. 3, 2015.

RANDMAA, M., et al. 2011, Rethinking Value: A Value-Centric Model of Product, Service and Business Development. In *Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design: Impacting Society through Engineering Design*. vol. Vol.3 Design organisation and management, Design Society, pp. 387-397.

RIBEIRO, A.L. Modelo de Percepção de valor Pelo Cliente de sistemas Produto-Serviço: um Estudo de Caso em Serviço Virtual de Subscrição, 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13665/1/2015_AnaLuisaDiasRibeiro.pdf>. Acessado em: outubro de 2016.

SAATY, T.L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, 15(3), 234-281, 1977.

SANTOS, L. C.; VARVAKIS, G. Projeto e análise de processos de serviços: uma avaliação de técnicas de representação. Produto & Produção, v. 5, n. 3, p. 1-16, 2001.

SCHMITT, B. H. Marketing experimental-Exame. NBL Editora, 2002.

SHANKAR, V.; BERRY, L. L.; DOTZEL, T. A practical guide to combining products and services. Harvard Business Review, v. 87, n. 11, p. 94-99, 2009.

SWEENEY, J. C.; SOUTAR, G. N. Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. Journal of retailing, v. 77, n. 2, p. 203-220, 2001.

TEIXEIRA, J., PATRÍCIO, L., NUNES, N. J., NÓBREGA, L., FISK, R. P., CONSTANTINE, L. Customer experience modeling: from customer experience to service design. Journal of Service Management, v. 23, n. 3, p. 362-376, 2012.

VERHOEF, P. C., LEMOM, K. N., PARASURAMAN, A., ROGGEVEEN, A., TSIROS, M., SCHLESINGER, L. A. Customer experience creation: Determinants, dynamics and management strategies. Journal of retailing, v. 85, n. 1, p. 31-41, 2009.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

LIMITES DE DESEMPENHO DO CONTROLE LQG/LTR PARA UMA CLASSE DE SISTEMAS DE FASE NÃO MÍNIMA

LQG/LTR PERFORMANCE BOUNDS FOR A CLASS OF NONMINIMUM PHASE SYSTEMS

CLEVERSON F. OLIVEIRA¹; FERNANDO H. D. GUARACY¹; LUÍS H. C. FERREIRA¹
 1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

cleversonelt@unifei.edu.br; fernandoh@unifei.edu.br; luis@unifei.edu.br

Resumo – Este artigo apresenta novas propriedades na aplicação do controle LQG/LTR no tempo contínuo quando a planta de processo é estável em malha aberta e possui apenas um zero de fase não mínima. Será mostrado que através da expansão do sistema por integradores e fazendo escolhas específicas dos parâmetros de projeto, o exato formato dos valores singulares do sistema em malha fechada pode ser conhecido. Além disso, pode-se determinar os limitantes dos valores singulares da função sensibilidade, oferecendo uma visão sobre as limitações impostas pelo zero de fase não mínima.

Palavras-chave: Controle LQG/LTR. Sistemas de fase não mínima. Recuperação da malha objetivo.

Abstract – This paper shows new properties on the application of the continuous LQG/LTR control when the process plant is open-loop stable and has only one nonminimum phase zero. It is shown that by augmenting the system by integrators and making a specific choice of design parameters, the shape of the singular values of the closed-loop system can be known. Furthermore, bounds on the singular values of the sensitivity function can be determined, offering insight into the performance limitations imposed by the nonminimum phase zero.

Keywords: LQG/LTR control. Nonminimum phase systems. Loop transfer recovery.

I. INTRODUÇÃO

Considere o sistema em malha fechada da Figura 1, em que $G(s)$ é a planta e $K(s)$ é o controlador que torna o sistema em malha fechada internamente estável. Além disso, a planta $G(s)$ (que pode ou não ter tido sua dinâmica expandida, como por exemplo pela inclusão de integradores) é considerada real racional, estritamente própria e quadrada, e pode ser expressa por

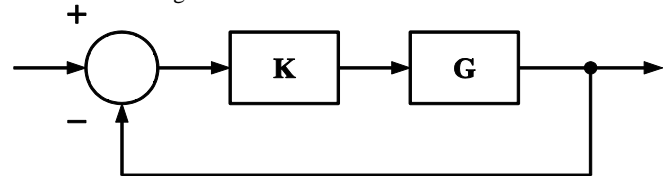
$$G(s) = C\Phi(s)B \stackrel{s}{=} \begin{bmatrix} A & | & B \\ \hline - & - & - \\ C & | & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

com

$$\Phi(s) = (sI - A)^{-1}, \quad (2)$$

em que o par (A, B) é estabilizável e o par (A, C) é detectável (STEIN, ATHANS, 1987).

Figura 1 – Sistema em malha fechada.



Fonte: Autores, 2016.

A planta é dita ser de fase não mínima se ao menos um de seus zeros está no semiplano direito do plano complexo. Então, dada a matriz $C\Phi(s)B$ com zeros de fase não mínima, existe uma matriz \tilde{C} tal que

$$G(s) = C\Phi(s)B = \Lambda(s)\tilde{C}\Phi(s)B, \quad (3)$$

na qual $\tilde{C}\Phi(s)B$ é de fase mínima e $\Lambda(s)$ é o termo estável conhecido como *all pass*. Além disso, se z é um zero de $C\Phi(s)B$, então

$$\begin{bmatrix} x^T & w^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} zI - A & -B \\ -C & 0 \end{bmatrix} = 0 \quad (4)$$

tem solução com $w^T w = 1$ em que x é a direção do vetor de estado e w é a direção do vetor de saída.

Aplicando a metodologia de recuperação da malha objetivo pela saída quando a planta é de fase mínima, as matrizes sensibilidade complementar e sensibilidade se tornam, respectivamente,

$$\mathcal{T}(s) = C\Phi(s)K_F(I + C\Phi(s)K_F)^{-1} \quad (5)$$

e

$$\mathcal{S}(s) = (I + C\Phi(s)K_F)^{-1} \quad (6)$$

com

$$K_F = \mu^{-2} Y C^T \quad (7)$$

em que Y é a solução da equação de Riccati

$$YA^T + AY - \mu^{-2}YC^T CY + LL^T = 0, \quad (8)$$

pela qual a formatação de $C\Phi(s)K_F$ pode ser feita a fim de impor as características desejadas para o sistema em malha fechada (STEIN, ATHANS, 1987).

Para entender os limites da metodologia LQG/LTR quando a planta é de fase não mínima, suponha que $C\Phi(s)B$ tem apenas um zero de fase não mínima. Aplicando a metodologia de recuperação da malha objetivo pela saída, tem-se que as matrizes de transferência sensibilidade e sensibilidade complementar se tornam

$$\mathcal{T}(s) = \Lambda(s)\tilde{C}\Phi(s)K_F(I + C\Phi(s)K_F)^{-1}, \quad (9)$$

$$\mathcal{S}(s) = (I + \mathcal{E}(s))(I + C\Phi(s)K_F)^{-1} \quad (10)$$

em que

$$\mathcal{E}(s) = \frac{2z}{s+z} ww^T \tilde{C}\Phi(z)K_F, \quad (11)$$

na qual $\mathcal{E}(s)$ é chamada função erro (ZHANG, FREUDENBERG, 1990). Então, se a planta é de fase não mínima, a qualidade da recuperação numa dada frequência dependerá da dimensão do erro nesta frequência. O formato de $C\Phi(s)K_F$, porém, ainda pode ser projetado de modo a impor as características desejadas para o sistema em malha fechada.

Neste contexto, este artigo apresenta algumas novas propriedades que podem ser garantidas na aplicação da metodologia LQG/LTR, quando uma planta estável em malha aberta é expandida por integradores e os parâmetros de projeto são realizados de uma maneira específica. A escolha dos parâmetros é a mesma discutida em da SILVA, de PAULA, FERREIRA (2012). Será mostrado que nestas condições específicas o formato dos valores singulares da função de transferência de malha fechada pode ser explicitamente conhecido. Adicionalmente, os limitantes da sensibilidade podem ser expressos através de uma equação em função dos parâmetros de projeto e da planta de processo, oferecendo uma visão sobre as limitações impostas pela característica do zero de fase não mínima.

Este artigo está assim organizado: a Seção 2 apresenta os resultados para as matrizes de transferência sensibilidade e sensibilidade complementar. A Seção 3 apresenta um exemplo para ilustrar as propriedades discutidas. A Seção 4 apresenta as conclusões. Sobre a notação utilizada neste artigo, uma matriz é chamada Hurwitz quando ela é assintoticamente estável e a parte real de todos os seus autovalores é negativa.

II. LIMITANTES DE DESEMPENHO

Considere uma planta de processo descrita pela matriz de transferência $G_P(s)$ com a representação em variáveis de estado dado por

$$G_P(s) \stackrel{s}{=} \begin{bmatrix} A_P & | & B_P \\ \hline - & - & - \\ C_P & | & 0 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Expandindo a planta de processo por um integrador em cada canal de entrada tem-se

$$G(s) = s^{-1}G_P(s) \stackrel{s}{=} \Lambda(s) \begin{bmatrix} A_P & B_P & | & 0 \\ 0 & 0 & | & I \\ \hline - & - & - & - \\ \tilde{C}_P & 0 & | & 0 \end{bmatrix}. \quad (13)$$

A parametrização da matriz L proposta é dada por

$$L = \begin{bmatrix} A_P^{-1}B_P(C_P A_P^{-1}B_P)^{-1} \\ -(C_P A_P^{-1}B_P)^{-1} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

a qual existe se a inversa de A_P e $C_P A_P^{-1}B_P$ existir (da SILVA, de PAULA, FERREIRA, 2012). Esta escolha associa os valores singulares de

$$C\Phi(s)L = s^{-1}I \quad (15a)$$

$$\Lambda(s)\tilde{C}\Phi(s)L = s^{-1}\Lambda(s)\tilde{C}_P A_P^{-1}B_P(C_P A_P^{-1}B_P)^{-1} \quad (15b)$$

em todas as frequências, correspondendo ao comportamento de um integrador. Consequentemente, o limitante do maior valor singular da matriz de transferência sensibilidade é dado por

$$\sigma_{max}(\mathcal{S}(j\omega)) \leq \mu\omega \left[1 + \frac{2z}{\sqrt{z^2 + \omega^2}} \sigma_{max}(C\Phi(z)K_F) \right] \quad (16)$$

em que σ_{max} é o valor singular máximo. Note que o limitante dos valores singulares da sensibilidade cresce a + 20 [dB/dec] sobre todas as frequências com a adição de um erro devido ao zero de fase não mínima. Como novo resultado, o seguinte teorema mostra que quando a planta é estável em malha aberta, a parametrização (14) resulta em uma formatação exata para os valores singulares da função de transferência da malha fechada e o limitante da sensibilidade pode ser conhecido a partir dos parâmetros de projeto e da planta de processo.

