REVISTA

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

VOLUME 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
São Paulo – 07 à 09 de dezembro de 2015.

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

A QUALIDADE NO ATENDIMENTO EM HOTELARIA: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR DE RECEPÇÃO E RESERVA DO GRANDE HOTEL PETRÓPOLIS/RJ – Michele C. M. Dos Santos; Roberta Dalvo P. Da Conceição; Marcelo P. Da Conceição 07

ANALISE TEÓRICA DA FUNÇÃO LOGÍSTICA COMO UM FATOR CONTRIBUINTE PARA AUMENTO DA CAPACIDADE EFETIVA DE PRODUÇÃO – Carlos Roberto De Sousa Costa; Maressa Lorena Ferreira De Sousa Costa 13

MÉTODOS PROSPECTIVOS: ESTUDOS DO FUTURO E A PROSPECTIVA ESTRATÉGICA – Agris Laimonis Dumpe Junior 19

A ATIVIDADE COMERCIAL ATACADISTA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO ESTADO DO AMAPÁ – Luzimar Rebello Azevedo; Jadson Rebelo Porto; Breno Marques Da Silva E Silva 25

AS DISTORÇÕES DE PREÇOS RELATIVOS NO SETOR LÁCTEO BRASILEIRO E ARGENTINO: ALGUNS EFEITOS DA POLÍTICA ECONÔMICA DAS DÉCADAS DE 1990 E 2000 – José Claudio De Freitas Cruz; Stella Cristina Pereira Cruz 31

EXPANSÃO DA OFERTA DE ENERGIA SOLAR E REDUÇÃO DE CUSTO DE PROGRAMAS HABITACIONAIS PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA E FAMÍLIAS DE CLASSE MÉDIA – Giuliana Mari Chierighini; Leonardo Fernando Cruz Basso 37

DEBATE SOBRE HABITAÇÃO NA PERIFERIA E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL – Willian Carlos Siqueira Lima; Letícia Peret Antunes Hardt; Regina Maria Martins De Araujo 41

PAISAGEM PLANEJADA: SUBSÍDIOS A PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS – Aline Bianca Zanoni; Letícia Peret Antunes Hardt; Patrícia Costa Pellizzaro; Marlos Hardt; Carlos Hardt 46

EXTERIORIDADE DE REDE E EFEITO MANDA NO MERCADO DE AÇÕES: O CASO DA MUNDIAL S.A. – Paulo De Oliveira Lima Júnior; Luiz Gonzaga De Castro Júnior; André Luiz Zambalde; Kledilson Endrigo De Souza Ferreira 51

MEIOS DE HOSPEDAGEM DO MUNÍCIPIO DE FERREIRA GOMES, AMAPÁ, BRASIL – Heitor Gomes Dos Santos; Breno Marques Da Silva E Silva; Luzimar Revello Azevedo 57

AS ETAPAS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO POR COMPETÊNCIAS: DIAGNÓSTICO DA EAD DA INSTITUIÇÃO “MAIS EDUCAÇÃO” – Célia Carli; Durval Cordas 61

DIFERENCIAL COMPETITIVO ATRAVÉS DA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO: UNIVERSIDADE CORPORATIVA DE UMA INSTITUIÇÃO FINANCEIRA X – Diana Beatriz Almeida; Antonio Vinícius Oliveira Ferreira 66

ASSOCIATION OF TRICHLOROCARBANILIDE WITH SURFACTANTS IN CONTROL OF Lactobacillus fermentum CONTAMINANT OF ETHANOL FERMENTATION – Thaís Yumi Shinya; Douglas Fernandes Da Silva; Fabiane Fernanda De Barros Correa; Pedro De Oliva Neto 72

ISSN 1809-3957

PRODUCTION OF ENZYME COMPLEXES USING CELLULOLYTIC FILAMENTOUS FUNGI IN DIFFERENT CULTURE MEDIA – Douglas F. Silva; Ludmila M. Hergesel; Thais Y. Shinya; Fabiane Fernanda De Barros Correa; Ana Flavia Azevedo Carvalho; Pedro De Oliva Neto 75

MINIMIZAÇÃO DA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO EM PROCESSOS DE FOTOATIVAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS – Pedro Henrique De Andrade Affonso; Edilmar Marcelino; Gabriel Cardoso; Gabriel Felipe Guimaraes; Rafael Matheus Nunes Teixeira; Rodrigo Ditt Lutti; Bárbara Marabeli Fernandes De Melo; Juan Victor Andrade Ponce; Rafael Plana Simões 79

PLATAFORMA DE CONEXÃO MULTI-USUÁRIO DE BAIXO CUSTO E ALTO DESEMPENHO – WIFI MARKET – Mateus S. F. Lamas; Daniel F. Siqueira; João Filipe B. Carvalho; Marco A. Baleeiro; Humberto X. Araujo 86

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS NATURAIS POR RECICLADOS NA RESISTÊNCIA E NA POROSIDADE DE UM CONCRETO PERMEÁVEL – Priscila Borges Alves; Antonio Anderson Da S. Segantini; Marco Antonio De Morais Alcântara 90

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PROTÓTIPO DE TELHADO VERDE EXTENSIVO – Luane De Almeida Pinto; Joecila Santos Da Silva; Stéphane Calmant 95

PLANO GERAL DE APROVEITAMENTO TURÍSTICO, EDUCATIVO, CIENTÍFICO E ECOLÓGICO: uma proposta para o parque estadual da Ilha Anchieta – Moraes-Santos, Eliana Cristina 101

AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO E PESQUISA VISANDO NÍVEL A PELO RTQ-C – Ribeiro, R.B.P.; Zemero, B.R.; Tostes, M.E.L.; Bezerra, U.H.; Carvalho, C.C.M.M 105

ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO DE BARRAS PV NA CONVERGÊNCIA DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO DO FLUXO DE POTÊNCIA VIA INJEÇÃO DE CORRENTE – Cristina C. De Oliveira; A. Bonini Neto; Dilson A. Alves 110

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA BIM EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS E ETIQUETAGEM DO PROCEL: ESTUDO DE CASO SITUADO NA ZONA BIOCLIMÁTICA AMAZÔNICA – Bruno Ramos Zemero; Maria Emília De L. Tostes; Ricardo B. P. Ribeiro; Carminda Célia M. De M. Carvalho 116

ANÁLISE DE ESTABILIDADE ROBUSTA DO CONTROLE DE CORRENTE DA PONTE MONOFÁSICA A TIRISTOR ALIMENTANDO UMA CARGA RL – Talita C. S. Rischter; Luis H. C. Ferreira; Enio R. Ribeiro 122

APLICAÇÃO DE TCSC NA DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA: ESTUDO DE CASO – Íris De Jesus Moraes; Domingos Sávio Lyrio Simonetti; Edmilson Bermudes Rocha Júnior 128

MODELAGEM DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DE UMA SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS – Emerson Felipe Araújo Magalhães; José Arnóbio De Araújo Júnior; Marcus Vinícius Americano Da Costa Filho; Robson Da Silva Magalhães 134

PLANEJAMENTO ENERGÉTICO A LONGO PRAZO DE SISTEMAS HIDROELÉTRICOS DE GERAÇÃO – Andressa Pereira Oliveira; Luciana Martinez 140

PROPOSTA DE AÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM O USO DE LÂMPADAS DE LED NO NAVIO PATRULHA GUARUJÁ P49 – Suzane Cruz De Aquino; Thiago Costa Dos Santos; Maria Emília De Lima Tostes; Hito Braga De Moraes 146

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICO ISOLADO E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA: ESTUDO DE CASO EM CONDOMINIO HORIZONTAL – Orlando Moreira Guedes Junior; Teófilo Miguel De Souza 152

SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO A LED – Dalmacio Almeida; Teófilo Miguel De Souza 157

SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE POR ILUMINAÇÃO A LED EM UM CENTRO COMERCIAL NA CIDADE DE APARECIDA, SP – Evaldo Chagas Gouvêa; Teófilo Miguel De Souza 163

ISSN 1809-3957

UMA ANÁLISE PREVENTIVA E COMPARATIVA DO PROBLEMA FLUXO DE POTÊNCIA ÓTIMO COM RESTRIÇÃO DE SEGURANÇA – Marina Teixeira Costa; Edméa Cássia Baptista; Leonardo Nepomuceno 169

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE FINOS DOS PRECIPITADORES – Santos, Guilherme Souza; Silva, José Antônio Da; Assunção, Teresa Cristina Bessa Nogueira 174

AVALIAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS QUE NÃO INTERFEREM EM GRANDES ÁREAS AGRÍCOLAS – Maria Claudia Costa De Oliveira Botan; Adeylson Guimarães Ribeiro; Ana Paula Del Duca; Davi Fortes Galvão; Marcelo De Paula Corrêa 179

SOBRE A GEOMETRIA DO PIVOT DE SCHIELE – Sílvio Antonio Bueno Salgado; Mateus Do Nascimento 185

A TECNOLOGIA SENSORIAL COM APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE A SERVIÇO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA, EM CONSONÂNCIA À LEI Nº 13.146 DE 06 DE JULHO DE 2015 – Marcello Anderson Melo Buonafina; Mirian De Souza Alves; Alysson Ramirez De Freitas Santos; Jair Minoro Abe 190

ADEQUAÇÃO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL À LEAN CONSTRUCTION - ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA – AL – Eraldo Albuquerque Oliveira; Ava Santana Barbosa; Cristiano Hora De Oliveira Fontes 196

DOMÓTICA E INTERNET DAS COISAS APLICADAS PARA APOIO À PESSOAS IDOSAS – Fábio De Araújo Leite; Rodrigo Franco Gonçalves; Alan Kilson Araújo; Victoria Regia Cordeiro De Souza 200

ESTUDO COMPARATIVO DO SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO DA OIT E AS NR´S – Linardy De M. Sousa; Pedro Luiz De O.C. Neto; Thaís R. Ibiapino; Carla S. P. Portela 206

ESTUDO DO LEAN MANUFACTURING EM EMPRESAS DO RAMO AUTOMOBILÍSTICO – Marco Antonio Equi; Miroslava Hamzagic; Luiz Eduardo Nicolini Do Patrocinio Nunes; Carlos Alberto Chaves 209

INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS NA GESTÃO LOGÍSTICA COMO FERRAMENTA DE MELHORIA ORGANIZACIONAL: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE MÓVEIS NO NORDESTE – Francisco Lurdilson De Sá Sousa; Marcos Venícius Alves Da Silva; Antônio Vinícius Oliveira Ferreira 215

INTERNET DAS COISAS: POTENCIALIDADES PARA A GESTÃO PÚBLICA – Alan Kilson Ribeiro Araújo; Danilo Alves Do Nascimento; Fábio De Araújo Leite; Rodrigo Franco Gonçalves 219

INTERNET DAS COISAS: UMA AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE INSTRUMENTOS REGULATÓRIOS – Alan Kilson Ribeiro Araújo; Fábio De Araújo Leite; Danilo Alves Do Nascimento; Rodrigo Franco Gonçalves ... 222

PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE APLICADOS NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DO VESTUÁRIO EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE – Carla S. P. Portela; Thaís R. Ibiapina; Linardy De M. Sousa; Darlene S. Dos Santos; Pedro Luiz De O. Costa Neto 226

QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO: UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA QVT EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL PÚBLICA – Cavalcante, Roberto M. F.; Rocha, André L.; Bandeira, Anselmo A.; Pontes, Karen V. 230

REDUÇÃO DO TEMPO NECESSÁRIO PARA LANÇAMENTO DE UM VEÍCULO COM SUPORTE DE SIMULAÇÃO DIGITAL PARA REALIZAR ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA SUA COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO NACIONAL – Gomes, J. A.; Correa, V. A.; Nunes, L. E. P.; Gomes, J. A.; Lindgren, M. R. H. O.; Lindgren, P. C. C. 236

TÉCNICA MULTI-AGENTE PARA CONSTRUÇÃO DE ÁRVORES DE FALHAS E SUA APLICAÇÃO NA COPA DO MUNDO FIFA 2014 – Felipe Correia Gonçalves; Carolina De Azerêdo Amaro; Isabel Sartori; Marcelo Embiruçu 241

UMA ANÁLISE DE CUSTO ENTRE O USO DE UM NAVIO DE PASSAGEIROS COMPARATIVAMENTE AO TRANSPORTE PÚBLICO RODOVIÁRIO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM – Suzane Cruz De Aquino; Alan Monteiro Borges; Maria Emília De Lima Tostes; Hito Braga De Moraes 247

ISSN 1809-3957

AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH POTENCIALMENTE BACTERICIDA – Erbereli, R.; Cesar, R.; Netto, A. M.; Rollo, J. M. D. A. 252

NETWORK HARDWARE REVIEW FOR A LOCATION SYSTEM – Luiz Alberto Queiroz Cordovil Júnior; Moisés Pereira Bastos; Ana Carolina Oliveira Lima 256

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE DADOS PROVENINENTES DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA LOCALIZADA EM ÁREA DE DIFÍCIL ACESSO – Kenny Anderson Queiroz Caldas; Moisés Pereira Bastos 262

UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS TTP E FLEXRAY USANDO UM SIMULADOR DE TEMPO REAL – Moisés Pereira Bastos; Osamu Saotome; Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior 268

ISSN 1809-3957

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	**A QUALIDADE NO ATENDIMENTO EM HOTELARIA: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR DE RECEPÇÃO E RESERVA DO GRANDE HOTEL PETRÓPOLIS/RJ** Michele C. M. Dos Santos; Roberta Dalvo P. Da Conceição; Marcelo P. Da Conceição
6-2	**ANALISE TEÓRICA DA FUNÇÃO LOGÍSTICA COMO UM FATOR CONTRIBUINTE PARA AUMENTO DA CAPACIDADE EFETIVA DE PRODUÇÃO** Carlos Roberto De Sousa Costa; Maressa Lorena Ferreira De Sousa Costa
6-2	**MÉTODOS PROSPECTIVOS: ESTUDOS DO FUTURO E A PROSPECTIVA ESTRATÉGICA** Agris Laimonis Dumpe Junior
6-3	**A ATIVIDADE COMERCIAL ATACADISTA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO ESTADO DO AMAPÁ** Luzimar Rebello Azevedo; Jadson Rebelo Porto; Breno Marques Da Silva E Silva
6-3	**AS DISTORÇÕES DE PREÇOS RELATIVOS NO SETOR LÁCTEO BRASILEIRO E ARGENTINO: ALGUNS EFEITOS DA POLÍTICA ECONÔMICA DAS DÉCADAS DE 1990 E 2000** José Claudio De Freitas Cruz; Stella Cristina Pereira Cruz
6-3	**EXPANSÃO DA OFERTA DE ENERGIA SOLAR E REDUÇÃO DE CUSTO DE PROGRAMAS HABITACIONAIS PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA E FAMÍLIAS DE CLASSE MÉDIA** Giuliana Mari Chierighini; Leonardo Fernando Cruz Basso
6-5	**DEBATE SOBRE HABITAÇÃO NA PERIFERIA E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL** Willian Carlos Siqueira Lima; Letícia Peret Antunes Hardt; Regina Maria Martins De Araujo
6-5	**PAISAGEM PLANEJADA: SUBSÍDIOS A PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS** Aline Bianca Zanoni; Letícia Peret Antunes Hardt; Patrícia Costa Pellizzaro; Marlos Hardt; Carlos Hardt
6-7	**EXTERIORIDADE DE REDE E EFEITO MANDA NO MERCADO DE AÇÕES: O CASO DA MUNDIAL S.A.** Paulo De Oliveira Lima Júnior; Luiz Gonzaga De Castro Júnior; André Luiz Zambalde; Kledilson Endrigo De Souza Ferreira
6-13	**MEIOS DE HOSPEDAGEM DO MUNÍCIPIO DE FERREIRA GOMES, AMAPÁ, BRASIL** Heitor Gomes Dos Santos; Breno Marques Da Silva E Silva; Luzimar Revello Azevedo
7-8	**AS ETAPAS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO POR COMPETÊNCIAS: DIAGNÓSTICO DA EAD DA INSTITUIÇÃO "MAIS EDUCAÇÃO"** Célia Carli; Durval Cordas
7-8	**DIFERENCIAL COMPETITIVO ATRAVÉS DA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO: UNIVERSIDADE CORPORATIVA DE UMA INSTITUIÇÃO FINANCEIRA X** Diana Beatriz Almeida; Antonio Vinícius Oliveira Ferreira

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

A QUALIDADE NO ATENDIMENTO EM HOTELARIA: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR DE RECEPÇÃO E RESERVA DO GRANDE HOTEL PETRÓPOLIS/RJ

MICHELE C. M. DOS SANTOS[1]; ROBERTA DALVO P. DA CONCEIÇÃO[1, 2,3]; MARCELO P. DA CONCEIÇÃO[2,3]
1-CEFET/PETRÓPOLIS ; 2- UFRRJ; 3- CECIERJ/CEDERJ
rdalvo@gmail.com

Resumo: O trabalho em questão foi realizado no Grande Hotel Petrópolis, localizado na cidade de Petrópolis - Rio de Janeiro, a pesquisa tem como objetivo, identificar as práticas organizacionais existentes no Grande Hotel Petrópolis, no que se refere ao conceito de qualidade, e sugerir ações que auxiliem na obtenção da ISO 9000. Uma vez que o foco no cliente é uma tendência da maioria das organizações na atualidade, não sendo diferente nos hotéis, onde cada vez mais se busca oferecer produtos e serviços de qualidade. Para desenvolver o trabalho, optamos pela realização de um estudo de caso exploratório, de caráter qualitativo cujo método de investigação estará pautado na realização de uma pesquisa de campo, que será baseada na amostra não probabilística e por acessibilidade. Dentre os processos metodológicos adotados estão a pesquisa bibliográfica, documental e entrevistas. Além disso, os profissionais pesquisados foram aqueles envolvidos diretamente com o setor, desde gerentes a funcionários. Os resultados apontam que o Grande Hotel Petrópolis, possuí interesse de ser certificado pela norma, mas ainda não é uma realidade vivida pelos funcionários e só pelos gestores. Foi observado durante a pesquisa a existência dos diversos procedimentos para garantir a satisfação do hóspede durante sua estadia, porém foi facilmente identificados procedimentos aleatórios, não padronizados e sem estabelecimentos de critérios para o direcionamento de seus membros.