Teorema: Considere a planta aumentada em (13), que possui apenas um zero de fase não mínima em $s = z$. Se a metodologia LTR for aplicada, a matriz L for escolhida como em (14) e A_P for Hurwitz, então a formatação dos valores singulares da matriz de transferência da malha fechada será dada por

$$\sigma_{max}(\mathcal{T}(j\omega)) = \sigma_{min}(\mathcal{T}(j\omega)) = \frac{\mu^{-1}}{\sqrt{\mu^{-2} + \omega^2}} \quad (17)$$

e o limitante dos valores singulares da matriz de transferência sensibilidade será

$$\sigma_{max}(\mathcal{S}(j\omega)) \leq \left(\mu + \frac{2}{\sqrt{z^2 + \omega^2}} \right) \omega. \quad (18)$$

Prova: Sob as mesmas hipóteses, é possível concluir que

$$C\Phi(s)K_F = \mu^{-1}C\Phi(s)L \quad (19)$$

usando o Corolário 1 de GUARACY, da SILVA, FERREIRA (2015). Assim, substituindo (19) em (15), a matriz de transferência sensibilidade complementar pode ser escrita como

$$\mathcal{T}(s) = \frac{\mu^{-1}}{s + \mu^{-1}} \Lambda(s)\tilde{C}_P A_P^{-1}B_P(C_P A_P^{-1}B_P)^{-1} \quad (20)$$

usando (9), da qual é possível concluir (17). Além disso, substituindo (19) em (16) é possível concluir (18).

Pode-se perceber que as respostas em cada saída do sistema não estão desacopladas, como acontece no caso de sistema de fase mínima, devido o efeito do zero de fase não mínima. Entretanto, os ganhos da matriz de transferência de malha fechada estão equalizados mesmo quando a planta do processo é de fase não mínima e são equivalentes aos de sistemas de primeira ordem. Pode ser visto também que quanto mais lento for o zero (ou seja, quanto mais próximo da origem do plano complexo), mais distante o comportamento da sensibilidade está do esperado (+20 [dB/dec]), especialmente nas baixas frequências. Finalmente, note que o valor do zero afeta os resultados dos valores singulares da função sensibilidade, mas não altera os valores singulares da função sensibilidade complementar.

III. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A modelagem em variáveis de estado do helicóptero AH-64 linearizado a 130 [nós] é apresentada em FITZSIMONS (1995) e é dada por (21), em que $u(t)$ é a velocidade longitudinal, $w(t)$ é a velocidade vertical, $q(t)$ é a velocidade angular de arfagem e $\theta(t)$ é o ângulo de arfagem. As entradas de controle são o cíclico longitudinal $\delta_1(t)$ e o coletivo $\delta_c(t)$. As saídas controladas são a velocidade longitudinal e o ângulo de arfagem.

A Tabela 1 mostra os polos e o zero do modelo. O sistema é estável em malha aberta e possui apenas um zero de fase não mínima, atendendo às exigências discutidas na Seção 2. Além disso, todas as exigências para a aplicação da metodologia LQG/LTR são satisfeitas.

Tabela 1 – Polos e zero do modelo AH-64.

Polos	$s = -0,8711 \pm j 1,3253$ $s = -0,0292 \pm j 0,1383$
Zeros	$s = +0,6633$

Considere a matriz L escolhida como em (14) e $\mu = 4$. A Figura 2 mostra os valores singulares da função sensibilidade e a Figura 3 a resposta ao degrau, na qual a referência para a velocidade é aplicada em 0 [seg] e a referência para o ângulo de arfagem em 30 [seg]. Pode ser notado que a resposta em cada saída tende ao comportamento de um sistema de primeira ordem, como visto na Seção 2.

É importante notar que o objetivo desta seção não é projetar um controlador para uma aplicação aeronáutica real, mas ilustrar os resultados obtidos nas seções anteriores.

IV. CONCLUSÃO

Neste artigo foram apresentadas algumas novas propriedades que podem ser garantidas na aplicação da metodologia de controle LQG/LTR quando um processo estável em malha aberta com apenas um zero de fase não mínima é expandido por integradores e uma escolha específica de parâmetros é realizada.

$$\begin{bmatrix} \dot{u}(t) \\ \dot{w}(t) \\ \dot{q}(t) \\ \dot{\theta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0649 & 0,0787 & 0,1705 & -0,5616 \\ 0,0386 & -0,9390 & 4,2277 & 0,0198 \\ 0,1121 & -0,4254 & -0,7968 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t) \\ w(t) \\ q(t) \\ \theta(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,9454 & 0,5313 \\ -8,6476 & -10,7690 \\ 19,0824 & -2,8959 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1(t) \\ \delta_c(t) \end{bmatrix} \quad (21a)$$

Nessas condições, foi mostrado que os valores singulares do sistema em malha fechada são iguais e equivalentes aos de sistemas de primeira ordem. Além disso, os limitantes da sensibilidade do sistema resultante podem ser encontrados de maneira explícita, oferecendo maior conhecimento sobre as limitações de desempenho impostas pela característica do zero de fase não mínima.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e à FAPEMIG pelo apoio financeiro que permitiu o desenvolvimento desse trabalho. Este trabalho foi parcialmente suportado pelo convênio FAPEMIG PPM-00495-15.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

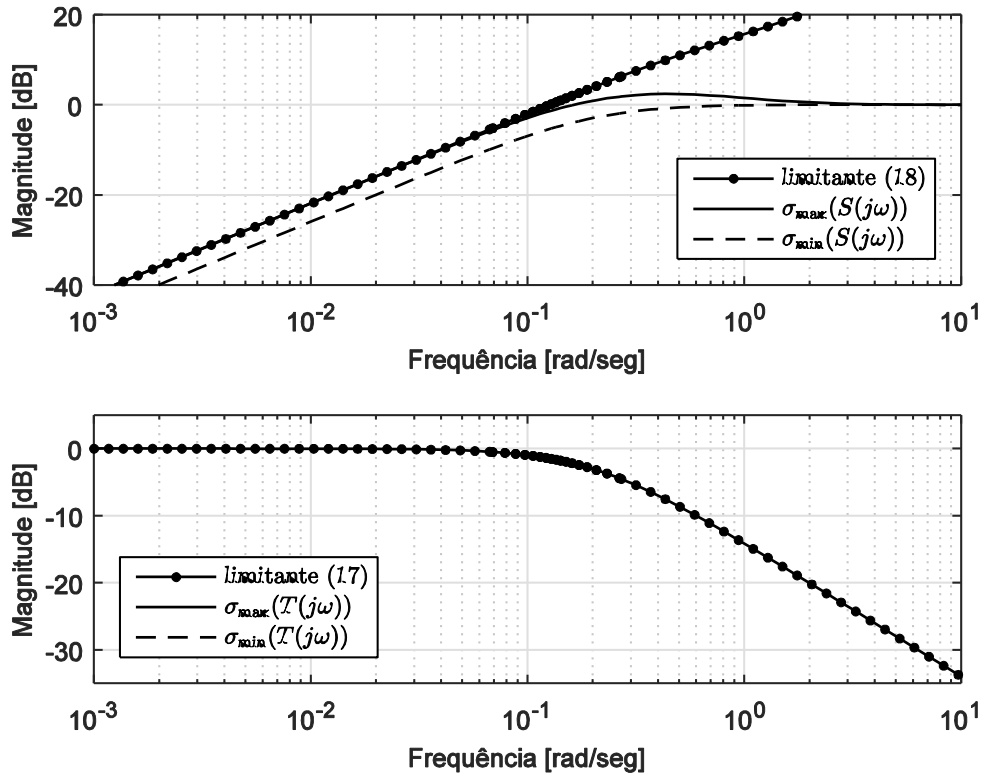
- da SILVA, D. L. F.; de PAULA, C. F.; FERREIRA, L. H. C. (2012). Sobre a parametrização da malha objetivo no controle H_∞ /LTR. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática**, p. 80-85.
- FITZSIMONS, P. M. (1995). Reducing the computation required to solve a standard minimax problem. **Automatica**. v. 31, n. 12, p. 1885-1887.
- GUARACY, F. H. D.; da SILVA, D. L. F.; FERREIRA, L. H. C. (2015). On the properties of augmented open-loop stable plants using LQG/LTR control. **IEEE Transactions on Automatic Control**. v. 60, n. 8, p. 2172-2176.
- STEIN, G.; ATHANS, M. (1987). The LQG/LTR procedure for multivariable feedback control design. **IEEE Transactions on Automatic Control**. v. 32, n. 2, p. 105-114.
- ZHANG, Z.; FREUDENBERG, J. S. (1990). Loop transfer recovery for nonminimum phase plants. **IEEE Transactions on Automatic Control**. v. 35, n. 5, p. 547-553.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

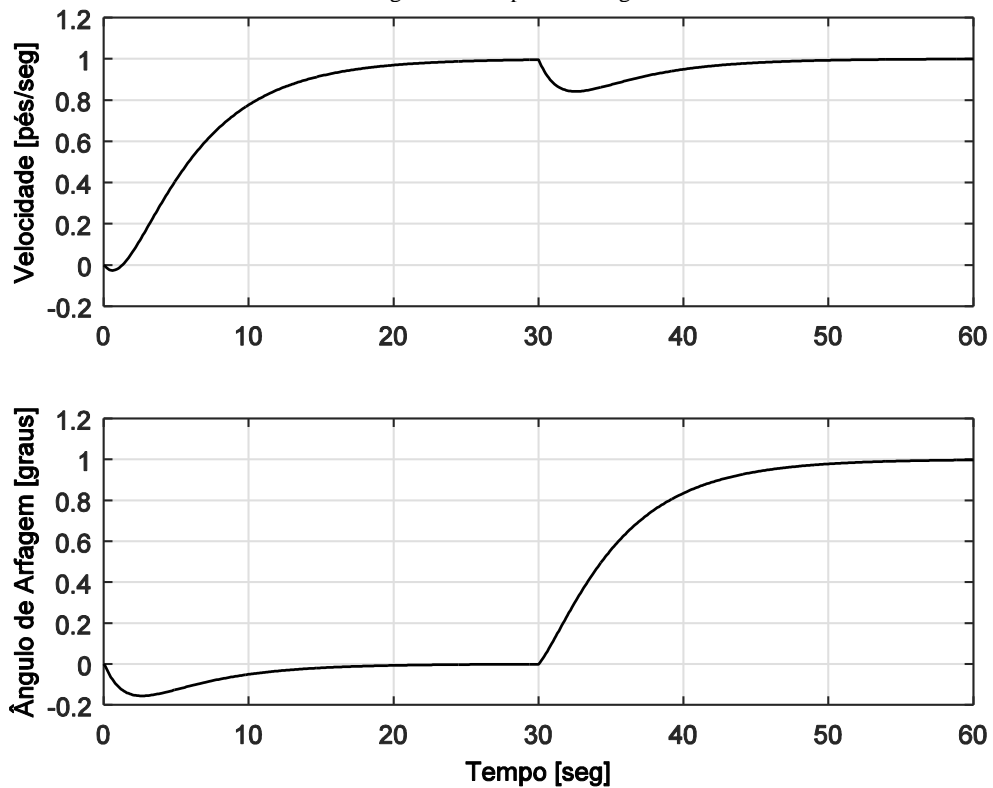
$$\begin{bmatrix} w(t) \\ \theta(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t) \\ w(t) \\ q(t) \\ \theta(t) \end{bmatrix} \quad (21b)$$

Figura 2 – Valores singulares.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 3 – Resposta ao degrau.



Fonte: Autores, 2016.

APLICAÇÃO DO FILTRO DE DIFERENCIAÇÃO DE SAVITZKY-GOLAY NA DETECÇÃO DE COMPLEXOS QRS EM SINAIS DE ECG

APPLICATION OF SAVITZKY-GOLAY DIFFERENTIATOR FILTER IN QRS COMPLEX DETECTION IN ECG SIGNALS

ERICA N. NISHIDA¹; LUIS H. C. FERREIRA¹; ODILON O. DUTRA¹
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

erica.nishida@unifei.edu.br; luis@unifei.edu.br; odutra@unifei.edu.br

Resumo – Este artigo propõe a implementação de um filtro de diferenciação de Savitzky-Golay em uma das etapas de detecção do complexo QRS em um sinal de eletrocardiograma (ECG), do algoritmo DOM. Tal alteração é realizada na fase inicial do algoritmo e permite simplificar etapas seguintes, como a fixação dos thresholds, reduzindo tempo e memória de processamento. Além disso, devido às propriedades de filtros de Savitzky-Golay, é possível suprimir ruídos na frequência de 60 Hz, que podem ser muito prejudiciais nas leituras dos sinais de ECG. A eficiência, exatidão e imunidade a ruído são comprovados através de figuras de mérito analisadas a partir de sinais padrão de ECG gerados pelo ECGSYN.