Palavras chave: Hotelaria. Gestão da Qualidade. Satisfação do cliente.

I. INTRODUÇÃO

Nas organizações, os clientes (internos ou externos) influenciam em sua dinâmica organizacional e social. Sendo assim, a necessidade de conquistar o cliente não consiste só em atender, mas inclui; inovar, encantar e surpreender. Faz-se necessário conhecer as expectativas dos clientes permitindo não só atendê-las, mas acima de tudo, superá-las. Uma vez que, segundo a Confederação da Indústria Britânica (*Confederation of British Industry* - CBI) cerca de 48% dos clientes dá importância maior à qualidade dos produtos/serviços do que aos preços (FECOMERCIO, 2015).

Porém segundo alguns autores (BRUNNER-SPERDIN E PETERS, 2009; NARAYAN, RAJENDRAN E SAI, 2008, *apud* VASCONCELOS E LEZANA, 2014), ainda é comum, muitos empreendimentos pautarem suas atividades turísticas nos "o que os autores chamam de 4 S (*sun, sean, sand e sex*) " e deixarem de investir em qualidade. Uma vez que suas estratégicas se concentram basicamente em explorar a estrutura física do empreendimento (seja ela natural ou planejada). Porém para Silva, Medeiros e Costa (2009), além da estrutura do empreendimento e seu potencial local deve haver um investimento em capital humano, principalmente no tocante a educação e ao treinamento, com o intuito de desenvolver novos conhecimentos, habilidades e aptidões dos colaboradores envolvidos neste processo.

Desta forma, Paladini (2005), afirma que a qualidade deve ser considerada como um fator de sobrevivência das organizações e, para tanto deve ser tratada como um diferencial competitivo seja em termos de produtos, serviços métodos de trabalho e/ou processos produtivos. Sendo assim, torna-se fundamental o desenvolvimento de uma cultura da qualidade total direcionada para o alcance da satisfação dos *stakeholders* e na competitividade organizacional, num ambiente de negócios simultaneamente muito exigente e incerto (CAMPOS, MENDES, SILVA E VALLE, 2014).

Na hotelaria, o diferencial competitivo está pautado na percepção do hóspede, no sentido de que o gestor hoteleiro compreenda que cada hóspede possui uma percepção do que é qualidade. Desta forma, por meio da hospedagem (somatório de bens e serviços que atendem às necessidades a preferências dos hóspedes), o equipamento hoteleiro visa satisfazer as expectativas de acomodação das pessoas que por algum motivo estão fora de seus domicílios e por isso, necessitam de um local para se abrigar, e que proporcione conforto e bem-estar, independentemente do tipo de turismo que as pessoas pratiquem (CASTELLI, 2003). Cabe ressaltar que embora os equipamentos hoteleiros tenham que atender as necessidades de seus clientes (por meio de bens e serviços com qualidade), as empresas devem, também, satisfazer "as necessidades de todas as pessoas com as quais a empresa tem necessariamente compromisso" (empregados, clientes, acionistas e comunidade) (CASTELLI, 2003, p.77).

Neste processo vinculado à rotina do equipamento hoteleiro, destaca-se o atendimento, pois os funcionários da recepção são peças essenciais para melhor atender e conhecer os clientes (internos e externos) seja prestando uma informação ou atendendo uma exigência do hóspede. Esses funcionários permitem que os administradores ampliem seus conhecimentos sobre a tendência do mercado e sobre os próprios clientes.

Com base nestas colocações, o presente estudo tem por objetivo identificar as práticas organizacionais existentes, no que se refere ao conceito de qualidade, e sugerir ações que auxiliem na obtenção da ISO 9000, tendo como espaço

de pesquisa o empreendimento localizado na cidade de Petrópolis/RJ nominado "Grande Hotel".

Dentro deste contexto, o estudo procurou investigar a importância da qualidade no atendimento do setor de recepção com o objetivo de verificar as estratégias voltadas para a garantia da qualidade segundo a ISO 9000, e qual o entendimento dos gerentes e funcionários da recepção a respeito da gestão da qualidade para o setor.

II. PROCEDIMENTO

O presente trabalho tem como objetivo identificar as práticas organizacionais existentes (no que se refere ao conceito de qualidade) e sugerir ações que auxiliem na obtenção da ISO 9000.

Desta forma, o presente trabalho utilizou-se de um estudo de casos por meio de pesquisa exploratória como forma de captação e tratamento dos dados. E para o entendimento do conceito de pesquisa foi utilizado o defendido por Vergara (1998) que segundo a mesma pode ser classificada a partir de dois critérios básicos: quanto aos fins (exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista) e quanto aos meios (pesquisa de campo, pesquisa de laboratório, telematizada, documental, bibliográfica, experimental, participante, pesquisa-ação e estudo de caso). Levando-se em consideração as colocações de Vergara (1998), optou-se por adotar neste trabalho uma pesquisa exploratória, de caráter qualitativo, cujos métodos de investigação foram pautados na realização de uma pesquisa de campo no Grande Hotel Petrópolis.

Quanto aos procedimentos técnicos foram utilizados a pesquisa bibliográfica, documental e entrevistas. A pesquisa bibliográfica teve como finalidade identificar as fontes adequadas para embasamento das teorias desenvolvidas, a partir de material já elaborado, como livros, artigos científicos, revistas e redes eletrônicas. A pesquisa documental foi feita em materiais publicados, como revistas e jornais da época.

Para caracterizar a importância da qualidade no atendimento do setor de recepção, utilizou-se como método um questionário basicamente traduzindo os objetivos em perguntas fechadas, facilitando assim a resposta dos pesquisados. O questionário foi dividido em 8 perguntas, sendo respondidos pelos gerentes de recepção e de reservas, e pelos funcionários de recepção e reserva. No qual a proposta foi a de identificar, no hotel, a qualidade dos serviços prestados e a percepção do mesmo sobre a importância de uma certificação (no que se refere ao conceito de qualidade) para o Grande Hotel Petrópolis.

Os dados primários foram coletados a partir das entrevistas realizadas com os funcionários, visando compreender o conceito de importância da qualidade no setor, os desafios, o posicionamento diante da política do hotel, além de verificar como eles interferem na qualidade dos serviços prestados.

Os dados secundários foram coletados com base em pesquisa bibliográfica, que norteiam a importância da qualidade no atendimento do setor de recepção extraída de livros, artigos e revistas científicas. Estes possibilitaram uma visão mais ampla para possíveis melhorias de problemas constatados na recepção do Grande Hotel Petrópolis e o esboço de sugestões no que tange sua implantação.

2.1. O Grande Hotel Petrópolis / RJ: Sua História

Petrópolis é famosa desde do tempo do Império por suas belezas naturais e clima agradável, passou a ser frequentada segundo o site IHP (INSTITUTO HISTÓRICO DE PETRÓPOLIS, 2000), por um número cada vez maior de visitantes, que buscavam melhores instalações. Por falta de hospedagem, recorriam aos hospitais que, na época, oferecia ótimos serviços e os preços eram atrativos.

A ideia de construir um hotel, que oferecesse aos seus hóspedes acomodações de alta qualidade, agregando lazer, motivou o Coronel Jeronymo Ferreira Alves. Sendo um homem de posses e visão empreendedora, mandou construir no coração da então Avenida XV de novembro, um hotel, que batizou com o nome de "Grande Hotel".

De acordo com o Instituto Histórico de Petrópolis - IHP (2000), O Grande Hotel Petrópolis, foi projetado para proporcionar o que havia de melhor a seus hóspedes e teve como responsável pela construção o Sr. Francisco de Carolis, que não mediu esforços na execução de seu projeto. O hotel era o único prédio da cidade que possuía um elevador para todos os andares, telefone, escadarias de mármore decoradas com ladrilhos hidráulicos, como também, banheiro a cada dois quartos, cozinha internacional e um serviço de quarto exemplar.

O Grande Hotel Petrópolis foi arrendado segundo o IHP (2000), à firma dos Srs. Balbis & Irmão Ltda. pelo aluguel mensal de 8.000$000 (oito contos de reis). Sendo inaugurado no dia 14 de dezembro de 1930, onde passou a receber hóspedes ilustres, nobres, ministros de estado, artistas, cantoras do rádio, pessoas que vinham em busca de sossego agregado ao lazer, o que era oferecido pelo Grande Hotel através de seu cassino.

O Grande Hotel Petrópolis também foi, palco de várias comemorações: festas de fim de ano, soirées e matinês carnavalescas. Este viveu décadas de glamour; mas com a proibição do jogo em nosso país, os veranistas que se hospedavam em nossa cidade (e que tiveram um aumento de renda possibilitando a compra de imóveis), deixaram de se hospedar em hotéis.

Após a morte do Coronel Jeronimo Ferreira Alves, a então viúva aumentou o aluguel do Grande Hotel para 10.000$000, desta forma houve uma diminuição da procura que contribui para seu processo de estagnação.

Segundo o IHP, Grande Hotel Petrópolis foi durante algum tempo comandado pelo Sr. Zanardi Galiano. E após a morte da viúva, D. Margarida, o espólio da família tentou sem sucesso continuar a explorar o hotel, mas as divergências acerca da abertura de lojas no andar térreo aceleraram seu fechamento.

A ideia de reabrir o Grande Hotel Petrópolis era remota e ousada de acordo com o relado do site IHP, mas o que parecia impossível para alguns se tornou um desafio para a família Ghuidini da Silva que, motivada pelo sonho do Patriarca, decidiram reabri-lo. O projeto ficou a cargo do arquiteto Carlos Marcolino.

Era o começo de uma nova era para o Grande Hotel Petrópolis. Após 45 anos com as portas fechadas, o Grande Hotel Petrópolis reabre em 15 de dezembro de 2011, com o maior requinte entre os hotéis petropolitanos. O empreendimento padrão, considerado quatro estrelas (tombado pelo Patrimônio Histórico) após um ano da sua reabertura, ele foi considerado o hotel do ano pelo Guia Quatro Rodas.

ISSN 1809-3957

Com uma reforma que durou cinco anos, o cassino foi transformado em um salão de eventos (com que há de mais moderno em infraestrutura) comportando 90 pessoas. Foram preservados o elevador original e o lustre localizado no *lobby* do Hotel. Os tapetes confeccionados em ladrilhos hidráulicos dos corredores, os vidros coloridos das portas e também os brasões que faziam parte da fachada foram recuperados.

Hoje, O Grande Hotel Petrópolis possuí, 67 apartamentos, sala de eventos, restaurante, lazer, sauna, *fitness*, acomodações confortáveis e serviço especializado para portadores de necessidades especiais.

2.2 O setor de Recepção e Reserva: Atividades e processos

O Grande Hotel Petrópolis, foi reformado e inaugurado em 15 de dezembro de 2011, com 67 Unidades Habitacionais (UHs), com quatro tipos de categoria: 34 de categoria superior, sendo 04 triplos e 04 para pessoas com necessidades especiais (PNE), 10 de categoria luxo, sendo 8 triplos, e 1 uma UH chamada de Grande Hotel Petrópolis (GHP), 06 executivas. A recepção do Grande Hotel Petrópolis encontra-se no saguão de entrada, sendo o primeiro contato que o hóspede tem com o hotel.

Na recepção são realizadas as atividades de *check-in*, *check-out*, atendimento pessoal, telefonia, faturamento, auditoria, caixa, entrega das chaves aos hóspedes, lançamento de comandas e também contato direto com a governança (por sistema ou telefone), para saber sobre a liberação do quarto. A recepção possui 8 funcionários, que trabalham numa escala de 12 por 36 horas, constituindo 02 atendentes diurnos e 02 noturnos 02 mensageiros, um em cada turno.

A recepção do Grande Hotel Petrópolis não possui uma padronização dos serviços, pois os gestores defendem a teoria de cada pessoa ter um jeito de trabalhar, mas no empreendimento é indispensável o uso dos cumprimentos "*bom dia", "boa tarde" e "boa noite*". A administração exige que o funcionário tenha uma boa dicção, fluência verbal, segundo idioma, boa postura e simpatia para lidar com o público.

Dentro do Grande Hotel Petrópolis, o setor de Recepção e de Reservas são separados, em que cada setor ocupa sua própria sala.

O setor de reserva é constituído por 02 funcionários diurnos, tendo como função diária checar e responder, verificar a agenda do dia, resolver as pendências ocorridas na noite anterior, atender telefone, verificar as disponibilidades dos sites, ler o quadro da recepção, manter contato direto com a governança sobre a hospedagem e direcionar os vouchers de faturamentos do dia para o departamento Financeiro. Este setor recebe vários pedidos, que são respondidos de acordo com a movimentação do hotel, na maioria das vezes, eles são respondidos em aproximadamente 10 minutos.

Para realizar uma reserva no Grande Hotel Petrópolis é necessário: nome completo, data exata de entrada e saída, telefone e e-mail de contato, categoria de UH e forma de pagamento definidas.

O tipo de reserva mais comum que o Grande hotel Petrópolis recebe é a individual. Os pedidos mais comuns são para os quartos mais altos, longe de barulho, com tratamento diferenciado em datas comemorativas.

O cancelamento de uma reserva no Grande Hotel Petrópolis deve ser feito três dias antes da data de *check-in*, após esse prazo é cobrado a taxa de uma diária.

O setor de recepção e de reserva é de extrema importância para o hotel, pois a Reserva é quem recebe o primeiro contato não físico, por meio de e-mail ou telefone. Já no setor de Recepção o contato é pessoal. Os dois setores são tratados como o coração do hotel, pois possui uma ligação direita na resolução de possíveis problemas ligados à reserva. Este orienta a recepção como proceder em cada reserva, seja por um pedido especial feito pelo hóspede ou a colocação de um berço na UH (Unidade Habitacional).

Outro ponto importante são as reuniões semanais realizadas para discutir pontos cruciais, como comentários de maior importância tanto positivos quanto negativos, detectados nos opinários preenchidos pelos hóspedes. Além disso, a cada seis meses são realizados um treinamento para comunicar os funcionários alguma informação nova do mercado hoteleiro.

Tendo em vista à importância dos dois setores, o Grande Hotel Petrópolis vem buscando a certificação ISO 9000 devido a sua importância no mercado hoteleiro. Além disso, pretendem adequar continuamente seus procedimentos internos e externos.

O Hotel também realiza reuniões semanais para discutir pontos cruciais, como comentários de maior importância (tanto positivos quanto negativos), detectados nos opinários preenchidos pelos hóspedes. Além disso, a cada seis meses são realizados encontros para comunicar aos funcionários alguma informação nova do mercado hoteleiro.

III. RESULTADOS

Por meio dos resultados apresentados na pesquisa realizada no Grande Hotel Petrópolis pode-se identificar as práticas organizacionais pautadas no conceito de qualidade.

1. Quantos funcionários há hoje na recepção e na reserva do Grande Hotel Petrópolis? O estabelecimento é composto atualmente por 9 funcionários, divididos nos seguintes cargos: gerente de recepção (1), gerente de reserva (1), funcionário de reserva (1), recepcionistas diurnos (4) e recepcionistas noturnos (2).

2. A recepção do Grande Hotel Petrópolis, recebe algum tipo de treinamento e este acrescenta ou não de fato na qualidade (melhoria no atendimento ao hóspede). Caso sim, como se dá o processo? A segunda pergunta teve por objetivo saber se o Grande Hotel possui algum tipo de treinamento, porém os recepcionistas dizem que não recebem tais treinamentos. E acham que o principal é a boa comunicação como um todo. Na opinião, deles, não é necessário um treinamento para atender o hóspede e que a relação entre o hoteleiro e o hóspede tem como elo principal a educação e simpatia. Já o setor de reserva diz ter recebido o treinamento antes da inauguração do hotel e que a cada seis meses recebem informações sobre as novidades do mercado. Quando há interesse sobre algo novo no mercado a gerência solicita um treinamento específico.

Já o gerente da recepção diz que há treinamentos e que também há reuniões, geralmente mensais, onde são analisados os problemas buscando-se novas maneiras de resolver as questões internas (como o relacionamento com os hóspedes).

ISSN 1809-3957

3. Como você classificaria a comunicação interna do Grande Hotel Petrópolis? Na visão dos 6 funcionários de recepção e 2 de reservas, a comunicação do Grande Hotel Petrópolis\RJ, pode ser classificada em 50% boa e 50% ruim. Na opinião dos mesmos encontra-se uma certa dificuldade na utilização de ramais e rádios quando se trata da transmissão de informação entre o setor gerência, governança e recepção. Já para os gerentes dos setores de recepção e reserva foi constatado uma divergência a respeito das respostas dos funcionários, pois os mesmos afirmam que a comunicação via rádio e ramais são bem efetivas. Esta permite encontrar os colaboradores mesmo fora do seu local específico.

4. Como você poderia explicar o que é Gestão da Qualidade? O gerente da recepção e o de reservas apontaram que a gestão de qualidade envolve vários fatores: o primeiro deles seria a construção de uma base sólida, isto é, manter um quadro de funcionários regular, o segundo fator seria um bom investimento na infraestrutura, *marketing* dentre outros. Por fim, ele cita que a importância de se ter um bom líder que não apenas execute as tarefas ou as solicite que sejam executadas, mas sim pessoas que tenham mais habilidade para lidar tanto com os hóspedes quanto para com a sua equipe. Já os funcionários, apesar de perceberem a importância do bom relacionamento e do atendimento, dizem que o cliente é conquistado pela qualidade do serviço como um todo e quando essa qualidade cai, o interesse do cliente pelo hotel some.

5. O setor de recepção do Grande Hotel Petrópolis é considerado prioritário no âmbito de gestão do Grande Hotel? Como se dá o processo da gestão de qualidade utilizada na recepção? Os gerentes dizem que o contato com o setor de reserva e de recepção é de extrema importância, uma vez que ligação é primordial na resolução de possíveis problemas e ocorrências repentinas que possam gerar problemas maiores ao hotel, além disso, é o setor de reservas que determina como a recepção deverá proceder em cada reserva. O mesmo afirma que os procedimentos na recepção são padronizados mais não com base na série ISO 9000 e que os funcionários são treinados hoje dentro do padrão que o próprio hotel viabiliza. O gerente também salienta que uma gestão de qualidade implica num programa contínuo de marketing, infraestrutura, padronização dos serviços, manutenção dentre outros.

Já os recepcionistas alegam que a recepção não pode ser considerada, prioritário, no âmbito de gestão no que se diz respeito a qualidade, pois para eles a qualidade da prestação de serviço do hotel é um reflexo de toda uma equipe e não do setor como estrutura.

Desta forma pode-se dizer que a certificação ISO 9000 ainda não é uma realidade no Grande Hotel Petrópolis, apesar de seus gestores saberem que é um fator importante e fundamental para a competitividade do empreendimento.

6. A falta de qualidade na prestação de serviços leva a perda de muitos clientes já fidelizados e potenciais? O setor de recepção e reservas, do Grande Hotel Petrópolis busca constantemente uma melhoria de imagem, uma melhoria no foco, nos serviços, na melhoria do relacionamento com o cliente e o reconhecimento nacional e internacional. Dessa forma, tanto gerentes como funcionários, dizem que uma vez que se o serviço for insatisfatório, o hóspede não retornará e obviamente não fará uma boa propaganda sobre os serviços prestados no hotel.

7. E quais são as estratégias empreendidas pelo Grande Hotel Petrópolis para fidelização do hóspede? O gerente afirma que além da excelência no atendimento em todas as áreas, a rapidez na solicitação dos hóspedes (antes, durante e depois) é de extrema importância. O empreendimento disponibiliza também um questionário para avaliar o grau de satisfação dos clientes com as acomodações e serviços prestados. Já os recepcionistas dizem se mostrarem sempre à disposição para resolver qualquer problema que o hóspede venha a ter, não só em relação ao hotel, mas na sua estadia em Petrópolis como um todo.

Dessa forma, o Hotel aposta na satisfação dos seus funcionários e na conscientização dos mesmos para manter a qualidade e os clientes fidelizados.

8. Qual a importância hoje para o Grande Hotel Petrópolis, de ser certificado pela ISO 9000? Obter a certificação mudaria, alguma coisa, a respeito da gestão de qualidade no setor de recepção do Grande Hotel Petrópolis? De acordo com os gerentes de recepção e reserva, este é um assunto que ainda não foi de fato discutido com os funcionários de recepção e reserva. Mas a implementação da norma, traria mudanças mais significativa no que tange a padronização de seus serviços como um todo. Entretanto, os funcionários da recepção e da reserva não souberam dizer quais os benefícios à norma trariam ao setor hoteleiro e não demostraram preocupação com a certificação da ISO 9000. Além disso, relataram que outros fatores são mais relevantes na hora da escolha do hotel.

9. Você acha que com a certificação da ISO 9001, o Grande Hotel Petrópolis duplicaria seu número de hóspede? Os funcionários, eles concordam que outros fatores são mais relevantes na hora da escolha do hotel do que o hóspede saber se o hotel possui a certificação ou não. Uma vez que a mesma não foi implantada no hotel.

Durante o questionário foi observado que as perguntas referentes à certificação da qualidade pela ISO 9001 eram apenas respondidas pelo gerente de recepção e gerente de reserva do hotel, que mostraram ter um extremo interesse em obter a certificação para o estabelecimento. Já em relação aos funcionários, estes tiveram uma dificuldade em responder as questões referentes à ISO 9000. Uma vez que apesar do interesse dos gestores na certificação, os serviços ainda não são padronizados e a implantação da norma apresenta-se distante da realidade dos mesmos.

Apesar da ISO 9000 trazer benefícios para o hotel, é inerente observar os obstáculos e dificuldades de sua implementação citados pelos seus gestores.

Nota-se que para O Grande Hotel Petrópolis credibilidade de seus serviços é de extrema importância. Desta forma, implantar processos e sistema de gestão da qualidade com intuito de melhorarem a prestação dos serviços e produtos, seria uma maneira a minimizar as deficiências existentes. Uma vez que permitiria aos gestores do setor de hospedagem colocar seus serviços em um padrão de qualidade e exigências demandadas por um mercado competitivo.

Durante a pesquisa foi possível identificar a existência de diversos procedimentos que o Grande Hotel Petrópolis possui para garantir a satisfação do hóspede durante sua estadia e a sua infraestrutura. Porém estes procedimentos são aleatórios, não padronizados e sem estabelecimento de critérios escritos para o direcionamento de seus membros.

ISSN 1809-3957

Este cenário justificaria a existência de alguns problemas relatados, como por exemplo, a dificuldade de comunicação dentre outros.

3.1 Sugestão de Implementação

Por meio da pesquisa realizada sugere-se a implementação de um sistema padronizado de serviços. Uma vez que a atitude de padronizar o atendimento e os serviços equilibraria, facilitaria a relação hóspede-funcionário. Estas ações ajudariam o hotel no fortalecimento e reconhecimento de seu nome.

Dessa forma, para o Grande Hotel Petrópolis adotar a certificação ISO 9000, o primeiro passo para a padronização seria inicialmente realizar a definição de quais processos deveriam ser estudados.

Após definidos os processos ou atividades a serem padronizadas. Cada processo ou atividade deve ser avaliada, com o objetivo de se verificar se estes estão atendendo aos padrões preestabelecidos ou se podem ser melhorados, de acordo com a norma.

Sendo assim, a Figura 1 demonstra o esquema detalhado de cada etapa da padronização de processos e avaliações a respeito do atendimento a norma.

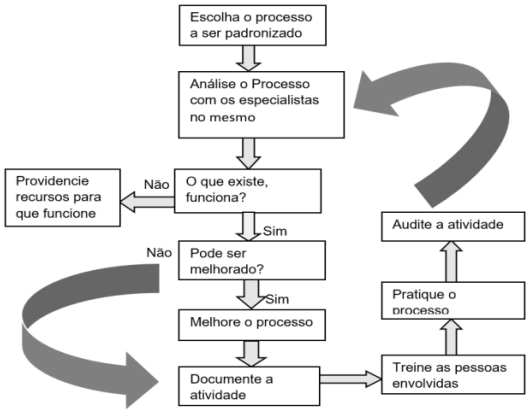
Após a escolha do processo a ser padronizado, deve ser realizada uma análise do mesmo por especialistas. Estes especialistas podem ser pessoas do próprio setor ou externo, que tenham competência para realização do esquema da padronização dos processos.

Este esquema deve ser estruturado de forma que represente realmente o desempenho das atividades e ao mesmo tempo, seja um processo sistêmico e não unilateral.

Caso esse processo, já exista e não precise de modificações, a organização seguiria para etapa seguinte (documente a atividade). Caso não, teria de fazê-lo ou melhorá-lo.

Na etapa (documente a atividade), deverá ser realizada a definição do modelo de documentação e o estabelecimento de formulários e regras de padronização das atividades.

Figura 1 - Esquema para padronização de Processos



Fonte: autores, 2015

Após definida a etapa de documentação, faz-se necessário a realização de um treinamento do sistema voltado aos envolvidos com a atividade estudada. O treinamento será formado pela apresentação dos processos e dos requisitos documentais construídos pela organização com base na norma.

Com a etapa de treinamento montada e aplicada, faz-se necessário que se audite a atividade. Esta fase consiste em uma auditoria interna com profissionais capacitados, tendo como objetivo avaliar a eficácia das atividades e a conformidade dos requisitos implementados de acordo com a norma ISO 9000.

Após estas verificações a organização teria seu processo ou atividade certificada em relação aos critérios balizados pela norma ISO 9000: Desta forma, a utilização do esquema e da tabela de atividades permitiria ao hotel elencar as atividades prioritárias para implementação de uma padronização de seus processos e visualizar a ordem de trabalho ou quais atividades estas deveriam ser atendidas.

IV. CONCLUSÕES

A pesquisa teve como proposta central identificar as práticas organizacionais existentes (no que se refere ao conceito de qualidade) e sugerir ações que venham auxiliar na obtenção da ISO 9000.

Por meio desse trabalho, foi possível perceber que apesar de mostrar grande interesse pela certificação ISO 9000, as ações para implantação da própria norma ainda não foram colocadas em prática, sendo este um assunto considerado desconhecido pelos funcionários. Espera-se que a realização deste trabalho, venha a contribuir com o desenvolvimento e a criação de melhorias nesta questão, facilitando o alcance dos objetivos do Grande Hotel Petrópolis.

Com a pesquisa observou-se a importância de um sistema de Qualidade em empreendimentos hoteleiros e o quanto é importante realizar um serviço em conformidade com as exigências e normas adotadas pela ISO e seus procedimentos.

Logo, foi possível constatar ao decorrer deste trabalho que o Grande Hotel Petrópolis possui uma deficiência na comunicação interna, tanto em relação no que se diz a respeito da Qualidade no setor de recepção e reserva, quanto pela ausência de procedimentos padronizados contidos na norma. Este fato pode ser notado pela não existência da padronização de processos operacionais, o que causaria maior dificuldade para os colaboradores compreenderem o processo. Isto faz com que cada funcionário, de sua forma, preste um serviço diferente no que diz respeito a sua percepção da qualidade no atendimento, havendo assim possíveis divergências entre a informação passada e a informação recebida.

Outro ponto que diz respeito à padronização dos serviços no atendimento a recepção e reserva do Grande Hotel Petrópolis, pode-se concluir que a padronização ainda não é uma realidade. Todavia, a atitude de futuramente de se padronizar o atendimento e serviços, equilibraria, facilitaria a relação hóspede-funcionário e ajudaria o hotel no fortalecimento e reconhecimento de seu nome.

Por fim, conclui-se, que através desse estudo, que o Grande Hotel Petrópolis apesar de estar em um bom nível em termo de estrutura, poderia ainda melhorar seu nível de excelência de atendimento ao cliente e aos demais serviços.

Desta forma a partir das sugestões levantadas pelos entrevistados e pelos resultados obtidos na pesquisa, o hotel deveria investir na implantação da ISO 9000. Uma vez que esta auxiliaria na visualização dos processos e atividades desempenhadas. Além disso, proporcionaria um melhor atendimento de suas demandas e auxiliaria na criação de novos produtos/serviços.

ISSN 1809-3957

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão da qualidade e garantia da qualidade – Terminologia: NBR ISO9000-1**. Rio de Janeiro, 2000.

CASTELLI, G. **Administração Hoteleira**. Caxias do Sul: EDUCS, 2003.

_____. **Gestão Hoteleira**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CAMPOS, A.C.; MENDES, J.C.; SILVA, J.A.; VALLE, P.O. Critical success factors for a total quality culture: A structural model. **Revista Tourism & Management Studies**, v. 10, n.1, p. 7-15, 2014.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FECOMERCIO). Qualidade do atendimento no turismo. Disponível em: http://www.caminhosdosuldeminas.com.br/turismo/public/files/3b2445c346_turismo.pdf. Acesso: 01 jul. 2015.

GRANDE HOTEL PETROPOLIS/RJ. Disponível em:

< http://www.grandehotelpetropolis.com.br/> acesso em: 05 abr. 2014.

INSTITUTO HISTÓRICO DE PETRÓPOLIS. Disponível em:<http://www.ihp.org.br/lib_ihp/docs/emsm20111216b.htm> acesso em: 05 abr. 2014.

KOTLER, P.; HAYES, T.; BLOOM, P. N. **Marketing de serviços profissionais**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade Total no Processo**. São Paulo: Atlas, 2005.

SILVA, L. M. T.; MEDEIROS, C.A. F.; COSTA, B. K. Qualidade dos Serviços Turísticos no Setor de Restaurantes: Uma Aplicação do Modelo SERVPERF. **Revista Hospitalidade.** São Paulo, v. 6, n. 2, p.115-139, jul.- dez. 2009.