Palavras-chave: Filtro de Savitzky-Golay. Eletrocardiograma. Detecção do complexo QRS.

Abstract – This paper proposes the implementation of a Savitzky-Golay differentiation filter in one of the QRS complex detection stages, in an electrocardiogram (ECG) signal, of algorithm DOM. Such change is made in the algorithm initial phase and allows simplification of future stages, as thresholds establishments, that reduces processing time and memory. In addition, due to Savitzky-Golay filtering properties, it is possible to suppress noise in the frequency of 60 Hz, which can be very damaging in the readings of an ECG signal. Efficiency, accuracy and noise immunity are verified through figure of merit that were analyzed from standard signal generated by ECGSYN.

Keywords: Savitzky-Golay filter. Electrocardiogram. QRS complex detection.

I. INTRODUÇÃO

O exame padrão para se avaliar a propagação da atividade elétrica no coração é chamado de eletrocardiograma (ECG). Esse exame capta as mudanças elétricas responsáveis pela contração e relaxamento dos músculos cardíacos e as transcreve em um gráfico (TEIXEIRA, 2015). Esse gráfico apresenta uma estrutura padrão composta por onda P, complexo QRS e onda T (TINNAKORNSRISUPHAP, BILLO, 2015). Amplitude, duração e morfologia dessas ondas são parâmetros em que se baseia a identificação de cardiopatias. A análise do complexo QRS, por exemplo, permite a identificação da taxa de batimentos cardíacos do paciente, taquicardias, entre outros.

A eficácia do diagnóstico automático, a partir da análise digital de um sinal de ECG depende da capacidade de leitura e filtragem de ruídos. Tipicamente, são encontrados

ruídos relacionados à alimentação do equipamento que realiza o exame (na frequência de 60 Hz), à movimentação dos músculos, à aquisição feita pelos eletrodos, entre outros. Tais interferências, somadas à variabilidade morfológica do complexo QRS, dificultam sua correta detecção.

Portanto, a eficiência de sua detecção está diretamente ligada ao algoritmo utilizado e à filtragem do sinal adquirido. Devido a este fato, existem diversos algoritmos de detecção de complexo QRS, cada um com uma característica marcante. Entre eles estão o algoritmo de Pam-Tompkins (PAN, TOMPKINS, 1985), o algoritmo por transformada Wavelet (LI et al., 1995) e o algoritmo DOM (YEH, WANG, 2008).

O algoritmo DOM é, dentre os três, o mais simples e rápido devido à simplicidade de suas operações matemáticas e de manipulação de sinal. Apesar disso, a confiabilidade não é afetada, visto que sua taxa de falha de 0,19 % está bem abaixo de outros algoritmos de detecção. O detalhamento do algoritmo pode ser visto na Seção 2.2.

Tais características o tornam atrativo para a implementação em microcontroladores. Esse foi o principal motivo para sua escolha como referência a este artigo, já que o intuito é implementá-lo em um sistema embarcado. No entanto, para seu correto funcionamento, é necessária uma filtragem por *hardware* para condicionamento do sinal. Isso introduz a possibilidade de alteração de uma das etapas do algoritmo, a operação de diferenciação, de forma que a filtragem seja incluída nessa operação, em software, aumentando a imunidade a ruídos do algoritmo e diminuindo custos com *hardware*.

A alteração realizada implementa um filtro de diferenciação de Savitzky-Golay no início do algoritmo que, devido às suas propriedades (Seção 3.1), permite a rejeição do ruído de 60 Hz e atenuações acima de 80dB para uma faixa de $\pm 10\%$ no em torno deste valor. Ainda é considerável a atenuação de ruído branco.

O objetivo desse artigo é a comprovação da eficiência e exatidão da alteração proposta (algoritmo DOM modificado com filtro de Savitzky-Golay).

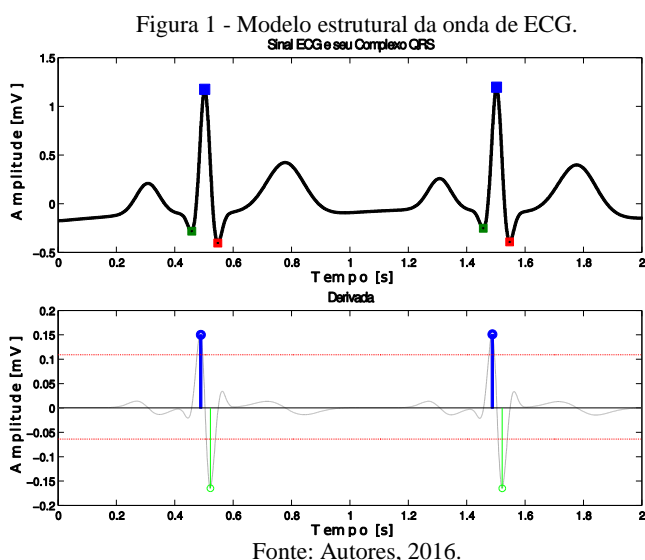
II. PROCEDIMENTOS

2.1 – Eletrocardiograma

A contração e o relaxamento dos músculos do coração resultam da despolarização e repolarização das células do

miocárdio. Tais mudanças elétricas são captadas por meio de eletrodos e transcritas para um gráfico, chamado eletrocardiograma. É o exame padrão para se avaliar a propagação da atividade elétrica no coração, potencialmente rico em informações sobre o funcionamento do mesmo (TEIXEIRA, 2015).

O modelo estrutural padrão da onda de um ECG, que pode ser visto na Figura 1, é composto da onda P, que representa a ativação atrial, do complexo QRS, que representa a ativação ventricular e da onda T que representa a repolarização ventricular (TINNAKORN SRISUPHAP, BILLO, 2015). Abaixo do sinal de ECG, pode ser vista sua derivada. Essa onda mostra como a identificação dos picos, e consequentemente do complexo QRS, se torna bem definida com tal operação, para um sinal livre de ruídos.



O complexo QRS caracteriza a contração, ou despolarização, dos ventrículos e apresenta duração média de 0,07 s e desvio padrão de 0,016 s. A sua detecção é importante para a determinação de características do ECG, como a taxa de batimentos cardíacos, que permitem o diagnóstico rápido por cardiologistas. A morfologia das ondas, as condições fisiológicas dos pacientes e a presença de ruídos podem dificultar a detecção automática do complexo QRS (OLIVEIRA, 2009).

2.2 – Algoritmo DOM

Um algoritmo simples e rápido capaz de realizar a detecção do complexo QRS é chamado *Difference Operation Method* (DOM) proposto por YEH, WANG (2008). O mesmo pode ser entendido pelo diagrama da Figura 2 e considera que o sinal de ECG adicionado de ruídos recebe extensa filtragem por *hardware* antes de seu início.

Após a pré-filtragem, o sinal passa por três etapas importantes: (i) ajuste de *threshold* superior (através da média dos valores positivos); (ii) ajuste de *threshold* inferior (através da média dos valores negativos) e (iii) diferenciação do sinal (após esta operação, há nova filtragem para rejeitar alta frequência).

Os sinais resultantes das operações acima são entradas para o bloco de detecção do complexo QRS, no qual o algoritmo identifica os pontos Q, R e S separadamente. A posição dos pontos detectados é unida ao sinal original, reali-

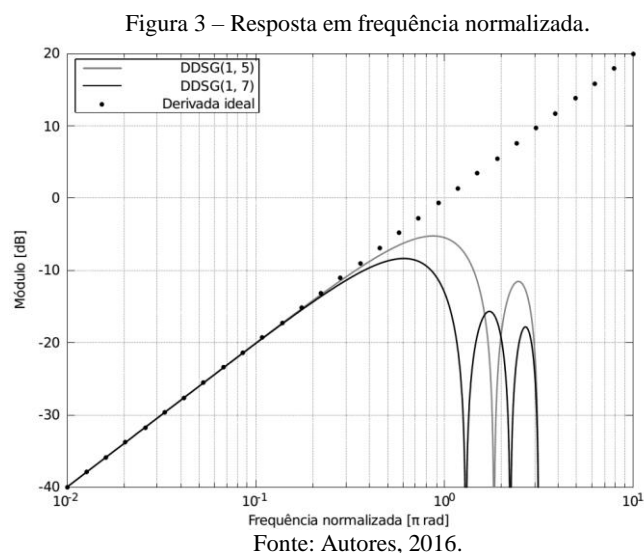
zando a identificação completa do complexo QRS no sinal original (ECG + ruídos).

O algoritmo foi testado com um banco de dados de ECG padrão (MIT-BIH) e comparado com outros métodos. O maior diferencial desse algoritmo é a não utilização de cálculos matemáticos complexos, como correlação cruzada e Transformada de Fourier, utilizados pelos algoritmos de Pan-Tompkins (PAN, TOMPKINS, 1985) e por Transformada Wavelet (LI et al., 1995), respectivamente. A simplicidade matemática é traduzida em maior velocidade de processamento e menos memória necessária. Apesar disso, a confiabilidade não é afetada, visto que a taxa de falha encontrada de 0,19 % está bem abaixo de outros algoritmos de detecção.

2.3 – Filtro de Savitzky-Golay

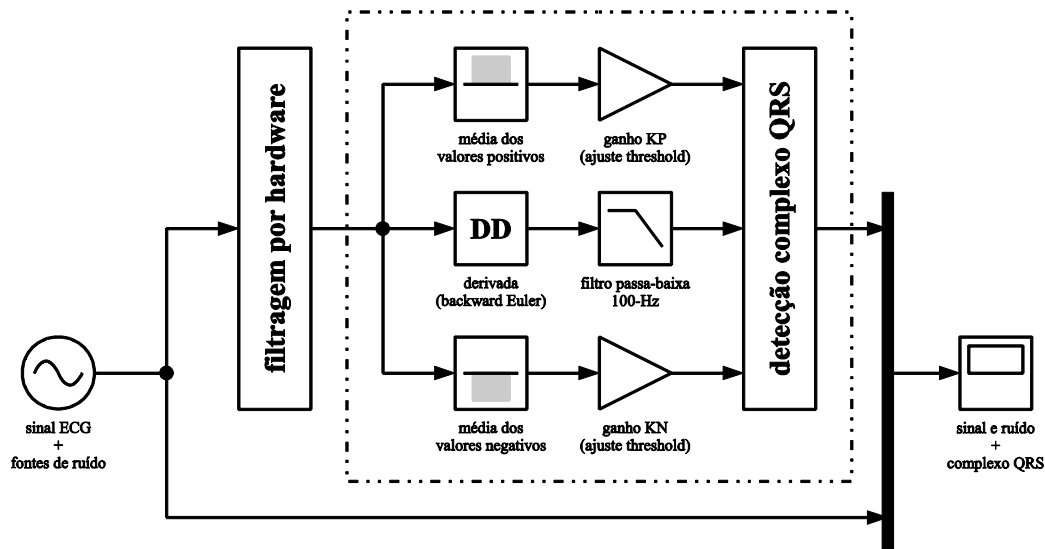
O filtro de Savitzky-Golay foi criado em 1964 como um algoritmo de filtragem e suavização de dados, incluindo as derivadas do sinal. Pode ser pensado como uma generalização de um filtro de média móvel. Os coeficientes desse filtro são provenientes da realização de um ajuste linear não ponderado de mínimos quadrados utilizando um polinômio de uma determinada ordem no ponto central da janela (ZHAO et al., 2014). Não é necessário ajustar o polinômio novamente para os pontos seguintes, já que é possível fazer uma convolução automática com coeficientes constantes (HARGITTAI, 2005).

Além da sua característica de filtragem de ruídos aleatórios, o ajuste dos seus coeficientes permite a rejeição de certas frequências. Isso pode ser feito posicionando um dos pontos de nulo espectral (*zero-crossing points*) da curva no valor de frequência que se deseja filtrar, como pode ser visto na Figura 3. Como em todo filtro, há certa atenuação das frequências que não se deseja eliminar por seu comportamento não-ideal.



LUO et al. (2005) foi pioneiro no estudo das propriedades de filtros de diferenciação digitais de Savitzky-Golay (DDSG para primeira ordem). Com base nesses estudos, verificou-se que *d*-ésimo grau de DDSG preserva os momentos da derivada do sinal de entrada até a ordem *d*. O DDSG também minimiza o fator de amplificação do ruído. Além disso, o DDSG se aproxima da derivada digital ideal em baixas frequências.

Figura 2 – Diagrama DOM.



Fonte: Autores, 2016.

É importante ressaltar que os coeficientes desse filtro podem ser traduzidos em frações com o mesmo denominador, ou seja, o vetor de coeficientes do filtro pode conter apenas números inteiros e o denominador se traduz como uma constante. Essa característica permite que o processamento seja feito apenas no domínio dos números inteiros, simplificando o cálculo matemático e permitindo a utilização de microcontroladores mais simples para realizar a filtragem.

III. ALGORITMO PROPOSTO

3.1 – Propriedades do DDSG

Com base na definição de DDSG, os coeficientes do filtro de primeira ordem foram ajustados de forma que algum nulo espectral estivesse posicionado em 60 Hz, a fim de rejeitar essa frequência e que houvesse filtragem de ruído aleatório. Prezando pela simplicidade de operação foram inicialmente testados os filtros com menor número de coeficientes e fazendo a adequação da frequência de amostragem.

ajustado com o segundo nulo espectral em 60 Hz, com atenuação de 3 dB em 25 Hz.

Visto que a faixa de frequência favorável à detecção de complexo QRS foi atendida (ELGENDI et al., 2010), os filtros DDSG(1,5) e DDSG(1,7) foram escolhidos para essa aplicação. As taxas de amostragem estabelecidas foram 207 Hz e 169,5 Hz, respectivamente. Suas respostas em frequência são mostradas na Figura 4, juntamente com a derivada ideal normalizada para comparação.

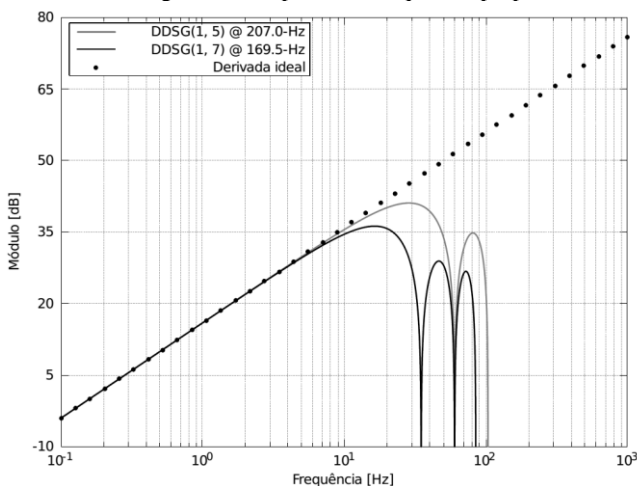
3.2 – Alterações no Algoritmo DOM

A filtragem de Savitzky-Golay proposta elimina a necessidade da filtragem por *hardware* necessária para aplicação do algoritmo DOM e permite a rejeição do sinal de 60 Hz, com a substituição da derivada (*backward Euler*). A filtragem passa-baixa também foi eliminada pelas propriedades do DDSG.

Como o sinal filtrado é mais livre de ruídos, foi possível alterar o ganho da etapa de cálculo dos *thresholds* aumentando a eficiência do algoritmo para sinais com forte presença de ruídos. O novo diagrama pode ser visto na Figura 5 e se apresenta como uma melhoria do diagrama da Figura 2.

É interessante observar que a implementação do filtro baseado na derivada Savitzky-Golay é similar a um filtro FIR (*Finite Impulse Response*), que gera uma latência equivalente ao tamanho da janela utilizado, mas não gera defasamento do sinal, ou seja, o mesmo não gera qualquer distorção dentro do espectro de interesse.

Figura 4 – Resposta em frequência proposta



Fonte: Autores, 2016.

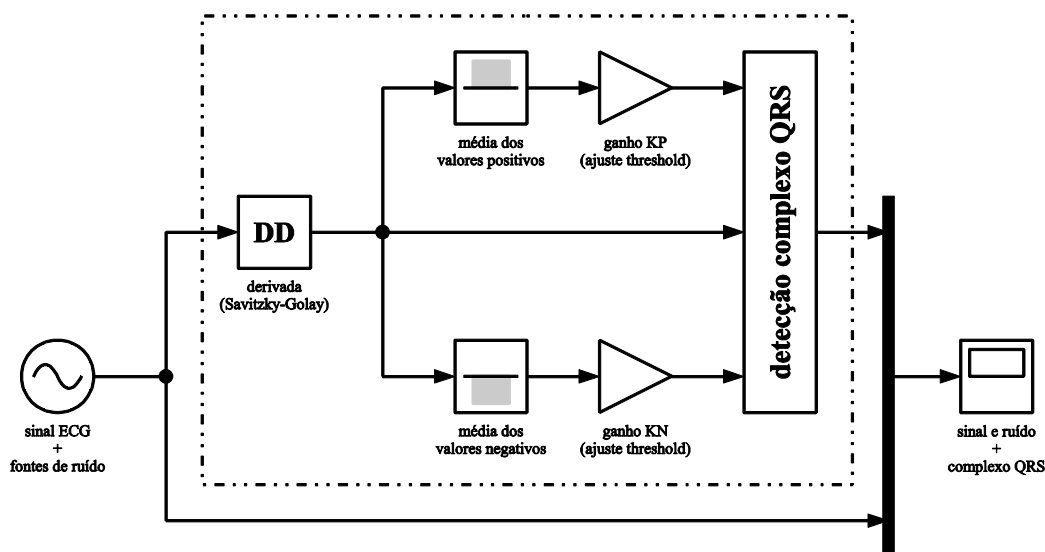
O DDSG(1,3), devido ao limite da amostragem, não apresentou lóbulos posteriores ao valor de 60 Hz. O DDSG(1,5) foi ajustado com o primeiro nulo espectral em 60 Hz, com atenuação de 3 dB em 43 Hz. O DDSG(1,7) foi

IV. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

As alterações no algoritmo foram testadas com sinais de ECG gerados pelo ECGSYN. O ECGSYN é um gerador real de sinais de ECG baseado em um modelo dinâmico da atividade elétrica cardíaca capaz de replicar muitos dos aspectos reais de um sinal de ECG (MCSHARRY et al., 2003). Muitas das alterações morfológicas observadas em um ECG, por exemplo, são vistas como consequência da estrutura geométrica desse modelo.

O fornecimento de um ECG realista permite torná-lo referência para teste de várias técnicas de processamento de sinal biomédicas para diferentes níveis de ruído e frequências de amostragem. No caso desse artigo, o uso do

Figura 5 – Diagrama modificado.



Fonte: Autores, 2016.

ECGSYN se mostra mais indicado do que os sinais MIT, utilizados em (YEH, WANG, 2008), devido à possibilidade de se controlar o nível de ruído do sinal, utilizando a mesma semente no processo de geração de ruído randômico.

De posse dessa ferramenta, foram gerados sinais de ECG com 29 complexos QRS variando nível de ruído e taxa de batimentos cardíacos. A geração dos sinais e implementação dos algoritmos foram feitos na plataforma MATLAB.

A execução separada das comparações com os filtros de DDSG(1,5) e DDSG(1,7) se deve ao fator de escala empregado em cada caso. O fator de escala é a razão entre a taxa de amostragem utilizada pelo algoritmo DOM (340 Hz) pela taxa de amostragem utilizada pelo método proposto (207 Hz para DDSG(1,5) e 169,5 Hz para DDSG(1,7)). A adequação dos sinais com esse fator permite uma comparação justa entre os algoritmos.

A Tabela 1 apresenta os resultados da comparação entre o algoritmo DOM e o algoritmo modificado com DDSG(1,5) para sinais de ECG a 60 batimentos por segundo com níveis de ruído aleatório gaussiano com amplitudes de 0 a 300 μV , na frequência de 207 Hz. A Tabela 2 apresenta os resultados da comparação entre o algoritmo DOM e o algoritmo modificado com DDSG(1,7) para sinais de ECG nas mesmas condições anteriores, porém na frequência de 169,5 Hz.

Tabela 1 – Teste ruído aleatório @207 Hz.

@60 bpm Ruído [μV]	DDSG(1,5)			DOM		
	TP	FP	FN	TP	FP	FN
0	29	0	0	29	0	0
50	29	0	0	22	0	7
100	29	0	0	15	16	14
150	29	0	0	14	45	15
200	29	1	0	12	65	17
250	26	2	3	13	67	16
300	21	2	8	13	64	16

As siglas **TP**, **FP** e **FN** significam, respectivamente, a quantidade de identificações corretas (*True Positive*), identificações incorretas (*False Positive*) e falta de identificação (*False Negative*). Comparando tais valores para os casos apresentados é possível perceber que a partir da adição de 100 μV de ruído, o algoritmo original não apresenta um bom

desempenho. É possível notar que o DDSG(1,7) apresenta menos erros na detecção do que o DDSG(1,5) a partir da adição de 200 μV de ruído.

Tabela 2 – Teste ruído aleatório @169,5 Hz.

@60 bpm Ruído [μV]	DDSG(1,5)			DOM		
	TP	FP	FN	TP	FP	FN
0	29	0	0	29	0	0
50	29	0	0	22	0	7
100	29	0	0	15	4	14
150	29	0	0	15	45	14
200	29	0	0	11	65	18
250	28	0	1	12	67	17
300	28	0	1	11	64	18

A Tabela 3 apresenta os resultados dos testes do algoritmo modificado com DDSG(1,5) e DDSG(1,7) com sinais de ECG a 150 μV de ruído aleatório, variando a taxa de batimentos cardíacos por minuto de 0 a 240 bpm.

Tabela 3 – Variação na taxa de batimento.

@150 [μV]	DDSG(1,5)			DOM		
	Bpm	TP	FP	FN	TP	FP
40	27	5	2	29	0	0
60	29	0	0	29	0	0
80	29	1	0	29	0	0
100	29	0	0	29	0	0
120	29	0	1	29	0	0
140	29	0	0	29	0	0
160	29	0	0	29	0	0
240	22	0	7	15	0	14

A comparação das figuras de mérito revela que apenas nos valores mínimos e máximos da taxa de batimentos utilizadas há certa falha em ambos os algoritmos.

Em seguida foram gerados novos sinais de ECG contaminados, dessa vez, com ruído senoidal na frequência de 60 Hz com amplitudes de 0 a 300 μV a 60 batimentos por segundo.