VASCONCELOS, A.M.; LEZANA, A.G.R. Referencial teórico que orienta a produção científica qualificada sobre a qualidade em serviços turísticos. **Revista Tourism & Management Studies**, V.10, n.2, p. 133-137, 2014.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1998.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANALISE TEÓRICA DA FUNÇÃO LOGÍSTICA COMO UM FATOR CONTRIBUINTE PARA AUMENTO DA CAPACIDADE EFETIVA DE PRODUÇÃO

CARLOS ROBERTO DE SOUSA COSTA[1]; MARESSA LORENA FERREIRA DE SOUSA COSTA
1 – IFMG- INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS-CAMPUS BAMBUÍ
carlos.sousa@ifmg.edu.br

Resumo - Este estudo tem por objetivo apresentar uma visão diferenciada dos custos logísticos. Através de uma revisão literária, o artigo apresenta: 1) Os principais conceitos e fatos históricos sobre logística, custo e processo produtivo a fim de facilitar a compreensão do leitor; 2) Apresentação de uma nova abordagem para os custos logísticos; 3) Proposta de ações a serem desenvolvidas na execução das atividades logísticas que possuem potencial para redução de perdas e aumento da capacidade produtiva; 4) Argumentação sobre a possibilidade de aumento da lucratividade através da dilatação da capacidade produtiva. Ao término do estudo percebeu-se que é possível, através da adoção de ações triviais, reduzir as perdas evitáveis nas atividades logísticas em um processo produtivo, gerando aumento da capacidade produtiva real.

Palavras-chave: Logística – Capacidade produtiva – Custo - Lucratividade

I. INTRODUÇÃO

O Processo logístico que até pouco tempo era caracterizado como fonte de despesas e na grande maioria das vezes, de prejuízo, vem atualmente sendo visto por muitas empresas como uma oportunidade para ampliar sua capacidade produtiva real e consequentemente maximizar seus lucros. Ainda sim, a logística continua a ser um campo com áreas desconhecidas, que se melhor exploradas se constituem em diferencial competitivo ao agregar valor aos produtos ao invés de custo. Segundo Tadeu (2011 apud Drucker, 1995) "A logística é a última fronteira gerencial que resta ser explorada para reduzir tempos e custos, melhorar o nível e a qualidade dos serviços e agregar valores que diferenciem e fortaleçam a posição competitiva de uma empresa".

Para Silva e Bazoli (2010), a logística é reconhecida nos tempos atuais como fator diferencial competitivo, uma vez que, agrega valor ao produto final e atribui noções de qualidade às empresas que o fazem de forma eficiente. Mas para que esse processo apresente resultados positivos, um caminho de muita disciplina precisa ser trilhado, a empresa vai precisar planejar organizar, dirigir e especialmente controlar de forma minuciosa cada pequena etapa do processo, pois em logística as perdas e prejuízos são, em sua expressiva maioria, resultantes de pequenos descuidos.

> "Independentemente do tamanho ou do tipo de empresa, ou negócio, a logística é fundamental e exige uma atenção contínua na sua gestão." (Fellous, 1999 p. 35 apud Bowersox, 1996).

Martins e Alt (2011), trás dados de uma pesquisa realizada em 2011 pela associação européia de logística onde em 1987 os custos logísticos repassados ao consumidor eram de 14,3% do preço de venda do produto, já em 2011 esse custo foi reduzido para 10,1%. A partir desses dados podemos perceber que as empresas vêm ao longo do tempo aprendendo a lançar mão da logística como uma ferramenta estratégica importante ao invés de tratá-la como um "mal necessário", como se fez durante muito tempo.

Christopher (2011), nos diz que a missão da gestão logística é simplesmente proporcionar meios que garantam o cumprimento das exigências de atendimento ao cliente, como o menor custo. Para Patt e Nunes (2007), o principal objetivo da logística é atender as necessidades do cliente, seja ele interno ou externo. Nesse contexto o grande desafio é atingir estes objetivos com o menor custo possível, garantindo o máximo de lucratividade á organização, sem abrir mão da qualidade nos processos e da segurança das pessoas. Mais do que uma missão, é um grande desafio.

Para que o cumprimento dessa missão se torne possível, a logística é fragmentada em processos. De acordo com Silva e Bazoli (2010), os processos são quatro: logística de suprimentos, logística de transporte, logística de produção ou logística interna, logística de distribuição e logística reversa. Cada um desses processos ou áreas é responsável por: clientes; fornecedores; previsão de demanda; sistemas de armazenagem temporária ou permanente; processos produtivos; transporte e/ou movimentação, dentre várias outras atividades essenciais para o desenvolvimento da logística, sejam em fluxo de mesmo sentido ou de sentido inverso. Esses processos são interdependentes, e alimentam um ciclo contínuo chamado cadeia de suprimentos, onde cada processo segue o fluxo gerando custos, que ao final do processo produtivo acabam por onerar o produto (CHRISTOPHER ,2011).

O estudo em questão trata dos custos logísticos, apresentando-os com uma roupagem positiva. Para Christopher (2011), os custos logísticos são vistos por um ângulo incorreto, quando a organização adota a idéia vendida pelos sistemas de contabilidade tradicional de que os custos logísticos são um "mal necessário" que onera o produto; Quando na verdade os custos logísticos podem ser vistos como oportunidades, pois com gestão logística eficiente a redução de custos gera disponibilidade.

Partindo do principio que fazer logística é atender as necessidades do cliente, o custo efetivo do processo logístico não se caracteriza como custo de produto e sim como custo do cliente, quando então a logística deixa de gerar apenas custos para gerar receitas (CHRISTOPHER, 2011).

ISSN 1809-3957

1.1 Evolução Histórica da Logística

Fleury (2000), trata à logística como um paradoxo, sendo ao mesmo tempo um dos mais modernos conceitos gerenciais e uma das atividades econômicas mais antigas.

Martins e Alt (2006), afirma categoricamente que a origem da logística é militar, e que muitos dos conceitos logísticos utilizados atualmente são oriundos da atividade logística militar na segunda guerra mundial.

Embasando esta teoria, em a arte da guerra, Maquiavel (1512), cita como sendo o cerne da guerra os suprimentos de arma e pão.

De acordo com Ballou (2007), a história da logística se divide em três fases: 1) Os anos adormecidos, antes de 1950; 2) O período de desenvolvimento, entre 1950 e 1970 e por fim 3) Os anos de crescimento, de 1970 até os dias atuais.

Durante os anos adormecidos, as atividades logísticas já eram demandadas, no entanto, não existia uma função organizacional responsável pela execução de tais atividades, assim, essas atividades eram designadas as funções já existentes: produção, marketing e finanças, de acordo com as necessidades do processo ou conveniência do fluxo.

Designar atividades não condizentes com as funções ocasionava conflitos em relação aos objetivos e responsabilidades. Já dizia Maquiavel: "Durante o combate, se não quiser provocar a desordem no próprio exército, nunca se deve confiar a um batalhão outra função, a não ser aquela a que estava destinada antes" (MAQUIAVEL, 1521. Trad. MIORANZA, 2006. p. 182).

Em torno de 1945, algumas empresas, em especial as do ramo alimentício, já haviam designado a uma única gerência as atividades de transporte e armazenagem, dando os primeiros passos em direção a função logística como conhecemos atualmente. Entretanto, este rearranjo só ocorreu de forma expressiva após 1950, antes disso prevalecia à tolerância cultivada pela teoria do "vender e produzir" (BALLOU, 2007. p.29), que dominou a economia após a segunda guerra mundial.

> "... como o ambiente organizacional nessa época era dominado pelo rápido crescimento e dominante posição da indústria, fruto de uma demanda reprimida por anos de depressão e pelo pós - guerra foi um período marcado pela tolerância." (Patt e Nunes, 2007. p.15)

O período de desenvolvimento foi marcado pelo que Ballou (2007), chama de decolagem, tanto para a teoria, quanto para a prática, pois até então não havia uma filosofia dominante que pudesse guiar às empresas em suas decisões concernentes as atividades logísticas.

Neste período as instituições de ensino já orientavam muitas organizações, principalmente em relação ao marketing, ciência bem estabelecida na época. Mas a questão da distribuição física ainda incomodava muitos estudiosos, dentre eles Peter Drucker, que chamava as atividades de distribuição de: "as áreas de negócios infelizmente mais desprezadas e mais promissoras da América" (Ballou, 2007, p.29 apud Drucker, 1962).

Analisando o referido período, Ballou (2007), identificou quatro condições fundamentais para o desenvolvimento da logística como disciplina:

1ª - Alterações nos padrões e atitudes da demanda dos consumidores – neste período ocorreram expressivas mudanças populacionais, bem como, um crescimento da demanda por variedade. Esses fatores afetaram substancialmente os custos logísticos e os padrões de distribuição da época. Algumas dessas mudanças foram prelúdio para os modelos de distribuição adotados atualmente, á exemplo: a adoção dos serviços de delivery e a criação de centros de distribuição.

2ª - Pressão por custos nas indústrias – começou-se a reconhecer a relevância dos custos logísticos para o aumento da produtividade e desenvolvimento das organizações. Na expressiva maioria das empresas, os custos logísticos não eram sequer mensurados. A pressão por lucros surgiu com a recessão, precedida pela segunda guerra, onde já esgotadas as alternativas para o aumento da produtividade os administradores encontraram nos custos logísticos uma alternativa.

3ª - Avanços na tecnologia – Com o aumento da demanda, da variedade de produtos e do volume de produção, as atividades logísticas tornaram-se cada vez mais complexas, o que passou a requerer mais precisão nas atividades, a fim de reduzir o índice de perdas. Neste momento a modelagem matemática é apresentada ao mundo empresarial como uma solução. Segundo Martins e Alt (2006), é nos modelos de pesquisa operacional e softwares dedicados que encontramos até hoje as soluções ótimas para os problemas logísticos.

4ª - Experiência militar - antes que as organizações empresariais identificassem a necessidade de se agrupar as atividades logísticas, os militares já obtinham êxito em suas operações logísticas. Christopher (2011), trás exemplos de batalhas vencidas e perdidas por questões logísticas e chama a atenção para o estranho fato de que generais e marechais de campo de épocas remotas tenham compreendido o papel da logística bem mais fácil e rapidamente do que as organizações empresariais.

Os anos de crescimento (1970 em diante) têm inicio com a logística estabelecida como campo da administração de empresas. Um evento fundamental para ampliar os horizontes da logística foi o embargo petrolífero em 1973, quando os países da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) elevaram subitamente o preço do petróleo. Os aumentos contínuos nos próximos sete anos geraram uma retração no crescimento do mercado, seguida por inflação e redução da produtividade. Foi quando surgiu à necessidade de melhor gestão dos suprimentos, os conceitos desenvolvidos passaram a ser utilizados e a logística integrada passou a tomar forma, onde o entendimento de logística passou a ir além de distribuição física, agregando a administração de materiais.

Ao final do século XX, mais precisamente a partir da década de 90, se inicia a quarta fase da logística, que é marcada pela integração dos processos de negócios desde o fornecedor primário até o consumidor final. Neste novo modelo todos os elementos da cadeia produtiva buscavam oferecer melhores níveis de serviços ao consumidor final, em um processo denominado de Supply Chain Management - SCM. Surge então a expressão logística integrada ou logística empresarial como sinônimo de cadeia de suprimentos (TABOADA, 2002).

O mais recente desafio é na visão de Christopher (2011), desenvolver estratégias de logística global. Com a queda das barreiras comerciais, as fontes de concorrência aumentaram. Para manterem seu grau de competitividade as empresas precisam aumentar a produtividade, reduzindo custos e aumentando a qualidade dos produtos.

ISSN 1809-3957

1.2 Conceituando Logística

De forma geral, podemos conceituar logística como um conjunto de atividades, que integradas tem o objetivo de levar o material e/ou produto correto, ao lugar correto, a tempo oportuno, com o fluxo mais curto possível, com o menor custo possível, garantindo a qualidade do processo e a segurança patrimonial e pessoal, a fim de atender as necessidades do cliente, seja ele interno ou externo.

A logística é para Ballou (2007), um ramo da administração que estuda e desenvolve meios para aumento da rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, já visualizando os custos logísticos como fonte de oportunidade, ele ressalta que a relevância da logística é influenciada diretamente pelos custos associados as suas atividades.

Martins e Alt (2006), apontam à logística como principal responsável pelo planejamento, operação e controle de todo o fluxo de materiais e informações, desde o fornecedor até o consumidor.

E por fim Christopher (2011), conceitua logística como:

> "O processo de gestão estratégica da aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e estoques finais (e os fluxos de informação relacionados) por meio da organização e seus canais de comercialização, de tal forma que as rentabilidades atuais e futuras sejam maximizadas através da execução de pedidos, visando custo beneficio." (CHRISTOPHER, 2011).

Podemos perceber que para todos os autores citados a logística não é custo inevitável e sim uma fonte de rentabilidade. Para Christopher (2011), essa visão deteriorada da logística foi erroneamente difundida durante muitos anos e precisa ser fortemente questionada.

1.3 Os Custos

O custo é o dispêndio de recurso financeiro com objetivo de se produzir um bem e/ou serviço. Martins (2003), conceitua custo como gasto (aquisição de um produto, que gera desembolso, representado por integralização ou promessa de integralização de ativos), relativo à bem ou serviço utilizado no processo produtivo, porém só reconhecido como tal no momento da utilização dos recursos.

Já para Megliorini (2006), os custos correspondem apenas à parcela dos gastos que são empregados no ambiente fabril para a fabricação de produtos, aquisição de mercadorias e prestação de serviços.

Os custos, ainda de acordo com Megliorini (2006), precisam ser classificados para atender as finalidades para as quais são apurados. Existem duas classificações básicas:

1ª – em relação a sua natureza no processo produtivo, como diretos e indiretos.

Custos diretos – aqueles facilmente apropriados ao produto em função do consumo;

Custos Indiretos – aqueles de difícil apropriação pelo consumo, geralmente apropriado por rateio ou outro critério.

2ª – em relação ao seu comportamento diante das variáveis do processo produtivo, em fixos e variáveis.

Custos fixos - são aqueles que se mantém, independente das variáveis do processo produtivo;

Custos Variáveis - estão intimamente ligados ao nível de atividade do processo produtivo, bem como suas variáveis.

Os custos logísticos compreendem custos fixos e variáveis, diretos e indiretos. Ballou (2007), divide os custos logísticos em três categorias: custos de aquisição, requisição ou compra; custos de manutenção, estoque ou armazenagem e por fim os custos de falta.

Os custos de aquisição são aqueles gerados no processo de requisição e compra efetiva do material e/ou produto. Estes podem ser fixos ou variáveis. Os mesmos surgem a partir do momento que o material e/ou produto é demandado e acabam no momento em que o pedido é colocado na doca de recebimento.

Os custos de manutenção são os custos relacionados ao processo de guarda do material, dentre estes estão uma série de custos: custo de oportunidade pelo capital imobilizado, segurança patrimonial, aquisição bem como manutenção de instalações, pessoal empregado no processo, dentre outros. Vale lembrar que quanto maior o valor agregado do estoque maior será o custo de manutenção (MEGLIORINI, 2006).

Os custos de falta são os de mais complexa apuração, muitas vezes imensuráveis, são os custos decorrentes da ruptura de estoque. O que torna a mensuração tão complexa é o fato de que os custos de falta mensuráveis como: multas por atraso, compras de emergência, perda do cliente dentre outros, geram custos consequentes, como: demanda retraída, ociosidade de recursos produtivos, custo de oportunidade etc., que devido a sua abrangência tornam o processo de mensuração mais oneroso que as perdas em si.

As três categorias citadas compõem o chamado custo total, que consiste no somatório do montante dos custos relacionados anteriormente. O objetivo da formação dos custos totais é balancear os três custos, encontrando um ponto de equilíbrio, já que estes se comportam de maneira conflitante no que tange a fatores de influência como volume e o tempo. Manter este equilíbrio é um dos maiores desafios da gestão logística, pois é onde se encontra o ponto critico que caracteriza os custos logísticos como geradores de gastos ou de receitas.