A Tabela 4 apresenta os resultados da comparação entre o algoritmo DOM e o algoritmo modificado com DDSG(1,5) com os novos sinais de ECG, na frequência de 207 Hz. A Tabela 5 apresenta os resultados da comparação

entre o algoritmo DOM e o algoritmo modificado com DDSG(1,7) com os novos sinais de ECG, na frequência de 169,5 Hz.

Tabela 4 – Teste ruído senoidal @207 Hz.

@60 bpm Ruído [μ V]	DDSG(1,5)			DOM		
	TP	FP	FN	TP	FP	FN
0	29	0	0	29	0	0
50	29	0	0	29	0	0
100	29	0	0	16	0	13
150	29	0	0	16	0	13
200	29	0	0	16	0	13
250	29	0	0	16	37	13
300	29	0	0	16	70	13

Tabela 5 – Teste ruído senoidal @169,5 Hz.

@60 bpm Ruído [μ V]	DDSG(1,5)			DOM		
	TP	FP	FN	TP	FP	FN
0	29	0	0	29	0	0
50	29	0	0	29	0	0
100	29	0	0	13	0	16
150	29	0	0	16	0	13
200	29	0	0	18	25	11
250	29	0	0	24	38	5
300	29	0	0	24	34	5

Comparando os valores de TP, FP e FN apresentados é possível perceber que a partir da adição de 100 μ V de ruído senoidal, o algoritmo original não apresenta um bom desempenho. É possível notar que tanto o DDSG(1,5), quanto o DDSG(1,7) não apresentam nenhum erro na detecção com sinais contaminados com ruído em 60 Hz.

Para exemplificar as Tabelas 1, 2, 4 e 5, as Figuras 6 e 7 foram construídas. Nelas, é possível visualizar, graficamente, a melhoria do algoritmo modificado com relação ao DOM.

Na Figura 6, a linha superior se refere ao sinal em destaque na Tabela 1 e a linha inferior, ao sinal em destaque na Tabela 2. A primeira coluna apresenta os gráficos do sinal original em cinza, o sinal puro, oriundo do ECGSYN, em preto, os pontos R em azul, os pontos Q em verde e os pontos S em vermelho. Na segunda coluna, são ilustrados: os picos R detectados na etapa de diferenciação do algoritmo (em azul devido à variação positiva e em verde devido à negativa) e os *thresholds* são sinalizados pelas linhas pontilhadas vermelhas. A Figura 7 traz as mesmas informações, porém sobre os sinais em destaque nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Nos gráficos da segunda coluna de ambas as figuras, é notável a atuação do comportamento de rejeição à ruído presente nas ondas dos algoritmos modificados com a filtro de diferenciação de Savitzky-Golay. Os picos se mostram bem definidos garantindo a correta detecção do complexo QRS. Para auxiliar na comparação entre os algoritmos, foram calculadas a sensibilidade (*S*), a previsibilidade positiva (*P*) e a detecção de falha (*F*). Suas equações são apresentadas pelas Equações 1, 2 e 3, respectivamente. A Tabela 6 compara os valores dessas figuras de mérito para os casos em destaque nas Tabelas 1, 2, 4 e 5.

$$S = TP / (TP + FN) \quad (1)$$

$$P = TP / (TP + FP) \quad (2)$$

$$F = (FP + FN) / Total \quad (3)$$

A partir da análise da Tabela 6, confirma-se o melhor desempenho do algoritmo modificado proposto.

Tabela 6 – Figuras de mérito.

Sinal [%]	Ruído Aleatório			Ruído 60 Hz		
	DOM	SG 5	SG 7	DOM	SG 5	SG 7
S	51.72	100	100	55.17	100	100
P	30.61	100	100	100	100	100
F	165.52	0	0	44.82	0	0

Os valores encontrados de *S*, *P* e *F* são os ideais tanto para o DDSG(1,5) quanto para o DDSG(1,7). O mesmo não acontece para as figuras de mérito do algoritmo DOM.

IV. CONCLUSÃO

O algoritmo modificado com o filtro de diferenciação Savitzky-Golay se mostrou bastante eficiente na detecção de complexos QRS, mesmo na análise de sinais de ECG com elevado nível de ruído, além de apresentar rejeição à frequência de 60 Hz.

A sua comparação com o algoritmo DOM pelas taxas de acerto e figuras de mérito confirmam sua eficiência. É importante ressaltar que as alterações em *software* simplificam o código deixando-o mais rápido e consumindo menos memória, objetivando a aplicação em microcontroladores.

Ao eliminar o filtro passa-baixa, pode se garantir a aplicação em tempo real da detecção, visto que se elimina o atraso de sua janela. Outra grande vantagem se dá pela eliminação da etapa de pré-filtragem por *hardware*, garantindo economia e também simplificação do circuito de aquisição do sinal de ECG.

Com a eficácia das modificações comprovada, o próximo passo será a implantação do algoritmo em um sistema portátil microcontrolado que seja capaz de apresentar ao médico e ao paciente informações precisas sobre o comportamento cardíaco em tempo real.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, à FAPEMIG e à FINEP pelo apoio financeiro que permitiu o desenvolvimento desse trabalho. Este trabalho foi suportado pelos convênios FAPEMIG PPM-00495-15 e FINEP 01.13.0387.00.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ELGENDI, M.; JONKMAN, M.; DEBOER, F. (2010). Frequency bands effects on QRS detection. **Biomedical Engineering Systems and Technologies**. p. 428-431.
- HARGITTAI, S. (2005). Savitzky-Golay least-squares polynomial filters in ECG signal processing. **Computers in Cardiology**. p. 763-766.
- LI, C.; ZHENG, C.; TAI, C. (1995). Detection of ECG characteristic points using wavelet transforms. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. v. 42, n. 1, p. 21-28.
- LUO, J.; YING, K.; HE, P.; BAI, J. (2005). Properties of Savitzky-Golay digital differentiators. **Elsevier Digital Signal Processing**. v. 15, p. 122-136.
- MCSHARRY, P.; CLIFFORD, G.; TARASSENKO, L.; SMITH, L. (2003). A dynamical model for generating syn-

thetic electrocardiogram signals. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. v. 50, n. 3, p. 289-294.

OLIVEIRA, A. (2009). Detecção do complexo QRS em sinais cardíacos utilizando FPGA. **Master's thesis**, Universidade Estadual de Campinas, Mestrado em Engenharia Mecânica.

PAN, J.; TOMPKINS, W. (1985). A real-time QRS detection algorithm. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. v. 32, n. 3, p. 230-236.

TEIXEIRA, C. (2015). Uma comparação entre topologias de amplificadores de biopotencial para eletrodos secos ativos baseados em PCI. **Master's thesis**, Universidade Federal de Itajubá, Mestrado em Engenharia Elétrica.

TINNAKORNSRISUPHAP, T.; BILLO, R. (2015). An interoperable system for automated diagnosis of cardiac

abnormalities from electrocardiogram data. **Biomedical and Health Informatics**. v. 19, n. 2, p. 493-500.

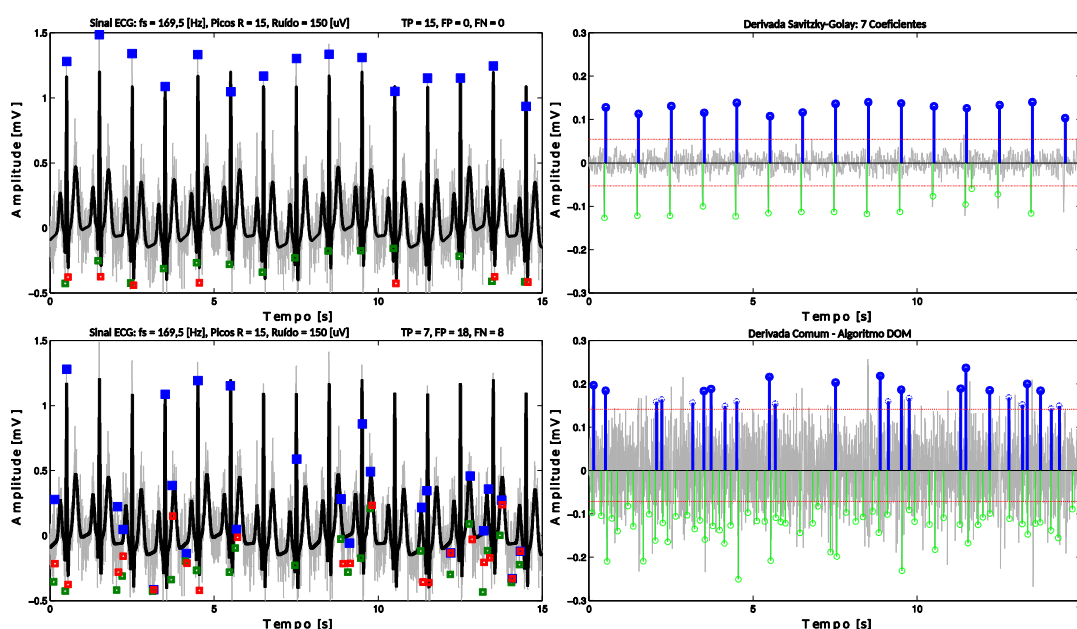
YEH, Y.; WANG, W. (2008). QRS complexes detection for ECG signal: The difference operation method. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**. v. 91, p 245-254.

ZHAO, A.; TANG, X.; ZHANG, Z., L. J. (2014). The parameters optimization selection of Savitzky-Golay filter and its application in smoothing pretreatment for FTIR spectra. - **IEEE 9th Conference Industrial Electronics and Applications (ICIEA)**. p. 516-521.

VII. COPYRIGHT

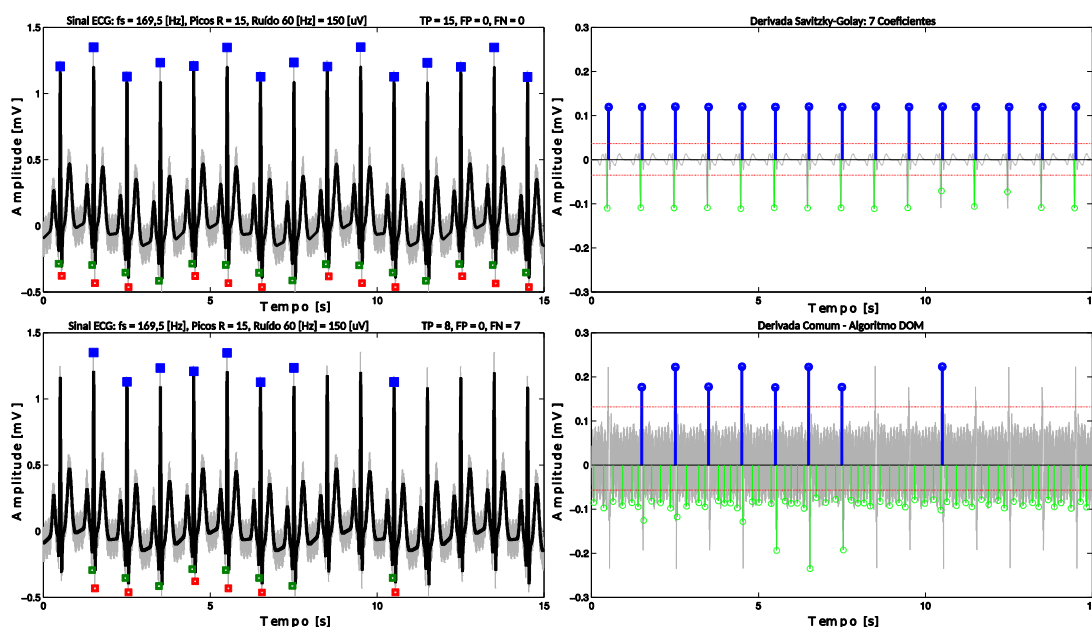
Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Figura 6 – ECG + 150 μ V ruído aleatório.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 7 – ECG + 150 μ V ruído senoidal.



Fonte: Autores, 2016.

ANÁLISE DE FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE UM POTENCIAL DE AÇÃO ESPONTÂNEO

ANALYSIS OF FACTORS CONTRIBUTING TO THE GENERATION OF A SPONTANEOUS ACTION POTENTIAL

DANIELE PIRES MAGALHAES¹; RODRIGO WEBER DOS SANTOS¹
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

magalhaes.danielep@gmail.com; rodrigo.weber@yahoo.com

Resumo – Diversas condições podem influenciar para a formação de Potenciais de Ação Espontâneos, que são uma das maiores causas de arritmias cardíacas. O presente estudo tem como objetivo testar as condições necessárias para a formação de um Potencial de Ação Espontâneo usando modelos computacionais desenvolvidos para simular a estimulação β -Adrenérgica.

Palavras-chave: Arritmias Cardíacas. Estímulo β -Adrenérgico. Potencial de Ação Espontâneo.

Abstract - Several conditions may influence the formation of Spontaneous Action Potentials, which are one of the major causes of cardiac arrhythmias. The present study aims to test the conditions necessary for the formation of a Spontaneous Action Potentials using computational models developed to simulate β -Adrenergic stimulation.

Keywords: β -Adrenergic Stimulation. Cardiac Arrhythmias. Spontaneous Action Potentials.

I. INTRODUÇÃO

Arritmias Ventriculares Malignas são a maior causa de morte no mundo (KJEKSHUS, 1990). Potenciais de Ação Espontâneos (PAEs) são um dos maiores responsáveis pela arritmia cardíaca (ESPÍRITO SANTO et al., 2015). O sistema de sinalização Beta-Adrenérgico (β -AR) desempenha um papel importante no funcionamento das células cardíacas. Dados experimentais mostram que a ativação deste sistema produz inotropia, lusitropia e cronotropia no coração, tais como aumento da magnitude e taxas de relaxamento de transientes Cálcio (Ca) intracelular e força de contração e aumento do ritmo cardíaco. (BONDARENKO, 2014).

O ciclo de Ca sofre muitas modificações através da estimulação β -AR, como observado em artigos experimentais (BRUNELLO et al., 2013) e (POTT et al., 2012).

Em um trabalho experimental recente Brunello et al. (2013), foi demonstrado que a mutação CASQR33Q resulta em diminuição da capacidade da proteína CASQ2 para se ligar ao Ca no retículo sarcoplasmático (RS). Observou-se que a combinação da mutação CASQR33Q e estimulação β -AR, via administração de isoproterenol (ISO), eleva a concentração de Cálcio livre no RS, levando à liberação Ca induzida pela sobrecarga de armazenamento no RS, a

liberação Ca espontânea (LCE) e à formação do pulso de Ca espontâneo (PCE). No entanto, esta combinação particular e a presença de PCE não foram suficientes para desencadear PAEs em miócitos cardíacos isolados.

O trabalho experimental de Pott et al. (2012) descreveu como a superexpressão na bomba NaCa ou também conhecida por NCX através de uma mutação (NCX-Tg) afeta a eletrofisiologia de miócitos cardíacos isolados. Neste caso, a combinação da estimulação β -AR com a mutação na bomba NCX foi capaz de desencadear PAEs.

De acordo com os trabalhos de Pott et al. (2012) e ESPÍRITO SANTO et al. (2015) podemos avaliar a importância da modelagem do estímulo β -AR para reproduzir PAEs sem o estímulo β -AR mesmo diante de uma mutação só é possível observar a formação de PCEs e despolarizações atrasadas (DAs). Atualmente existem dois trabalhos que fazem a modelagem do estímulo β -AR o modelo de Bondarenko (2014) e o modelo de Morotti et al. (2014). O presente trabalho faz uma comparação entre as modelagens e verifica a formação de PAEs em ambas.

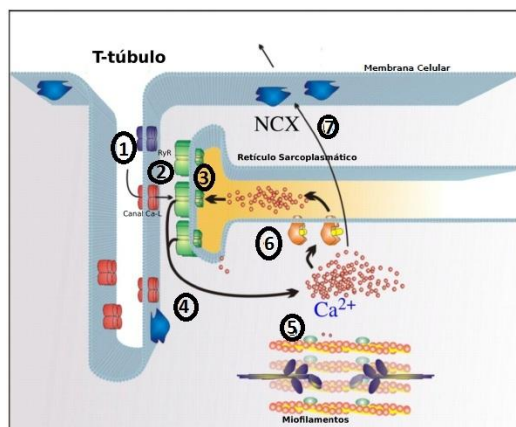
II. METODOLOGIA

A contração do tecido cardíaco é realizada devido à diversas reações bioquímicas que ocorrem em uma única célula. Um miócito cardíaco contrai-se devido às reações e isto influencia célula a célula fazendo o conjunto celular contrair por completo. Os batimentos cardíacos dependem destes mecanismos e é um fenômeno totalmente sincronizado. Arritmias cardíacas ocorrem devido à uma falha neste sincronismo. Falhas que podem ser originadas devido às reações bioquímicas inesperadas, mutações celulares e etc. A eletrofisiologia dos miócitos cardíacos é um processo complexo, envolve o sistema elétrico, e é ditada pela sensibilidade dos canais iônicos e pela diferença de potencial. A nível celular um Potencial de Ação (PA) natural ocorre devido à grandes diferenças de concentrações iônicas entre os meios intra e extracelulares, o potencial da membrana em seu estado de repouso é de aproximadamente -80 mV. O nodo sinoatrial gera um estímulo elétrico provocando uma variação no potencial da membrana que dá origem ao Potencial de Ação. Quando um PA ocorre os canais iônicos constituídos de proteínas (presentes na membrana celular) sofrem alterações em sua estrutura permitindo a passagem de fluxos iônicos, ocorrendo assim

as trocas iônicas entre os meios intra e extracelulares. Os fluxos iônicos provocam outra série de reações bioquímicas que influenciam a contração celular.

As concentrações de íons fundamentais presentes nos meios intra e extracelulares são as concentrações de Sódio (Na), Potássio (K) e Cálcio (Ca). O ciclo de Ca influencia diretamente o Potencial de Ação. As estruturas que fazem parte deste ciclo são: o canal de Ca do tipo L (LTCC), receptores Ryanodina (RyR), retículo sarcoplasmático (RS), miofilamentos, Canal de Ca do RS (SERCA), bomba de NaCa conhecida como trocador NCX, dentre outras. A seguir podemos verificar a Figura 1 que exemplifica a ordem de ocorrência das reações no ciclo de Ca.

Figura 1 – Representação celular do ciclo de Ca. A figura está enumerada de acordo com a ordem que o ciclo ocorre. Em 1 após o PA ocorrer o LTCC abre e permite a passagem de Ca. Em 2 o RyR que é localizado numa região próxima ao LTCC abre devido à sensibilidade ao íon de Ca e permite a entrada de Ca no interior do RS. A concentração de Ca no RS aumenta porque SERCA também capta o Ca como vemos em 6. Em 3 os RyRs começam a liberar um pouco de Ca para o meio intracelular. Em 4 os íons de Ca que são liberados por RyR caem nos miofilamentos e um pouco desta concentração já é recaptada por SERCA. Em 5 os miofilamentos liberam Ca. Em 6 SERCA vai captando o Ca e em 7 a bomba NCX extrai um pouco da concentração de Ca para o meio extracelular.



Fonte: Adaptado de Ibrahim et al. (2011).

O processo exemplificado pela Figura 1 é a liberação de Ca induzida por Ca e conhecido como CICR. A CICR é um processo natural da homeostase celular. Já a liberação de Ca espontânea (LCE) ocorre quando há uma estimulação fora do previsto, seja ela vinda do sistema nervoso ou de uma mutação na composição proteica de algum canal iônico. Uma LCE pode causar um pulso de Ca espontâneo (PCE) e atrapalhar todo o sincronismo da eletrofisiologia e bioquímica celular. Como já comentado anteriormente PCEs provocam PAEs que são responsáveis por desencadear arritmias cardíacas.

A estimulação β -AR ocorre através do sistema nervoso central, em situações de stress do indivíduo, ou até mesmo durante atividades físicas.

Existem diversas mutações que se dão por alguma deformação proteica na estrutura do canal iônico, alterando a passagem dos fluxos na proporção ideal. O foco do estudo desta pesquisa é na mutação da bomba NCX que normalmente trabalha levando um íon de Ca para o meio extracelular e trazendo 3 íons de Na para o meio intracelular. No miócito que contém esta mutação a bomba trabalha com uma super-expressão, ou seja, aumenta a sua

atividade no processo de trocas iônicas. A combinação de estímulo β -AR e a mutação na bomba NCX são fatores que combinados podem gerar alterações no ciclo de Ca e consequentemente a geração de um PAE.

O modelo de Bondarenko (2014) simula o comportamento bioquímico das proteínas que compõem os canais iônicos acoplado ao comportamento eletrofisiológico. A parte bioquímica foi separada nas seguintes partes: receptor β -adrenérgico, Adenyl cyclase, Phosphodiesterase, adenosinamono-fosfato cíclico (cAMP) dependente da proteína kinase A (PKA) (cAMP-PKA), Proteínas phosphatases and Inibidor-1, dinâmica cAMP e dinâmica PKA. Além disso, a parte eletrofisiológica foi atualizada para incluir compartimentos funcionais subcelulares principais (caveolae, extracaveolae e citosol). Em particular, o modelo inclui duas subpopulações dos canais de Ca do tipo L, em compartimentos caveolae e extracaveolae e trabalha com as seguintes correntes: ICaL, IpCa, INaCa, INa, ICab, INab, INaK, IKtof, IK1, IKur, IKss, IKr, ICl, Ca e Istim.

O sistema de sinalização β -AR afeta cinco dessas correntes: ICaL, INa, IKtof, IKur e IK1. Em termos de dinâmica Ca, os receptores Ryanodina (RyRs), phospholamban e troponina também são afetados pela aplicação de ISO. Uma das maiores modificações do novo modelo foi nas cadeias de Markov de ICaL, INa e RyRs. Várias outras modificações foram feitas no recente modelo. Detalhes adicionais podem ser encontrados no trabalho original de Bondarenko (2014).