Por receita entendemos toda a entrada de capital que acontece em uma organização, proveniente geralmente da comercialização do produto (bens e/ou serviços). (GITMAN, 2010). De acordo com o Instituto dos Auditores Independentes do Brasil – IBRACON (2011):

> "Receita é a entrada bruta de benefícios econômicos durante o período que ocorre no curso das atividades ordinárias de uma empresa, quando tais entradas resultam em aumento do patrimônio líquido, excluídos aqueles decorrentes de contribuições dos proprietários, acionistas ou cotistas." (IBRACON, 2011).

O lucro no parecer de Fuji (2004), consiste na remuneração pelo uso do fator de produção Capacidade Empresarial, que trabalha a integração dos demais fatores de produção (Terra, Capital e Trabalho).

Já em relação às atividades empresariais, o lucro consiste na busca da maximização da riqueza dos proprietários e dos stakeholders, além de ser um importante indicador de sucesso. Já a lucratividade, é o percentual de lucro em relação ao faturamento.

O ultimo conceito importante para elucidar nosso estudo é o de produtividade. A produtividade diz respeito à eficiência no processo produtivo, mensurada através da relação entre volume produzido e recursos (mão de obra, materiais, capital, espaço, tempo e tecnologia) empregados

ISSN 1809-3957

no processo, ou seja, produtividade é produzir mais com menos (Slack, 1999).

II. PROCEDIMENTOS

Segundo Gil (2008), a pesquisa bibliográfica "é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos". O presente estudo foi desenvolvido com base em pesquisas bibliográficas de fontes primárias e secundárias.

Procedeu-se uma revisão literária do material disponível.

A pesquisa foi dividida em três etapas:

1ª- Determinação das fontes: Foram utilizados como fontes literárias, livros de autores conceituados da área de logística, gestão de custos e administração da produção, bem como artigos indexados, disponíveis nos bancos de dados dos periódicos CAPES e Scielo.

2ª- Coleta de dados: Foi realizada uma leitura exploratória de todas as fontes selecionadas e após análise de prioridade em relação às informações e ao objetivo do trabalho, foram selecionados textos para leitura seletiva com intuito de realizar um aprofundamento técnico sobre o tema proposto. Após leitura foi redigida uma síntese do material estudado.

3ª-Análise e interpretação dos resultados: Foi realizada uma leitura analítica para sumarizar as informações contidas na síntese de forma a gerar informações que respondam aos questionamentos relativos ao problema proposto no trabalho.

III. RESULTADOS

A logística começa com o surgimento da demanda, mas as operações logísticas efetivamente acontecem quando o pedido é realizado, e só terminam com o fechamento do ciclo de vida do produto (EMERY, 1972). Complementando, Pereira (2012), diz que a logística só termina quando o ciclo de vida do produto acaba e um novo ciclo recomeça através da logística reversa.

Christopher (2011), defende a teoria de que os custos logísticos, conceituados anteriormente, não são gastos e sim investimentos, caracterizando – os como custos de cliente ao invés de custos de produto.

Por custo de produto entendemos, segundo Oliveira (2007), a soma dos custos incorridos no período de produção ou aquisição dos bens e/ou serviços disponíveis. O custo de cliente ou custo de aquisição de cliente (*Customer Aquisition Cost)* é a soma de todos os gastos relativos ao processo de atração e manutenção de clientes.

Os custos logísticos são estimados na proporção de 10% do PIB de cada país, variando dentre as empresas em um percentual de 8 a 40%, dependendo das atividades logísticas demandadas por seus processos. Se trabalharmos a redução de custos nas atividades logísticas, dentro de cada macro processo, a saber: logística de suprimentos, logística de transporte, logística de produção ou logística interna, logística de distribuição e logística reversa, os custos logísticos não serão mais os "vilões" que oneram o produto e sim "os moçinhos" que agregam valor e geram disponibilidade, o resultado será clientes satisfeitos (CHRISTOPHER, 2011).

Baseando-se na idéia original do autor, algumas possibilidades foram levantadas:

1ª – Aumento da capacidade produtiva real através das perdas inerentes ao processo e perdas evitáveis: "Um equilíbrio adequado entre capacidade e demanda pode gerar altos lucros e clientes satisfeitos..." (Slack, 1999. p. 253).

Capacidade produtiva é a quantidade máxima de produtos (bens e/ou serviços) que podem ser produzidos em determinado intervalo de tempo em uma mesma unidade produtiva (MOREIRA, 1998). Pode ser também o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo, passíveis de realização sob condições normais de operação (SLACK, 1999).

De acordo com o modelo proposto por Slack (1999), a capacidade produtiva é geralmente mensurada a partir da capacidade nominal de cada recurso (de transformação e transformados) envolvido no processo produtivo, e da disponibilidade destes recursos. Essa mensuração dá origem à capacidade teórica de uma operação, a qual se denomina capacidade de projeto. Porém, essa capacidade de projeto é inatingível, uma vez que, demandas técnicas e de mercado, as quais chamamos de perdas inerentes ao processo ou perdas planejadas, recaem sobre o processo. Dentre estas perdas estão: legislação trabalhista, manutenção de equipamentos, perda de material por transporte ou movimentação, dentre outras.

Após a dedução destas perdas, temos a capacidade efetiva de produção, porém esta ainda não é a capacidade com a qual podemos trabalhar, já que no decorrer do processo surgem as perdas evitáveis, restando à capacidade real, que não é facilmente mensurada, já que as perdas evitáveis em sua maioria não são ou não podem ser contabilizadas. Na figura 01 o recurso de transformação usado como base foi o tempo, mas é importante ressaltar que perdas, tanto planejadas quanto evitáveis, podem ocorrer através de todos os recursos transformados e transformadores, e também em todas as etapas do processo produtivo.

Figura 1 – Utilização e Eficiência.

Fonte: adaptação de slack 1999. P. 262

Considerando que as atividades logísticas são desenvolvidas em todas as etapas do processo produtivo, é notável que haja perdas, elevando os custos logísticos, em toda a extensão do processo.

Os custos logísticos geralmente são contabilizados como perdas inerentes ao processo, como citado anteriormente, estas perdas vêm comumente acompanhadas de perdas evitáveis. Perdas estas que podem ser amenizadas por uma gestão logística eficiente. Amenizando estas perdas tem-se o aumento da capacidade produtividade real, gerando disponibilidade e lucratividade (BALLOU, 2007).

Os recursos transformados ao entrarem em contado com os recursos transformadores ganham valor a cada etapa do processo produtivo, reduzindo as perdas em cada uma dessas etapas, os recursos serão acrescidos de um valor

ISSN 1809-3957

extra, tornando o valor agregado do produto final ainda maior (SLACK, 1999).

Analisemos dois dos gargalos do processo produtivo que podem ser trabalhados a fim de reduzir as perdas:

O primeiro deles é o Fluxo de materiais, que segundo Slack (1999), é o caminho percorrido pelos recursos transformados, e com poucas exceções, recursos de transformação, através da operação. Em logística, este fluxo é chamado de movimentação, intralogística ou manuseio de materiais (Dicionário de Logística GS1 Brasil). Segundo Tadeu (2011), um processo de movimentação ineficiente é capaz de gerar altos custos para a empresa, em contrapartida a gestão adequada contribui para o aumento da capacidade produtiva.

Não existe um fluxo padrão para os processos de movimentação de materiais, pois os materiais ou produtos possuem características distintas que demandam fluxos diferenciados. O primeiro passo é identificar o tipo de processo, e logo após o arranjo físico ideal para o processo em questão, como a Tabela 01. Ainda citando Slack (1999), se o arranjo físico for definido de maneira inadequada, os fluxos podem ser excessivamente longos ou confusos, gerando altos custos como: excesso ou falta de estoques, filas de clientes, operações inflexíveis, dentre outros, sendo necessária em alguns casos, a interrupção do fluxo para reajustes.

Cada arranjo físico trás consigo algumas opções de fluxo, que deverão ser analisadas até que o caminho critico, que oferecerá o menor custo beneficio, seja identificado.

Tabela 1 – Relação entre Tipos de Processo e Tipos Básicos de Arranjo Físico.

Tipo de processo	**Arranjo Físico**	**Processo/Serviço**
Por projeto	Posicional	Serviços Profissionais
Jobbing (tarefas)	Posicional Por processo	Loja de serviços
Batch (batelada)	Por processo Celular	Loja de serviços
Em massa	Celular Por produto	Serviço de massa
Continuo	Por produto	Serviço de massa

Fonte: Adaptação de Slack, 1999. p. 163

Adotando o arranjo físico correto algumas mudanças serão sentidas, como: melhor circulação, consequente da localização estratégica dos almoxarifados e pontos de distribuição; melhor atendimento aos clientes internos e externos e maior disponibilidade de recursos como tempo e espaço, antes comprometidos desnecessariamente. Como visto, estes recursos tem um custo alto, que sendo reduzido se converte em disponibilidade e posteriormente em lucratividade.

Outro gargalo é o uso inadequado dos armazéns. Entende-se por armazém, toda "área destinada à guarda de materiais. Lugar, onde os materiais/produtos são recebidos, classificados, estocados e expedidos." (Dicionário de Logística, GS1 Brasil).

De acordo com Tadeu (2011), a gestão adequada de um armazém inclui:

1) Localização adequada – a escolha inadequada do local de instalação pode comprometer o fluxo de materiais, imobilizando recursos em excesso e consequentemente onerando o processo.

2) Dimensionamento de área – um armazém deve utilizar o espaço em três dimensões (Comprimento, Largura e Altura), de maneira eficaz, sem comprometer a velocidade do fluxo de materiais, a segurança patrimonial e a segurança das pessoas.

3) Determinação correta do arranjo físico - incluindo os dois itens anteriores, o arranjo físico ainda deve levar em consideração, os equipamentos de movimentação a serem usados dentro do armazém e as características físicas dos estoques, garantindo a proteção contra avarias.

4) Adoção e uso correto de equipamentos de movimentação – os equipamentos devem levar em consideração o custo beneficio relativo às características de cada processo. Nem sempre a automação será o melhor caminho. Dias (2007), comenta que a logística ainda se vale de soluções triviais para as questões mais complexas.

5) Desenvolvimento de embalagens – a embalagem deve ser desenvolvida a fim de garantir a proteção, movimentação e armazenagem do material e/ou produto. Desenvolver ou adotar embalagens que possuam estas características reduz os custos com avarias, e facilita os processos de movimentação e armazenagem, aumentando a velocidade do fluxo, e garantindo disponibilidade mais uma vez, de recursos como tempo e espaço. A NWPMA (National Wooden Pallet & Container Association) norte americana identificou uma economia de 40 a 50% nos custos logísticos devido à adequação de embalagens (PALMIERI , 2012).

6) Sistemas informatizados – Dias (2007), nos lembra da necessidade de manter paralelos, os fluxos de informação e material físico. Esse processo hoje só é possível através da adoção de sistemas e softwares específicos, mas que ainda precisam de alimentação da mão de obra humana. Garantindo a concomitância destes fluxos, mais uma vez teremos disponibilidade de tempo, ao reduzir o tempo de busca por itens do estoque, e disponibilidade direta de capital e consequentemente de espaço, impedindo a duplicidade na aquisição e armazenagem de itens.

7) Mão de obra – quanto à mão de obra envolvida em todos os pontos do processo produtivo, deve ser devidamente capacitada quanto aos requisitos técnicos e de segurança do processo, bem como conscientizada em relação ao objetivo geral que é a redução de custos. O envolvimento adequado da mão de obra é o fator mais significativo no que tange a redução dos custos, uma vez que, a mão de obra está envolvida em todas as atividades logísticas e os resultados alcançados a partir das demais ações serão reflexo direto da natureza deste envolvimento.

Outro ponto relevante é a automação dos processos de movimentação, que em condições adequadas visa reduzir os trabalhos manuais e consequentemente o tempo de movimentação. Lembrando o citado Dias (2007), não necessariamente a automação será o caminho mais adequado, a sua adoção está condicionada as características e condições do processo.

Dentre outros gargalos que poderíamos apontar estão: processos de recebimento e expedição, que para Martins e Alt (2006), constituem pontos críticos da logística; e medidas de saúde e segurança no trabalho, onde segundo o Ministério da Previdência e Assistência Social – MPAS em 2010, 20% dos acidentes registrados ocorreram na execução de atividades logísticas.

ISSN 1809-3957

IV. CONCLUSÃO

Os custos logísticos representam uma parcela significativa dos gastos de uma empresa. A fim de minimizar o impacto destes custos sobre a lucratividade, alguns pesquisadores têm buscado desenvolver e implantar estratégias que modifiquem o tratamento dado aos custos logísticos pela maioria das empresas.

O principal objetivo é fazer com que eles passem de fonte de gastos para geradores de receita.

Uma das estratégias apresentadas é trabalhar em cada atividade logística, através de ações simples que envolvam cada um dos recursos produtivos, eliminando ou reduzindo as perdas evitáveis, gerando consequente redução de custo e aumento da capacidade produtiva real.

Com o aumento da capacidade produtiva real se obtém disponibilidade e consequentemente maior lucratividade. Aumentando a lucratividade é possível alcançar um dos principais objetivos da logística, que segundo Christopher (2011), é garantir que a rentabilidade seja maximizada.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: Transportes, administração de materiais, distribuição física.** São Paulo: Atlas, 2007.

CHISTOPHER, M. **Logística e o gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 4ª Ed. São Paulo: Cengage learning, 2011.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: Uma Abordagem Logística.** 4ed. São Paulo: Atlas, 2007.
Dicionário de Logística GS1 Brasil. Disponível em: <http://www.faccamp.br/logistica/dicionArio_logIstica.pdf> acesso em 08 Ago. 2015.

EMERY, J. C. **Modernas técnicas de administração empresarial: Modernas técnicas de planejamento e controle de produção.** Vol. 01. 2ºed., Bahia: EDEB, 1972.

FELLOUS, S. M. **Gestão da cadeia de suprimentos no Brasil e a utilização de instrumentos de contabilidade gerencial: uma avaliação sob a perspectiva dos profissionais envolvidos**. São Paulo; Universidade de São Paulo (USP), 2009.

FLEURY, P., KLEBER, F. (Orgs). **Logística empresarial: a perspectiva brasileira.** São Paulo: Atlas, 2000.

FUJI, A. H. **O conceito de lucro econômico no âmbito da contabilidade aplicada. Revista Contabilidade & Finanças**. vol.15 n.36 São Paulo set./dez. 2004 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-70772004000300004> acesso em 15 Ago. 2015.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira.** 12ª Ed. São Paulo: Pearson, 2010.

MAQUIAVEL, N. e MIORANZA, C.(trad.). **A arte da guerra**. 2º Ed. São Paulo: Escala, 2006.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas,2003.

MARTINS, P. G. e ALT, P. R. C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais.** 2º Ed. São Paulo: Saraiva 2006.
MEGLIORINI, E. **Custos: Análise e Gestão**. 2ed. São Paulo: Pearson prentice Hall, 2006.

MOREIRA, D. A. - **Introdução à Administração da Produção e Operações.** Ed. Pioneira. São Paulo, 1998.
NPC 14 Pronunciamento Instituto dos Auditores Independentes do Brasil - IBRACON nº 14 de 18/01/2001. Disponível em: <http://www.portaldecontabilidade.com.br/ibracon/npc14.htm> acesso em 06 Ago. 2015.

OLIVEIRA, D.C. **Custos e formação do preço de venda**. Conselheiro Lafaiete: SEBRAEMG, 2007

PALMIERI, A. F. **Segurança do trabalho no setor de logística.** São Paulo: CEUNSP, 2012. Disponível em: <http://engenho.info/revista/ed05/edartigos/artigo_04.pdf > acesso em 08 Ago. 2015.