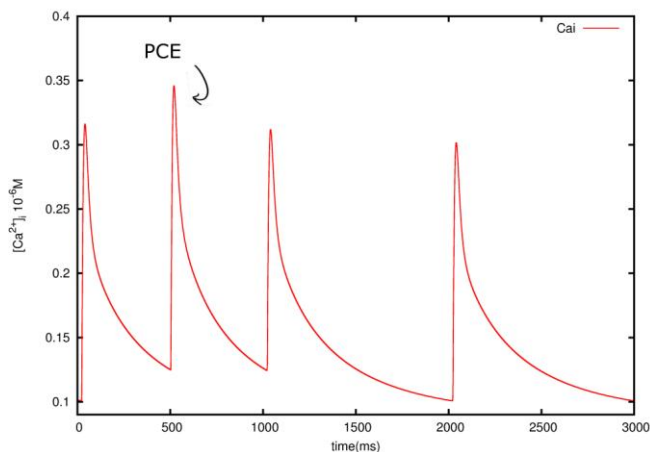
Como mencionado anteriormente, o novo modelo de Bondarenko (2014) descreve tanto as vias bioquímicas como o acoplamento eletrofisiológico envolvido na estimulação β -AR. Como estamos interessados apenas nos aspectos eletrofisiológicos, implementamos uma versão reduzida e simplificada deste modelo. Nossa implementação considera todas as 102 Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) associadas à parte da eletrofisiologia, mas mantém as constantes de concentração de espécies bioquímicas relevantes, isto é, independentemente do tempo. Portanto, para simular os efeitos de 1.0 micromolar (μ M) de ISO assumindo concentrações de acordo com Bondarenko (2014) em que as concentrações correspondentes da subunidade catalítica de PKA na caveolae (responsável pela fosforilação), extracaveolae e compartimentos citosólicos(cyt) são ajustados para 0,38 μ M, 0,78 μ M e 0,3 μ M, respectivamente. Uma das proteínas responsáveis pelo processo de desfosforilação é a PP1 e ela está localizada na caveolae(cav) e extracaveolae (ecav), outra delas é a PP2A que está localizada na caveolae e no citosol, as concentrações utilizadas foram respectivamente: [PP1] cav = 0.1 μ M, [PP1] ecav = 0.1 μ M, [PP2A] cav = 0.1 μ M e [PP2A] cyt = 0.0607843 μ M. A concentração total de fosfatase foi ajustada para [PP] cav = 0.2 μ M. Estas proteínas assumem estes valores na presença de 1.0 μ M de ISO, tal como descrito descrito na Figura 15 do documento original de Bondarenko (2014).

Em suma, o mecanismo associado à gênese de PAEs e um evento de liberação de Ca espontânea (LCE) pode acionar um pulso de Ca espontâneo (PCE); o PCE ativa a bomba NCX. O influxo de Na desencadeia a geração de um PAE (FABER E RUDY, 2007). Assim, o maior responsável pela formação de um PAE pode ser a formação de um PCE que é um evento de natureza estocástica. No trabalho experimental de Brunello et al. (2013), foi possível observar

que na presença de ISO a frequência da formação de um PCE é observado em cerca de 5% das vezes em miócitos cardíacos isolados de camundongos estimulados a 1Hz. Vários modelos estocásticos foram desenvolvidos para descrever este fenômeno de LCE em pacientes cardíacos (CHEN ET AL., 2012). Neste trabalho, não temos o objetivo de fazer a modelagem estocástica.

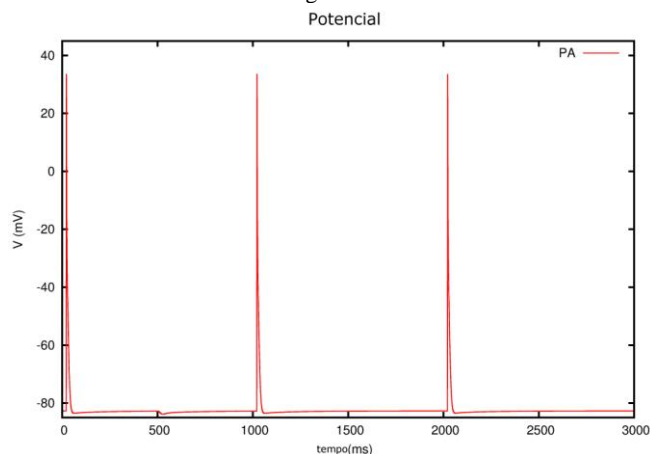
No presente trabalho supomos apenas que uma LCE ocorre e a simulamos da seguinte maneira: entre dois PAs impomos a liberação de Ca a partir do RS substituindo a variável J_{rel} da Modelo por uma função prescrita $JSCR(t)$, que só depende de tempo. A função $JSCR(t)$ reproduz apenas os valores da variável J_{rel} durante um PA, isto é $JSCR(t)$ tem uma duração de aproximadamente 80 milissegundos (ms). A Figura 2 mostra que utilizando este esquema, o evento LCE gerado artificialmente é capaz de gerar um PCE entre os dois primeiros PAs na Figura 1 (modelo de miócitos estimulado a 1 Hz). No entanto, este PCE não gera um AP, como é apresentado pela Figura 3. Isto está de acordo com as experiências descritas em [2], isto é, mesmo na presença de ISO, um PCE não gera um PA.

Figura 2 – Simulação de um Pulso de Ca Espontâneo induzido pela função $JSCR(t)$ no tempo igual a 500 ms, no modelo de Bondarenko (2014).



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

Figura 3 – Potencial de Ação durante a indução de um PCE no modelo de Bondarenko (2014). Veja que em $t = 500ms$, quando o PCE foi induzido não houve influência alguma no comportamento do Potencial. Não chegou a formar nem uma DA.



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

Um dos mecanismos para extrusão de Ca no miócito cardíaco é a bomba de NaCa, também conhecida como NCX. A mutação que alguns camundongos possuem é

denominada por NCX-TG e envolve muitas mudanças na eletrofisiologia de miócitos cardíacos isolados, como descrito em Pott et al. (2012). Em especial, a alteração mais relevante é um aumento de até aproximadamente 2,5 vezes da expressão da corrente I_{NaCa} . Portanto, para simular esta alteração principal associada à mutação NCX-TG, aumentamos o parâmetro do modelo k_{NaCa} em diferentes níveis, de 50% até 2,5 vezes (de acordo com a Figura 1 do trabalho experimental Pott et al. (2012)) do seu valor normal documentado.

O modelo de Bondarenko (2014) foi implementado na linguagem de programação C. Uma vez que os sistemas de equações diferenciais ordinárias EDOs são altamente stiff, o método de integração BDF foi utilizado através da biblioteca CVODE. As simulações foram executadas em um processador Intel Core i7 (1,6 GHz, 8 GB de RAM). Para todas as simulações a frequência de estimulação foi de 1Hz.

A modelagem de Morotti et al. (2014) também abrange a eletrofisiologia de miócitos ventriculares de camundongos, incluindo sinalização de Ca e da proteína quinase II (CaMKII) e evidência que CaMKII não só causa elevação de Na intracelular, mas este aumento de Na também promove ativação de CaMKII aumentando Ca intracelular. O modelo permite à análise de arritmias provocadas pelo aumento da concentração de Na intracelular. Para a construção do mesmo Morotti et al. (2014) modificou o modelo de Soltis e Saucerman (2010), que foi desenvolvido para miócitos de coelhos, para corresponder a eletrofisiologia específica do camundongo e à manipulação de Ca juntamente com à regulação de ambos pela ativação de CaMKII e PKA em miócitos ventriculares de camundongos. O modelo abrange uma parte que representa a super-expressão de CaMKII e também foi construído para incorporar os efeitos agudos e crônicos da hiperatividade CaMKII, conforme relatado em miócitos transgênicos (TG) de camundongos (CaMKII-OE).

Resumidamente, para além das respostas agudas e dinâmicas do canal de Ca do tipo L (LTCC), do receptor de rianodina (RyR) e de fosfolambam (PLB), durante a sobre-expressão alterações para as simulações dependentes de CaMKII de I_{Na} , I_{NaL} , I_{Na_leak} e Ito foram incluídas na maioria das simulações como um interruptor binário (on / off), para permitir a nossa manipulação direta desses efeitos. Em particular, os efeitos agudos de CaMKII sobre a homeostase de Na foram simulados por Morotti et al. (2014) como uma variação negativa na disponibilidade de I_{Na} , uma recuperação mais lenta da inativação de I_{Na} de acordo com o trabalho de Wagner et al. (2006) e um aumento de 4 vezes na corrente I_{NaL} também segundo Wagner et al. (2006) Morotti et al. (2014) realizou simulações, incluindo a regulação dinâmica de I_{NaL} , e I_{Na_leak} por CaMKII para avaliar os resultados no sistema de acoplamento completo.

Incluiu-se também efeitos transcricionais devido a CaMKII-OE crônica. As magnitudes de Ito, I_{K1} e da corrente correspondente à bomba de NCX foram aumentadas, como relatado em CaMKII-OE (Maier et al., 2003, Wagner et al., 2009).

Morotti et al. (2014) adaptou a sinalização β -adrenérgica como descrito no trabalho de Yang & Saucerman (2012), e as descrições originais de Saucerman et al.(2003) e Soltis & Saucerman (2010). Tal como nas formulações anteriores, os alvos de PKA em camundongos incluem LTCC, RyR, PLB, fosfolemam (PLM) e troponina I

(TnI), também foi incorporado o efeito de ISO para aumentar IK_{slow} .

Notavelmente, todos os resultados apresentados por Morotti et al. (2014) a respeito modelo para camundongos normais incluem PKA basal aguda e CaMKII (com exceção de INa , $INaL$, INa , leak e Ito , conforme especificado acima) O objetivo maior do trabalho referido é a regulação da mutação CaMKII-OE, que é acompanhada por efeitos agudos durante a homeostase celular diante da concentração de Na e Ito , juntamente com modificações transcritas de Ito , $IK1$ e NCX. Maiores detalhes sobre a modelagem podem ser verificados em Morotti et al. (2014) juntamente com o material suplementar online.

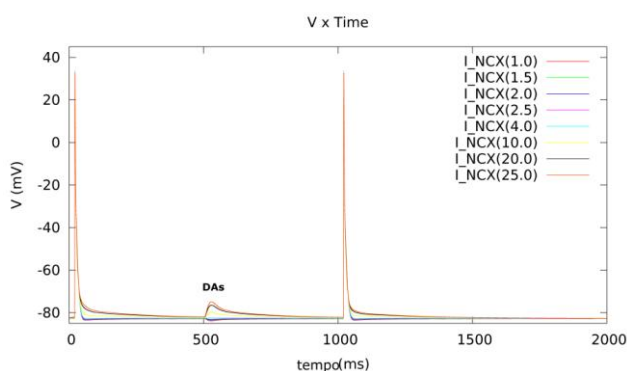
O objetivo do presente trabalho diante do modelo de Morotti et al. (2014) é avaliar se ele reproduz um potencial de ação espontâneo (PAE) utilizando as mesmas técnicas realizadas no modelo de Bondarenko (2014), aplicando apenas a parte da modelagem β -AR para camundongos normais na ausência e presença de ISO verificando também uma possível mutação na bomba NCX. Não foi utilizada a parte da modelagem que abrange a mutação CaMKII-OE.

As alterações e simulações do modelo de Morotti et al. (2014) foram feitas em Matlab. Uma vez que os sistemas de ODEs são altamente stiff, o método de integração BDF foi utilizado através da biblioteca ODE15. As simulações foram executadas em um processador Intel Core i3 (4 GB de RAM). Para todas as simulações a frequência de estimulação foi de 1Hz.

III. RESULTADOS

Um dos primeiros testes realizados com o modelo de Bondarenko (2014) foi verificar se apenas a mutação NCX sem ISO era capaz de gerar um PAE. Na Figura 4 a seguir podemos observar que o parâmetro k_{NaCa} foi aumentado em até 25 vezes para uma análise de sensibilidade, e mesmo aumentando ele nesta proporção só foi possível observar a ocorrência de DAs. Concluindo mais uma vez que, mesmo o miócito que possui a mutação na bomba NCX, caso não esteja sob estímulo β -AR não há chance de formação de um PAE. Veja a Figura 4, mesmo aumentando exageradamente para analisar a sensibilidade e o modelo reproduz apenas DAs comprovando mais uma vez os dados experimentais de Pott et al. (2012).