PEREIRA, A. L.; BOECHAT, C. B.; TADEU, H. F. B.; SILVA, J.T.M.; CAMPOS, P. M. S. **Logística reversa e sustentabilidade.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.
PLATT, A.A e NUNES, R. S. **Logística e Cadeia de Suprimento.** Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC, 2007.

SILVA, M. M.; BAZOLI, T. N. **Operações e Logística**. São Paulo: Pearson, 2010.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

STEVENSON, W. J. **Administração das Operações de Produção.** 6ª Ed. Rio de Janeiro: LTC., 2001.

TABOADA, C. **Logística: o diferencial da empresa competitiva. FAE Business**. n.2, jun. 2002. Disponível em: <http://ldl.ufsc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=112%3Alogistica-o-diferencial-da-empresa-competitiva&catid=8%3Aartigos-em-revistas&Itemid=14&lang=en> acesso em 12 Ago. 2015.

TADEU H. F. B. (ORG.). **Gestão de estoques: Fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

MÉTODOS PROSPECTIVOS: ESTUDOS DO FUTURO E A PROSPECTIVA ESTRATÉGICA

AGRIS LAIMONIS DUMPE JUNIOR[1]
1 - PUC/SP
agrisjr@hotmail.com

***Resumo** – O presente trabalho tem o objetivo de apresentar de forma simplificada para os estudos do futuro o uso do método da prospectiva estratégica, trazendo informação sobre sua história e as principais ferramentas e metodologias usadas no processo prospectivo como, método DELPHI, o método MACTOR, impactos cruzados probabilistas SMIC-PROB-EXPERT, ábaco de Régnier.*

Palavras-chave: Estudos do Futuro. Prospectiva Estratégica.

***Keywords:** Studies of the Future. Strategic Foresight.*

I. INTRODUÇÃO

Uma característica do ser humano é o pensar, pensamos mesmo quando achamos que não o estamos fazendo, nosso subconsciente não para, um dos principais assuntos de nosso pensar é sobre o tempo, pensamos no passado, no presente e no futuro, pensamos no passado em como ele foi e em como ele poderia ter sido se tivéssemos tomado decisões diferentes, pensamos no presente em como estamos e como decidiremos determinado assunto, para isso pensamos no futuro, ao pensarmos no futuro pensamos nas várias maneiras de como ele poderá ser, ao longo da história buscamos formas de predizer e entender o futuro, independente de nosso nível de escolaridade ou conhecimento, desenvolvemos ferramentas pessoais para tal feito, usando de nosso conhecimento prévio sobre determinado assunto e principalmente usamos nossa imaginação, imaginação que ao meu ver é a ferramenta mais importante para visualizarmos o futuro possível e o futuro menos possível.

Abordaremos aqui algumas ferramentas que desenvolvemos para a predição de futuros, visto que com o desenvolvimento e a globalização alguns métodos já não nos dão uma visão suficientemente plausível de futuro, alguns métodos e modelos matemáticos já carecem de mais variáveis para melhoria de suas previsões, os atores sociais agora inclusos em alguns métodos nos dá uma visão melhorada desse futuro, o método prospectivo aborda os vários aspectos necessários aos estudos do futuro, segundo Godet e Roubelat (1996) para a prospectiva "o futuro é a razão de ser do presente" e esse futuro é múltiplo e incerto, a técnica dos cenários prospectivos são considerados uma das ferramentas de análise das mais importantes para a tomada de decisão rumo ao futuro, vale salientar que os estudos prospectivos não são uma previsão do futuro e sim um estudo das diversas possibilidades de futuros plausíveis existentes, ajuda a nos prepararmos para enfrentarmos qualquer um deles, ou se assim decidirmos tomar decisões para alterar sua possibilidade de ocorrer.

Trabalhar com previsões e projeções não é o mesmo que construir cenários prospectivos, "todos que pretendem predizer ou prever o futuro são impostores, pois o futuro não está escrito em parte alguma, ele está por fazer", (GODET e ROUBELAT, 1996).

Os estudos do futuro são relativamente jovens, desde os primórdios a humanidade tentar prever o futuro, a reflexão sistemática e rigorosa sobre essas previsões data apenas de meados do século passado só ganhando força apenas após a segunda guerra mundial quando os Estados Unidos com a preocupação principalmente sobre as tecnologias futuras de caráter militar, e na França com o interesse no planejamento territorial e a especulação sociopolítica do pós-guerra, desde então a prospectiva foi se consolidando como campo de estudo válido, o primeiro a empregar o termo "prospectiva" foi o filosofo e pedagogo francês Gaston Berger em sua obra "A Atitude Prospectiva", de 1958, estabelecendo como descrever um futuro desejável para o mundo, Berger propôs o uso do termo "prospectiva" para mostrar a necessidade de uma atitude orientada para o futuro.

No Brasil a prática de elaboração de cenários é recente, as primeiras empresas a utilizarem tal prática foram o BNDES, a Eletrobrás, a Petrobras e a Eletronorte, em meados da década de 1980, em função de operarem com projetos de longo período de maturação, o que exigia uma visão de longo prazo, em 1997 o Ipea formulou o estudo O Brasil na Virada do Milênio, porém o estudo limitou – se a formular um único cenário para o país, o que não atende a um dos princípios básicos da prospectiva, o de que o futuro é múltiplo e incerto.

II. CENÁRIOS PROSPECTIVOS

A aplicação de metodologia para estudos do futuro se baseia no desenvolvimento, estudo e aplicação do pensamento prospectivo, pensamento estratégico, visão sistêmica e global, transdisciplinariedade, participação, enfoque exploratório e normativo, metodologias quantitativas e qualitativas, criatividade, para se tornar um bom futurista se requer conhecimentos de história, ciências sociais, ciências naturais, desenvolvimento das engenharias, filosofia, ética, moral, religiões, o trabalho da prospectiva consiste em dominar a forma de facilitar o processo de tomada de decisões na geração de alternativas de futuro de longo prazo.

Dentro da definição filosófica de prospectiva encontramos quatro nomes que se destacam quanto suas metodologias, o método utilizado por Godet (1993), o método utilizado por Schwartz (1996) também conhecido

ISSN 1809-3957

pelo método GBN, o método utilizado por Porter (1986) e o método utilizado por Grumbach (1999), os quatro possuem várias características em comum como, delimitação do problema, estudos Históricos, descrição da situação atual, consulta a especialistas ou peritos entre outras, a maior diferença entre os métodos está na fase de análise, pois cada um tem sua respectiva técnica para a geração dos cenários.

Um estudo de futuro pode ser concebido e desenvolvido mediante um processo global de quatro etapas:

1 – Entendimento do contexto
2 – Visualização estratégica
3 – Desenhando o futuro
4 – Construindo o futuro

Neste processo os resultados de cada etapa servem de insumos para a próxima etapa, e a riqueza das informações vão aumentando de uma etapa a outra, em outras palavras os resultados são cada vez mais estratégicos para o desenho dos futuros, a primeira e a segunda etapas proporcionam resultados concretos em uma escala temporal, a terceira e quarta etapas indicam uma ação em execução permanente, o modelo geral de quatro etapas representa um ciclo que na escala temporal está amarrado a outro de quatro etapas e assim sucessivamente até que o futuro se converta em presente em algum momento, uma vez dentro do processo cíclico este não se deve parar, acumulando em cada ciclo maior e melhor experiência nas análises da informação estratégica, na busca do consenso, na resolução de conflitos, no estabelecimento de acordos e no planejamento do futuro desejado.

A primeira etapa, entendimento do contexto é onde se dá a primeira aproximação ao objeto de estudo, se refere ao entendimento geral do problema, significa entender as dimensões do sistema, nesta fase se entende os atores envolvidos, em termos qualitativos, aqui entramos em contato com os especialistas se o estudo requer a consulta de peritos em algum assunto especifico, em termos quantitativos, nesta fase identificamos as variáveis, a observação e o entendimento de seu comportamento passado e o estabelecimento de relações causais entre as variáveis, o entendimento do contexto significa em outras palavras, ter um entendimento no nível macro desde um ponto de observação.

A segunda etapa, visualização estratégica, após o entendimento geral é possível afinar o ponto de observação para determinar a importância relativa em que os elementos constituintes do objeto de estudo podem condicionar sua evolução futura, em termos qualitativos se refere tanto a análise e categorização das variáveis e suas relações entre os atores, como a determinação de fatores internos ou externos estratégicos condicionantes dos futuros, em termos quantitativos se refere a validação e quantificação das relações de casualidade entre as variáveis, assim como a identificação de padrões e análise de sua composição interna e seus impactos no futuro, visualização estratégica significa em outras palavras ter um entendimento afinado a observação.

A terceira etapa, desenhando o futuro é onde uma vez concluídas a primeira e a segunda etapas se conta com elementos suficientes para entrarmos nos futuros do objeto de estudo, é possível iniciar o desenho dos cenários e seja mediante ao enfoque exploratório ou um enfoque normativo, é o momento de fazer uso da informação estratégica resultante da primeira e da segunda etapa para visualizar os possíveis estados futuros e desenhar seja os cenários plausíveis e ou os cenários alternativos, é essa a etapa de maior criatividade, a que se descreve as estórias que conta cada cenário e que damos um nome representativo aos cenários.

A quarta etapa, construindo o futuro, aqui iniciamos com a definição ou seleção participativa do cenário desejado ou cenário aposta, é aqui que devemos traçar o caminho para alcançar o cenário escolhido, fazer os planos de ação pertinentes, é o momento em que a prospectiva e a estratégia se entrelaçam para formar um binômio indivisível, é a etapa mais complexa em que devemos conciliar os interesses dos atores, solucionar suas controvérsias, confrontar os desafios ambientais, resolver os desafios internos, em outras palavras, devemos internalizar os fatores a favor do cenário desejado, desde o ponto de vista sistêmico, e tratar de estabelecer o processo que permita alcançar a evolução do sistema da situação atual até a situação desejada no futuro.

III. A CAIXA DE FERRAMENTAS

A caixa de ferramentas é um conjunto de ferramentas e métodos que nos auxiliam no processo prospectivo, é assim chamado por vários autores.

Diferentes disciplinas cientificas nos oferecem métodos e ferramentas para completar cada uma das etapas do processo prospectivo, vários autores utilizam métodos e técnicas diferentes, esse é um campo amplo com muitas ferramentas a disposição, a seguir abordaremos quatro métodos amplamente conhecidos e utilizados que podemos usar em cada etapa.

IV. MÉTODO DELPHI

A. OBJETIVO

O método Delphi tem por objetivo evidenciar as convergências de opinião e destacar certos consensos sobre assuntos muito concretos, graças à interrogação de peritos, por meio de questionários sucessivos, o objetivo mais frequente dos estudos Delphi é fazer incidir os esclarecimentos dos peritos sobre zonas de incerteza com vista a uma ajuda na tomada de decisões.

B. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

A técnica conheceu numerosas versões diferentes, apresentamos aqui a versão de origem.

Fase 1: formulação do problema

É uma etapa fundamental na realização de um Delphi, num método de peritos, a definição precisa do domínio de investigação é tanto mais importante quanto é necessário estar bem certo de que os peritos recrutados todos têm o mesmo conhecimento neste domínio.

A elaboração deste questionário deve obedecer a certas regras: as questões devem ser precisas, quantificáveis (incidindo, por exemplo, sobre as probabilidades de realização de hipóteses e ou de acontecimentos, a maior parte das vezes sobre datas de realização de acontecimentos), e independentes (a suposta concretização de uma das questões numa determinada data não tem influência sobre a concretização de uma outra questão).

Fase 2: seleção dos peritos

Esta etapa é tanto mais importante quanto o termo perito é ambíguo, independentemente dos seus títulos,

ISSN 1809-3957

função ou nível hierárquico, o perito será escolhido pela sua capacidade de prever o futuro, a falta de independência dos peritos pode constituir um inconveniente, é por isso que por precaução, os peritos são isolados e as suas opiniões recolhidas por via postal e anonimamente, obtém-se assim, a opinião de cada perito, e não uma opinião mais ou menos obtida por um processo de discussão em grupo.

Fase 3: procedimento prático e exploração dos resultados

O questionário é enviado aos peritos (pelo menos uma centena, pois é necessário contar com não respostas e abandonos: o grupo final não deve ser inferior a 25), obviamente acompanhado de uma nota de apresentação definindo os objetivos, o espírito do Delphi, bem como as condições práticas do desenrolar do inquérito (prazo de resposta especificado e anonimato garantido), para cada questão, o perito deve ainda avaliar o seu próprio nível de competência.

São enviados questionários sucessivos, a fim de diminuir a dispersão das opiniões e apurar com precisão a opinião consensual mediana.

No segundo questionário, os peritos, informados dos resultados do primeiro, devem fornecer uma nova resposta e sobretudo são obrigados a justificá-la se a mesma for muito divergente da do grupo.

No terceiro questionário pede-se a cada perito que comente os argumentos dos peritos divergentes.

O quarto questionário dá a resposta definitiva: opinião consensual mediana e dispersão das opiniões (intervalos interquartis)

C. UTILIDADE E LIMITES

Uma das vantagens do Delphi é a quase certeza de se obter um consenso no final dos questionários sucessivos (mas, atenção convergência não significa coerência), além disso, a informação recolhida durante o inquérito sobre os acontecimentos, tendências e rupturas determinantes para a evolução futura do problema estudado, é geralmente rica e abundante.

Finalmente, este método pode ser utilizado tanto no domínio da gestão, da economia, da tecnologia, como no das ciências sociais.

Várias condicionantes restringem o alcance do método que se revela extenso, oneroso, fastidioso e mais intuitivo do que racional, o procedimento condicionante (vários envios de inquéritos) é, além disso, discutível, pois só os peritos que se afastam da norma devem justificar a sua posição.

Todavia, podemos também considerar que a opinião dos peritos divergentes é, em termos prospectivos, mais interessante do que a dos que se mantêm nas fileiras.

Finalmente, as interações possíveis entre as hipóteses consideradas não são tidas em conta, e são evitadas, o que levou os promotores do método Delphi a desenvolver métodos de impactos cruzados probabilistas.

D. CONCLUSÕES PRÁTICAS

Aparentemente, o Delphi é um procedimento simples, facilmente aplicável no quadro de uma consulta de peritos, mas os fracassos ou as decepções podem desencorajar os "utilizadores amadores", este método permite obter consensos, é portanto, conveniente para as aplicações da tomada de decisões, mas tem de ser adaptado em função do objetivo do estudo para a Prospectiva, em particular, não é necessário obter, a qualquer preço, uma opinião consensual mediana, mas antes pôr em evidência vários grupos de respostas através da análise de pontos de convergência múltiplas.

O Delphi é, sem dúvida, a técnica que, desde há quarenta anos, foi objeto do maior número de aplicações em todo o mundo, mas nem todas respeitam o procedimento acima descrito, algumas, de Delphi, só têm o nome e são meros questionários por via postal sobre temas prospectivos.

A partir deste procedimento original foram desenvolvidas outras abordagens, assim, o mini-Delphi propõe uma aplicação em tempo real da técnica: os peritos estão juntos num mesmo local e debatem cada questão antes de responderem, de um modo mais geral, a utilização de novas formas de interação com os peritos, como o correio eletrônico, tende a desenvolver-se e a tornar o procedimento mais flexível e mais rápido.

V. MACTOR

A. OBJETIVO

Método de análise dos jogos de atores, o MACTOR procura avaliar as relações de força entre atores e estudar as suas convergências e divergências relativamente a um certo número de desafios e de objetivos associados.

A partir desta análise, o objetivo da utilização do método MACTOR é fornecer a um ator auxílio na decisão de implementação da sua política de alianças e de conflitos.

B. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O método MACTOR compreende sete etapas:

Fase 1: construir o quadro das "estratégias de atores"

A construção deste quadro diz respeito aos atores que comandam as variáveis chaves obtidas da análise estrutural: é o jogo destes atores que explica a evolução das variáveis comandadas (note-se que o número útil de atores se situa frequentemente entre 10 e 20).