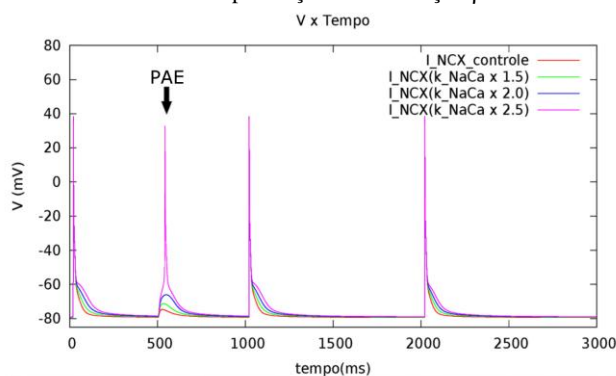
Figura 4 – A seguir podemos analisar o comportamento do Potencial de Ação no modelo de Bondarenko (2014) em um teste em que a mutação NCX-TG foi imposta. Observe a formação de DAs em miócitos de controle e miócitos NCX-TG na ausência de ISO, ou seja sem o estímulo β -AR.



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

Posteriormente, ainda na modelagem de Bondarenko (2014) foi realizado um segundo teste, aumentando-se o parâmetro k_{NaCa} em até 2,5 vezes para analisar se na presença de ISO um miócito NCX-TG reproduz um PAE. O PAE surgiu quando k_{NaCa} foi aumentado em 2,5 vezes comprovando assim mais uma vez os dados experimentais de Pott et al. (2012) veja a Figura 5 a seguir.

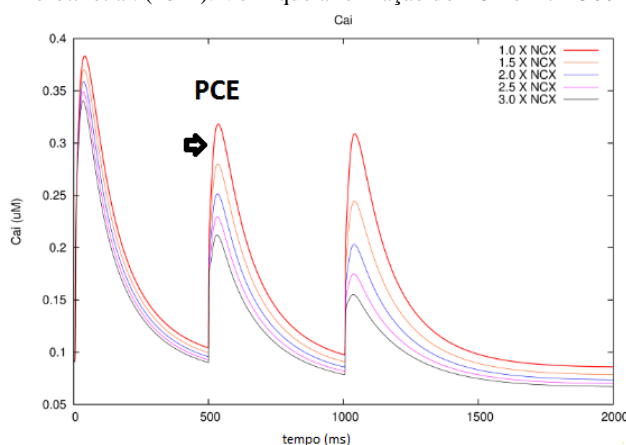
Figura 5 – A seguir podemos analisar o comportamento do Potencial de Ação no modelo de Bondarenko (2014) em um teste em que a mutação NCX-TG foi imposta agora na presença de ISO. Analise a formação de um PAE em miócitos de controle e miócitos NCX-TG na presença da estimulação β -AR.



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

Os resultados a seguir se referem ao modelo de Morotti et al. (2014). No primeiro teste realizado com ele foi feito um aumento da corrente em até 3 vezes sem ISO, em uma modelagem desenvolvida para o estímulo β -AR. Na Figura 6 podemos observar o que ocorre com a concentração de Ca transiente ao aumentar a corrente I_{ncx} e impor o fluxo J_{rel} no tempo igual a 500 ms.

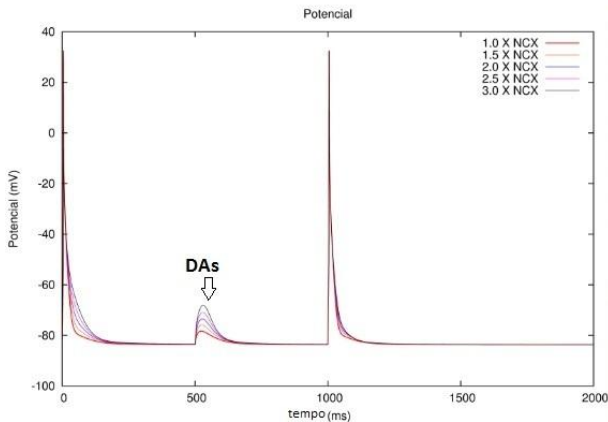
Figura 6 – Comportamento da concentração de Ca em miócitos de controle e miócitos NCX-TG sem ISSO usando o modelo de Morotti et al. (2014). Verifique a formação do PCE em $t = 500$ ms.



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

Na Figura 7 a seguir podemos verificar a formação de DAs com o mesmo teste realizado para obter a Figura 6 acima.

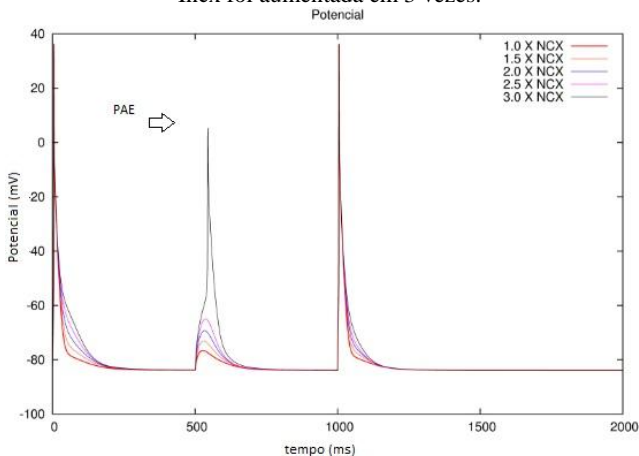
Figura 7 – Comportamento do Potencial de Ação em miócitos de controle e miócitos NCX-TG sem ISO no modelo de Morotti et al.(2014). Observa-se a formação de DAs em $t = 500$ ms, quando o PCE foi induzido.



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

No último teste realizado observamos a formação de um PAE. Para isso a corrente correspondente a bomba NCX foi aumentada em até 3 vezes, porém agora sobre estímulo β -AR, observe a Figura 8 a seguir.

Figura 8 – Comportamento do Potencial de Ação em miócitos de controle e miócitos NCX-TG com ISO no modelo de Morotti et al.(2014). Observa-se a formação de DAs e um PAE em $t = 500$ ms, quando o PCE foi induzido. O PAE surgiu quando a corrente I_{ncx} foi aumentada em 3 vezes.



Fonte: Magalhães e dos Santos, 2016.

IV. CONCLUSÃO

Ambas as modelagens da estimulação β -AR resultam em um comportamento semelhante diante da mutação na bomba NCX e do fluxo J_{rel} induzido. Tanto o modelo de Bondarenko (2014) quanto o modelo de Morotti et al. (2014) reproduzem PCEs, DAs e PAEs. Porém para reproduzir o PAE no modelo de Morotti et al. (2014) foi necessário aumentar a corrente I_{NaCa} em até 3 vezes, enquanto no modelo de Bondarenko (2014) foi necessário um aumento em até 2,5 vezes.

A modelagem de Bondarenko (2014) tem seu foco direcionado para a proteína PKA, enquanto a modelagem de Morotti et al. (2014) se concentra na proteína Kinase II (CMKII), mas sabe-se que todo o sistema da estimulação β -AR depende sempre das duas.

Bondarenko (2014) considera este modelo como o primeiro passo no desenvolvimento de um modelo

compartimentalizado mais abrangente do sistema de sinalização adrenérgico em miócitos ventriculares de ratos. Morotti et al. (2014) afirma que para fazer a modelagem de cAMP em diferentes compartimentos é necessário mais dados experimentais.

Podemos concluir diante do presente estudo que ambos os modelos reproduzem o PAE de acordo com as condições impostas no desenvolvimento desta pesquisa. E também que o modelo de Bondarenko (2014) possui uma modelagem bem mais detalhada do sistema de estimulação β -AR. Estudos mais aprofundados devem ser realizados afim de afirmar realmente qual modelo reproduz melhor os efeitos da estimulação β -AR.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bondarenko, V. E.. A Compartmentalized Mathematical Model of the β_1 -Adrenergic Signaling System in Mouse Ventricular Myocytes. **PLOS ONE**. 2014;9:01–35.

BRUNELLO, L., SLABAUGH J. L., RADWANSKI P. B., et al. Decreased RyR2 refractoriness determines myocardial synchronization of aberrant Ca^{2+} release in a genetic model of arrhythmia. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 2013;110:10312–10317.3.

Chen, W; Aistrup, G; Wasserstrom, J. A; Shiferaw, Y.. A mathematical model of spontaneous calcium release in cardiac myocytes. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**. 2011;300:H1794–H1805.

ESPRITO SANTO, Daniele Pires Magalhaes; SANTOS, Rodrigo Weber dos; LEITE, Saul de Castro; NOVAES, Gustavo Montes; CAMPOS, Fernando Otaviano; BONDARENKO, Vladimir. Simulations of spontaneous action potentials via the combination of β_1 -adrenergic stimulation and NCX mutation in cardiac myocytes of mouse left ventricle Simulations of spontaneous action potentials via the combination of β_1 -adrenergic stimulation and NCX mutation in cardiac myocytes of mouse left ventricle. **IFMBE Proceedings**. 2015 663-666.

Faber, G. M.; Rudy, Y.. Calsequestrin mutation and catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia: a simulation study of cellular mechanism. **Cardiovascular research**. 2007;75:79–88.

Ibrahim, M.; Gorelik, J.; Yacoub, M. H.; Terracciano, C. M.. The structure and function of cardiac t-tubules in health and disease. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**. (2011) 278 (1719).

KJEKSHUS, John. Arrhythmias and mortality in congestive heart failure. **The American journal of cardiology**. 1990;65:42–48.

Morotti, S; Edwards, A. G.; McCulloch, A. D.; Bers, D. M.; Grandi, E.. A novel computational model of mouse myocyte electrophysiology to assess the synergy between Na^+ loading and CaMKII. **J Physiol** 592.6 (2014) pp 1181–1197.

POTT C., A.MUSZYNSKI, RUHE M., et al. Proarrhythmia in a non-failing murine model of cardiac-specific Na^+/Ca^{2+} exchanger overexpression: whole heart and cellular mechanisms. **Basic research in cardiology**. 2012;107:1–13.

Saucerman, J.J.; Brunton, L.L.; Michailova, A.P. & McCulloch, A.D.. Modeling beta-adrenergic control of cardiac myocyte contractility in silico. **J Biol Chem.**(2003) **278**, 47997-48003.

Soltis AR & Saucerman JJ. Synergy between CaMKII substrates and beta-adrenergic signaling in regulation of cardiac myocyte Ca handling. **Biophys J.** (2010) **99**, 2038-2047.

Wagner, S.; Dybkova, N.; Rasenack, E.C.; Jacobshagen, C.; Fabritz, L.; Kirchhof, P.; Maier, S.K.; Zhang, T.; Hasenfuss, G.; Brown, J.H.; Bers, D.M.; Maier, L.S.; . Ca calmodulin-dependent protein kinase II regulates cardiac Na⁺ channels. **J Clin Invest.** (2006) **116**, 3127–3138.

Wagner, S.; Hacker, E.; Grandi, E.; Weber, S.L.; Dybkova, N.; Sossalla, S.; Sowa, T.; Fabritz, L.; Kirchhof, P.; Bers, D.M.; Maier, L.S. Ca/calmodulin kinase II differentially modulates potassium currents. **Circ Arrhythm Electrophysiol** (2009) **2**, 285–294.

Yang, J.H. & Saucerman, J.J.. Phospholemman is a negative feed-forward regulator of Ca in beta-adrenergic signaling, accelerating beta-adrenergic inotropy. **J Mol Cell Cardiol** (2012) **52**, 1048-1055.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UFJF, CAPES, CNPq, e FAPEMIG pelo apoio à pesquisa.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.