As informações recolhidas sobre os atores são reunidas da seguinte forma:

- estabelece-se, por um lado, um verdadeiro bilhete de identidade de cada ator, as suas finalidades, objetivos, projetos em desenvolvimento e em maturação, as suas motivações, constrangimentos e meios de ação internos, o seu comportamento estratégico no passado;
- examinam-se, por outro lado, os meios de ação de que cada ator dispõe em relação aos outros para levar a bom termo os seus projetos.

Fase 2: identificar os desafios estratégicos e os objetivos associados

O encontro dos atores em função das suas finalidades, dos seus projetos e meios de ação, permite revelar um certo número de desafios estratégicos relativamente aos quais os atores têm objetivos convergentes ou divergentes.

Fase 3: posicionar os atores em função dos objetivos e identificar as convergências e divergências

Trata-se de descrever, através de uma matriz atores x objetivos, a atitude de cada ator, na atualidade, em relação a cada objetivo, indicando o seu acordo (+), desacordo (-1) ou neutralidade (0).

Para recensear os jogos de alianças e de conflitos possíveis, o método MACTOR indica exatamente o número e os objetivos nos quais os atores, dois a dois, estão em convergência ou em divergência.

ISSN 1809-3957

São então estabelecidos dois primeiros grafos completos das convergências e das divergências possíveis.

Estes grafos permitem visualizar grupos de atores em convergência de interesses, avaliar o seu grau de liberdade aparente, identificar os atores potencialmente mais ameaçados e analisar a estabilidade do sistema.

Fase 4: hierarquizar para cada ator as suas prioridades de objetivos (posições valorizadas)

Os grafos construídos até agora são bastante elementares na medida em que só tem em conta o número de convergências e divergências de objetivos entre atores.

Para aproximar o modelo da realidade, convém ter em consideração igualmente a hierarquia dos objetivos para cada ator, avalia-se assim a intensidade do posicionamento de cada ator por meio de uma escala específica.

Fase 5: avaliar as relações de força dos atores

Constrói-se uma matriz das influências diretas entre atores a partir do quadro estratégico dos atores, valorizando os meios de ação de cada ator, as relações de força são calculadas através do software MACTOR, tendo em conta simultaneamente as influências diretas e indiretas (um ator pode agir sobre outro por intermédio de um terceiro).

Seguidamente, constrói-se um diagrama de influência-dependência dos atores, a análise das relações de força dos atores realça as forças e as fraquezas de cada um destes atores, suas possibilidades de defesa, etc.

Fase 6: integrar as relações de força na análise das convergências e divergências entre atores

Dizer que um ator pesa duas vezes mais que outro na relação de forças global, é atribuir, implicitamente, um peso duplo à sua implicação nos objetivos que interessam.

O objetivo desta etapa é justamente integrar a relação de forças de cada ator na intensidade do seu posicionamento relativamente aos objetivos.

Obtêm-se novos grafos das convergências e divergências possíveis entre todos os atores, a comparação entre as séries de grafos permite observar a deformação das alianças e conflitos potenciais, tendo em conta as hierarquias dos objetivos e das relações de força entre atores.

Fase 7: formular as recomendações estratégicas e as questões-chave para o futuro

Através dos jogos de alianças e conflitos potenciais entre atores, o método MACTOR contribui para a formulação das questões-chave da análise prospectiva e para a elaboração de recomendações estratégicas, ajuda, por exemplo, a interrogarmos sobre as possibilidades de evolução das relações entre atores, a emergência e o desaparecimento de atores, as mudanças de papéis, etc.

C. UTILIDADE E LIMITES

O método MACTOR apresenta a vantagem de ter um caráter muito operacional para uma grande diversidade de jogos que envolvem numerosos atores relativamente a uma série de desafios e de objetivos associados, neste aspecto diferencia-se das pesquisas resultantes da teoria de jogos que, muitas vezes, culminam na construção de modelos aplicados não aplicáveis, todavia, esperam-se importantes progressos de uma aproximação entre os conceitos da teoria dos jogos e o método MACTOR.

O método MACTOR comporta certo número de limites, nomeadamente no que se refere à recolha da informação necessária, observa-se uma reticência dos atores em revelar os seus projetos estratégicos e os seus meios de ação externos.

Existe uma parte irredutível de confidencialidade (pode, no entanto, proceder-se a sínteses úteis), além disso, a representação de um jogo de atores com base neste método pressupõe um comportamento coerente de cada ator em relação às suas finalidades, o que, por vezes, contradiz a realidade.

No que se refere aos instrumentos propostos, o software MACTOR, tal como funciona atualmente, requer apenas dois quadros de dados a partir dos quais se obtêm várias páginas de listagens de resultados e de esquemas, é este o principal perigo que espreita o utilizador do método: deixar-se seduzir ou arrebatar pela vaga de resultados e os comentários que eles suscitam, esquecendo que tudo depende da qualidade dos dados de entrada e bem assim da capacidade de selecionar os resultados mais pertinentes.

D. CONCLUSÕES PRÁTICAS

Na prática, o tempo necessário para conduzir uma análise do jogo dos atores pelo método MACTOR (2 a 5 meses) é, regra geral, mais curto do que para uma análise estrutural, mas o tempo necessário para a recolha, a verificação das informações e a respectiva análise não deve ser subestimado.

Se bem que o método MACTOR se insira no método dos cenários, também pode ser utilizado isoladamente, tanto para fins prospectivos como para a análise de uma dada situação estratégica.

VI. IMPACTOS CRUZADOS PROBABILISTAS SMIC-PROB-EXPERT

A. OBJETIVO

Os métodos de impactos cruzados probabilistas visam determinar probabilidades simples e condicionais de hipóteses e ou de acontecimentos, assim como as probabilidades de combinações destes últimos, tendo em conta as interações entre acontecimentos e ou hipóteses.

O objetivo destes métodos é não só apresentar a quem irá tomar a decisão, os cenários mais verídicos, mas também examinar combinações de hipóteses que teriam sido excluídas a priori.

B. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O “método dos impactos cruzados” é o termo genérico de uma família de técnicas que tentam avaliar as mudanças nas probabilidades de um conjunto de acontecimentos na sequência da realização de um ou de vários entre eles.

Vamos falar aqui de um destes métodos, o SMIC-Prob-Expert (Sistemas e Matrizes de Impactos Cruzados), na prática, se considerarmos um sistema com n hipóteses, o método SMIC-Prob-Expert permite, a partir de informações fornecidas pelos peritos, escolher entre as n imagens possíveis (jogos de hipóteses) as que (tendo em conta a sua probabilidade de realização) deveriam ser muito especificamente estudadas.

O SMIC-Prob-Expert (com o software Prob-Expert) consiste, portanto, em assinalar os futuros mais prováveis que servirão de base à construção dos cenários.

Fase 1: formulação das hipóteses e escolha dos peritos

Um inquérito SMIC-Prob-Expert parte de cinco ou seis hipóteses fundamentais e de algumas hipóteses

ISSN 1809-3957

complementares, ora, não é fácil estudar o futuro de um sistema complexo com um número tão limitado de hipóteses, onde o interesse de métodos como a análise estrutural e da reflexão sobre a estratégia dos atores, que permitem identificar melhor as variáveis chave e formular melhor as hipóteses de partida.

O inquérito é geralmente realizado por via postal (as taxas de resposta revelam-se bastante satisfatórias: 25 a 30%), é necessário contar com cerca de um mês e meio para a realização de um SMIC-Prob-Expert.

Os peritos interrogados serão escolhidos à luz dos mesmos critérios que para o Delphi, sendo-lhes solicitado:

- que avaliem a probabilidade simples de realização de uma hipótese com o auxílio de uma escala que vai de 1 (muito pouco provável) a 5 (muito provável);

- que apreciem, sob a forma de probabilidade condicional, a realização de uma hipótese em função da realização e da não realização de todas as outras, tendo em conta todas as questões que o perito deve colocar-se, é obrigado a revelar o nível de coerência implícita do seu raciocínio.

Fase 2: probabilidades dos cenários

O programa SMIC-Prob-Expert (programa clássico de minimização de uma forma quadrática sob restrições lineares) permite analisar os dados brutos:

- corrigindo as opiniões dos peritos por forma a obter resultados líquidos coerentes (ou seja, satisfatórios aos axiomas clássicos das probabilidades),

- afetando uma probabilidade a cada uma das n combinações possíveis das n hipóteses.

Graças à média das probabilidades atribuídas a cada uma destas imagens pelo conjunto dos peritos, pode determinar-se uma hierarquia destas imagens e, consequentemente, dos cenários mais prováveis.

Convém então, escolher 3 ou 4 destes cenários e, de entre estes, pelo menos um cenário de referência (com uma forte probabilidade média) e cenários contrastados cuja probabilidade pode ser fraca, mas cuja importância para a organização não deve ser negligenciada.

A etapa posterior está relacionada com a descrição dos cenários: encaminhamento do presente para as imagens finais, comportamentos dos atores.

Está ligada ao método dito dos cenários.

C. UTILIDADE E LIMITES

Os métodos ditos de interações probabilistas constituem um progresso relativamente ao Delphi já que apresentam a vantagem de ter em conta as interações entre acontecimentos, contrariamente ao Delphi, o método SMIC-Prob-Expert tem em consideração a interdependência entre as questões colocadas e assegura a coerência das respostas.

É de aplicação relativamente simples, o seu desenvolvimento é bastante rápido e os resultados obtidos, regra geral, facilmente interpretáveis.

Constitui uma excelente “barreira” intelectual que, muitas vezes, permite questionar certas ideias feitas (ver enquadramento mais adiante) e sobretudo verificar se os cenários estudados abrangem uma parte razoável do campo dos prováveis, ou seja, que haja pelo menos 6 a 7 possibilidades em dez de a realidade futura corresponder a um destes cenários.

Convém, no entanto, mantermo-nos vigilantes e evitar tanto quanto possível uma aplicação demasiado mecânica deste tipo de método, sem esquecer que as probabilidades obtidas continuam a ser probabilidades subjetivas, ou seja, não assentam em frequências observadas, mas em opiniões.

A informação recolhida durante um SMIC-Prob-Expert é considerável, pois abrange tantas hierarquias de cenários como peritos interrogados, encontramo-nos, assim, face a um problema de agregação das respostas de vários peritos.

Uma das soluções consiste em traçar uma tipologia dos peritos em função da proximidade das suas respostas, ou em considerá-las por grupos de atores, efetivamente, a análise das respostas dos vários grupos de peritos também contribui para pôr em evidência os jogos de certos grupos de atores.

Os dados brutos e líquidos obtidos (e na maioria das vezes representados sob a forma de histogramas), permitem de fato obter certos consensos, bem como, graças à análise de sensibilidade, trazer à luz do dia escolas de pensamento, e desse modo, identificar certos grupos de peritos ou de atores.

D. CONCLUSÕES PRÁTICAS

Concebido por volta de 1972-1973 por Michela Goete no CEA e, mais tarde, desenvolvido pela SEMA, o método SMIC-Prob-Expert conheceu, desde então, um número importante de aplicações, a partir dos anos sessenta, foram desenvolvidos numerosos outros métodos de interações probabilistas, tanto nos Estados Unidos como na Europa.

A utilização em micro do SMIC-Prob-Expert está doravante acessível graças ao programa Prob-Expert, desenvolvido e difundido pela empresa Heurisco.

Assim, torna se possível animar um SMIC-Prob-Expert em tempo real com um grupo de peritos (num dia, por exemplo), o que não exclui, contudo, uma aplicação mais tradicional do método, nomeadamente utilizando a via postal.

VII. ÁBACO DE RÉGNIER

A. OBJETIVO

O Ábaco de Régnier é um método original de consulta de peritos, concebido pelo Dr. François Régnier, a fim de interrogar peritos e tratar as suas respostas em tempo real ou por via postal a partir de uma escala a cores.

Como todos os métodos de peritos, destina-se a reduzir a incerteza, confrontar o ponto de vista de um grupo com o de outros grupos e, simultaneamente, tomar consciência da maior ou menor variedade das opiniões.

B. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

A lógica utilizada pelo ábaco é a das três cores dos semáforos de trânsito (verde, amarelo, vermelho) completadas pelo verde claro e o vermelho claro (que permitem matizar as opiniões), o branco permite o voto em branco e o preto a abstenção, trata se, portanto, de uma escala de decisão colorida.

Fase 1: Recolha das opiniões dos peritos

Convém, num primeiro tempo, definir com bastante precisão a problemática estudada, esta problemática será abordada com cuidado e decomposta em elementos (ou itens).

Os itens serão afirmações que alargam o campo das discussões sobre a evolução do passado e ou sobre a visão do futuro, cada perito pronuncia-se então individualmente sobre cada item, utilizando a escala colorida colocada à sua disposição.

ISSN 1809-3957

Fase 2: Tratamento dos dados

Consiste em tratar as respostas coloridas sob uma forma matricial que representa, em linha os itens que definem o problema e em coluna os peritos que participam no estudo.

A imagem em mosaico constitui um verdadeiro panorama da informação qualitativa e torna visível simultaneamente a posição de cada um dos peritos sobre o problema.

Fase 3: Discussão dos resultados

É com base nesta imagem colorida que começam o debate e ou a explicação do voto, os procedimentos mantêm-se abertos e cada um pode, a qualquer momento, modificar a sua cor e justificar a sua mudança de opinião.

C. UTILIDADE E LIMITES

O método é eficaz, simples e rápido, permite aos divergentes exprimirem-se (e valora-los).

Trata-se de um excelente instrumento de comunicação, não procura o consenso, mas antes o intercâmbio e o debate entre indivíduos, porém, como o Ábaco de Régnier modifica o funcionamento habitual de um grupo, é difícil convencer os tomadores de decisão a utilizá-lo: o chefe pode ver-se isolado, pois o método obriga todos os membros do grupo a dar a sua opinião, a "anunciar a cor", contraria, portanto, os modos habituais de reflexão praticados nas empresas.

É sobretudo aplicado para a avaliação ex-post de seminários de formação, quando as escolhas estratégicas não estão em jogo.

D. CONCLUSÕES PRÁTICAS

O Ábaco de Régnier é uma marca registrada cujos produtos são difundidos pela empresa Scoop, existiu primeiro (e continua a existir) sob a forma manual (quadro magnético e quadrados coloridos, de metal).

O ábaco automatizado (programa em computador pessoal) permite, atualmente, o tratamento instantâneo da imagem, uma tal gestão da trama colorida permite ler melhor o desenho (imagem bruta, histograma geral, reclassificação dos consensos por ordem decrescente sobre os itens…).

Trata-se de um instrumento prático que permite animar em direto e em tempos curtos grupos de reflexão prospectiva, tanto para os grupos de dimensão reduzida como para os grupos mais importantes (colóquios, seminários) através da utilização de votos à distância, o ábaco pode ser utilizado como técnica de voto em combinação com outras técnicas, como demonstra a sua aplicação combinada com o método Delphi.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGER, Gaston; BOURBON-BUSSET, Jacques; MASSÉ, Pierre. L´ attitude prospective, **De la prospective**, op. cit, 1958.

GODET, Michel. **Manual de prospectiva estratégica: da antecipação a ação**. Lisboa publicações Dom Quixote, 1993.

GODET M., ROUBELAT F. Creating the future: the use and misuse of scenarios. **Long range planning**, vol. 29, nº 2, abril 1996.

GRUMBACH, Raul José dos Santos. **Prospectiva: A chave para o planejamento estratégico.** São Paulo: Catau, 1999.

IPEA. **O Brasil na virada do Milênio – Vol.I**, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada/Brasília, 1997.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva – Técnicas para Análise da Industria e da Concorrência**. Campus. Rio de Janeiro. 1986.

SCHWARTZ, Peter. **The art of the long vew**. Doubleday, 1996.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

A ATIVIDADE COMERCIAL ATACADISTA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL NO ESTADO DO AMAPÁ

LUZIMAR REBELLO AZEVEDO[1]; JADSON REBELO PORTO[2], BRENO MARQUES DA SILVA E SILVA[1]
1 –Universidade do Estado do Amapá (UEAP); 2 – Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)
silvabms@hotmail.com.br

Resumo - O objetivo do presente trabalho foi analisar o conceito de atividade comercial atacadista, suas subdivisões e as contribuições ao desenvolvimento econômico regional no Estado do Amapá, Brasil. Inicialmente é demonstrado como as atividades comerciais atacadistas expressam sua contribuição ao desenvolvimento econômico regional pelacapacidade de geração de empregos e expansão na renda dos indivíduos, contribuindo diretamente para a melhoria na arrecadação de tributos do estado. Os resultados alcançados pela pesquisa envolvem: Analise dos serviços prestados pelo setor comercial atacadista aos clientes; Analise da evolução do numero de empresas atacadistas no Amapá e da diversificação de produtos a disposição dos clientes; Analise da evolução do numero de pessoas ocupadas nas empresas do setor comercial atacadista no Amapá e da geração de empregos proporcionais; e, Analise das consequências da integração do mercado local com os centros produtores de outras regiões e a questão da dependência econômica. No texto estão explicitados os tipos de pesquisas realizados como: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental em Instituições, entrevistas formais e informais com executivos de Instituições envolvidas. Finalmente se conclui que o setor comercial atacadista promove nas pessoas a integração pelo consumo.

Palavras-chave: Atacado. Desenvolvimento regional. Economia. Amapá.

I. INTRODUÇÃO

A análise dos mecanismos que promovem e aceleram o processo de desenvolvimento econômico em uma região é de suma importância para aquelas regiões que ainda estão em busca de respostas para seus problemas econômicos.

Bresser-Pereira (2006) analisa que o desenvolvimento econômico é um processo histórico deliberado de elevação dos padrões de vida que ocorre dentro de cada Estado ou região. É o crescimento sustentado na renda dos trabalhadores, derivado, principalmente, da transferência de parte dos lucros empresariais para os salários, implicando a melhoria do padrão de consumo desses indivíduos; acompanhado por melhorias na qualidade de vida dessas pessoas, derivadas da ação do Estado com as obras públicas, financiadas também pela expansão da arrecadação de tributos.

As atividades comerciais, notadamente o comércio atacadista, quando em expansão, expressam sua contribuição ao desenvolvimento econômico pela notável capacidade de geração de empregos e expansão na renda dos indivíduos, contribuindo diretamente para a melhoria na arrecadação de tributos do estado, que por sua vez, vão facultar ações e políticas públicas que se caracterizam por afetar para melhor a qualidade de vida das pessoas.

A análise dos processos que determinam a atuação do comercio atacadista encontra seus fundamentos no pensamento dos autores: ABAD (2009),Viana (2002), Kotler (2000), Parente (2006), Machado (2000), Lacerda (2000) e Evans e Berman (1995).

Vianna (2002) discorrendo sobre o segmento do comercio atacadista, identifica que esse ramo de atividade compreende as atividades de revenda de mercadorias de origem agropecuária, extrativa ou industrial, em qualquer nível de processamento (em bruto, beneficiadas, semi-elaboradas e prontas para uso), e em qualquer quantidade, predominantemente para varejistas, para outros atacadistas e para outros agentes produtores ou distribuidores em geral.

Segundo Viana (2002), os clientes do comércio atacadista são, predominantemente, pessoas jurídicas, estabelecimentos agropecuários e profissionais autônomos, independentemente da quantidade comercializada. O comércio atacadista compreende, também, as manipulações habituais desta atividade, tais como: montagem, classificação e agrupamento de produtos em grande escala, acondicionamento e envasamento, redistribuição em recipientes de menor escala, quando realizados por conta própria.

Para Kotler (2000), o comércio atacadista inclui todas as atividades envolvidas na venda de bens, para aqueles que compram para revenda ou uso industrial.

Para McCarthy e Brogowicz (1982), atacados são empresas cuja principal função é prover atividades atacadistas, ou seja, vender para varejistas e outros mercadores e/ou para usuários comerciais, industriais e institucionais. Ele não vende em grandes quantidades para o consumidor final.

Evans e Berman, (1995), corroboram o pensamento dos autores anteriores afirmando que a função atacadista engloba a compra e/ou entrega de bens, e sua subseqüente revenda para usuários organizacionais, varejo, e/ou outros atacadistas, mas não vendas em volume significante para o consumidor final.

Parente (2000) considera ainda o comércio *atacarejo*, que é uma nova modalidade que surgiu com grande sucesso no Brasil, vem se expandindo, e atraindo novos empresários dispostos a investir neste tipo de serviço. É a venda de produtos em quantidade fracionada para o pequeno varejista, que não necessita de grande quantidade de produtos, ou para o grande consumidor final, que deseja preços mais em conta.

ISSN 1809-3957

Segundo Machado (2000), o setor atacadista foi introduzido no Brasil em meados da década de 1950, por portugueses imigrantes. Inicialmente, os imigrantes exerciam suas vendas em caixas de madeira (caixeiro-viajante) vendendo de casa em casa, ou apenas em pequeno varejo, posteriormente evoluindo para a modalidade atacado de balcão (estabelecimentos com equipes de vendedores internos preparados para atender os clientes). As primeiras grandes empresas do setor surgiram nas principais capitais brasileiras que, apesar de atuarem basicamente na forma de balcão, também possuíam vendedores cobrindo o interior do país, realizando negócios e enviando as mercadorias aos seus clientes por meio de transporte ferroviário.

Segundo a ABAD (2009), Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores, o período entre 1950 – 1990 foram considerados por altos e baixos na economia do país, que evidentemente envolveram o setor atacadista, contudo, na atualidade, o setor mostra-se dinâmico e ativo, sendo responsável por abastecer mais de 1.000.000 pontos-de-venda em todo o país. As empresas do setor comercializam principalmente: produtos alimentícios industrializados, *candies*, bebidas, produtos de higiene pessoal, limpeza doméstica, produtos farmacêuticos, de perfumaria, papelaria e material de construção.

Lacerda (2000) entende que o conceito de cada formato de atacado no Brasil, classificado de acordo com o atendimento aos clientes é dado como: **ATACADISTA**: agente de distribuição que compra e vende produtos de vários fornecedores da indústria, com os quais não possui vínculo (formal ou informal) de exclusividade por produtos e/ou de território; **DISTRIBUIDOR**: agente de distribuição que compra e vende produtos de fornecedores da indústria, com os quais possui vínculo de exclusividade de produtos e/ou de território. Possui equipes de vendas, atende um numero elevado de clientes com freqüência determinada, faz entregas com frota própria ou de terceiros; trabalha com muitos itens diferentes e suas vendas, de modo geral, são feitas a prazo; ATACADISTA/DISTRIBUIDOR: empresas que atuam como atacadistas para um determinado grupo de fornecedores, atuando mesmo tempo como distribuidores para um outro grupo de fornecedores.

Com relação ao *modus-operandi* de atendimento ao cliente, Lacerda (2000) os classifica como: **ATACADISTA DE AUTO-SERVIÇO**: Conhecido também como *cash andcarry*, esta ramificação do atacado tem como principal apelo de venda o baixo preço. Em geral, suas vendas são despojadas, a mercadoria é oferecida nas embalagens de embarque originais ou em embalagens menores preparadas pela indústria ou pelo próprio atacadista. O cliente paga à vista suas compras. É um modelo em expansão nos grandes centros do Brasil; **ATACADISTA DE BALCÃO**: Tem uma equipe de vendedores internos preparada para atender aos clientes que visitam esse tipo de estabelecimento. Trabalham com mix reduzido, representado pelos produtos de maior giro dentro do varejo. O cliente, neste caso, geralmente leva com ele a compra feita e **ATACAREJO:** Nova modalidade que surgiu com grande sucesso no Brasil, vem se expandindo, e atraindo novos empresários dispostos a investir neste tipo de serviço. É a venda de produtos em quantidade fracionada para o pequeno varejista, que não necessita de grande quantidade de produtos, ou para o grande consumidor final, que deseja preços mais em conta.

Segundo a afirmação de Parente (2006), no Brasil, o setor atacadista tem uma importante função como intermediador estratégico da indústria no atendimento de canais de distribuição de menor porte (varejistas e supermercados), em um país de extensão continental. Assim, como o País, o setor atacadista tem perspectivas favoráveis de crescimento. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi analisar o conceito de atividade comercial atacadista, suas subdivisões e as contribuições ao desenvolvimento econômico regional no Estado do Amapá, Brasil.

II. PROCEDIMENTOS

Os procedimentos técnicos de pesquisa envolveram: a) Pesquisa bibliográfica; b) Pesquisa documental nas seguintes Instituições: SEPLAN - Secretaria de Planejamento do estado do Amapá, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, JUCAP – Junta Comercial do Estado do Amapá, ADAP – Associação dos Distribuidores/Atacadistas do estado do Amapáe SEICOM – Secretaria de Indústria, Comercio e Mineração do estado do Amapá; c) Observações *in-loco* nas cidades de Macapá e Oiapoque; d) Entrevistas informais com: Gilberto Laurindo – Presidente da JUCAP – Junta Comercial do Estado do Amapá, Sra. Carla Andrea Lima – Assistente de diretoria da ADAP – Associação dos Distribuidores/Atacadista do Estado do Amapá, Socorro Menezes e Raimundo Nonato – SEICOM - Secretaria de Indústria Comércio e Mineração do estado do Amapá; e) Entrevistas formais com as seguintes empresas: Distribuidora Qualimax, Armazém São Paulo, Armazém Fortaleza, Armazém Brasil e CDN – Central de Distribuição Norte.

A análise da pesquisa baseou-se nos métodos: histórico e dialético. O método histórico consiste em investigar acontecimentos, processos e instituições do passado para verificar sua influência na sociedade de hoje. Com relação ao método dialético, entende-se inicialmente que a dialética compreende os fenômenos como um conjunto de processos em constante mutação, e que o mundo não deve ser considerado como um complexo de coisas e fenômenos acabados, mas como um complexo de processos em que as coisas e fenômenos, na aparência estáveis, está em processo de mudança ininterrupta.

Nosso tipo de pesquisa foi exploratória, já que desencadeamos um processo de investigação sobre um objeto de estudo - as atividades comerciais atacadistas - ainda pouco estudado e avaliado no Estado do Amapá. Devem ser frisadas também, as dificuldades de acesso as informações necessárias a pesquisa, seja pela simples inexistência de dados quantitativos sobre alguns dos temas analisados; ou pelo receio de alguns empresários em ceder dados disponíveis com receio de represálias do fisco; ou ainda, pelo elevado índice de informalidade comercial, que em alguns casos pode até distorcer dados oficiais.

III. RESULTADOS

3.1 A Atividade Comercial Atacadista no Brasil e no Amapá

De acordo com Abad (2009) o comercio atacadista/distribuidor desenvolve um importante papel na parceria com a indústria, ao conquistar novas regiões e cobrir áreas ou canais não atendidos diretamente pelas empresas produtoras. O Ranking ABAD 2007, estudo que analisa a estrutura do setor atacadista/distribuidor no Brasil, afirma que o setor é responsável por garantir o

ISSN 1809-3957

abastecimento de mais de 1.000.000 de pontos de venda presentes nos quase 6 mil municípios brasileiros; número esse, que dificilmente a indústria alcançaria isoladamente. No ano de 2007, 53,1% de tudo o que foi comercializado no varejo passou pelas empresas do setor atacado/distribuidor.

A análise do segmento econômico atacadista/distribuidor encontra fundamentos teóricos no pensamento dos autores: Parente e Gelman (2006), Poirier e Reiter (1997), Chopras (2004) e Kotler (2000).

Parente e Gelman (2006) concordam que as empresas do setor vêm se modernizando, realizando investimentos em logística de distribuição, administração de estoques, tecnologia na administração e formação de pessoal, deixando de ser apenas um fornecedor de mercadorias ao varejo, e se tornando um prestador de serviços ao varejo independente.

Abad (2009) ratifica que as atividades atacadistas/distribuidoras são definidas como as de estabelecimentos que vendem a varejistas, compradores industriais, institucionais e comerciais, mas não aos consumidores finais. As principais funções do atacado/distribuidor são melhorar a coordenação entre as empresas produtoras e os pontos de consumo, suprindo lacunas e tentando reduzir irregularidades de oferta e demanda. O segmento atacadista permite aos varejistas comprar os diversos produtos que revendem, em menores quantidades, evitando estoques desnecessários.

Uma vez que a distribuição dos produtos é bastante complexa, o setor atacadista tem aumentado o grau de especialização em resposta às demandas mais específicas de serviços por parte de seus consumidores (o varejo) e fornecedores (a indústria).

Poirier e Reiter (1997) certificam que entre os serviços prestados pelos atacadistas aos seus fornecedores, destacam-se: a cobertura de mercado, onde os atacadistas, por estarem mais próximos aos consumidores (varejistas), têm condições de identificar as necessidades em seus territórios; a estocagem de produtos de acordo com as demandas regionais; o processamento de pedidos definindo para o produtor a demanda regional; o fornecimento de informações de mercado mais apuradas e regionalizadas; e o suporte aos varejistas, representando o produtor.

Com relação aos serviços prestados pelos atacadistas aos seus clientes (varejistas), esses autores entendem que, em função de sua proximidade com o varejo, o setor consegue oferecer a pronta entrega os produtos requeridos, reduzindo a necessidade de estoques; trabalhando também com o fracionamento, venda dos produtos em menores quantidades; maximizando a função crédito, podendo oferecer prazo para o pagamento e facilitando o capital de giro do varejista; e proporcionando suporte técnico com relação a contatos com o produtor.

Chopras (2004) concorda que é possível para a empresa produtora eliminar os intermediários (o setor de atacado e distribuição) entre a empresa e os varejistas, mas é impossível eliminar suas atribuições e funções. A dúvida que fica para os fabricantes é se esses conseguem desempenhar as funções dos atacados e distribuidores de maneira eficiente, integrando-se verticalmente em vendas, armazenamento de estoques e outras estruturas de distribuição. As mesmas decisões valem para o varejo.

Poirier e Reiter (1997) sustentam que no Brasil, o setor distribuidor atacadista sempre terá uma importante função como intermediador estratégico da indústria, no atendimento de canais de distribuição de menor porte (varejistas e supermercados), em decorrência da extensão continental do pais. Assim, o atacado tem espaço para crescer a cada ano, acompanhando o próprio ritmo de crescimento do país, ou seja, se a cada dia surgem novos bairros nas grandes metrópoles, ou novos povoados em frentes de expansão da civilização, expande-se o mercado potencial.

Abad (2009) pondera que os atacadistas se classificam em três modalidades, em função de seu sistema de distribuição: a) Atacado de Auto-serviço: forma de atacado em que o empresário varejista vai até a loja e, à maneira do consumidor de auto-serviço, separa os produtos e os coloca no carro, pagando na saída; b) Atacado de Balcão: a modalidade mais antiga de atacado, em que o varejista vai até o depósito, faz as suas compras entregando a lista a um atendente e as leva em veículo próprio; e, c)Atacarejo: nova modalidade que surgiu no Brasil. Consiste, na venda de produtos em quantidade fracionada para o pequeno varejista, que não necessita de grande quantidade de produtos, ou para o grande consumidor final, que deseja preços mais em conta.

Parente e Gelman (2006) divulgam que as empresas do setor atacado/distribuidor vem, recentemente, enfrentando consideráveis desafios, como por exemplo: a resistência de seus clientes aos aumentos de preços propostos pelos fabricantes, uma maior exigência de serviços diferenciados, e, também, as pressões de alguns fabricantes que instituíram programas de compras diretas para grandes compradores empresariais, institucionais e varejistas. O resultado é que foram obrigados a aprimorar suas decisões estratégicas sobre mercados-alvo, posicionamento e mix de marketing – sortimentos de produtos e serviços, preços, promoções e localização.

O setor atacadista precisa, portanto, conhecer e trabalhar suas deficiências, e oferecer ao consumidor varejista um serviço diferenciado e de qualidade. Como cada indivíduo consumidor tem percepções e preferências distintas, desta forma para um reconhecimento e aceitação por parte deste consumidor, ele tem que oferecer um produto ou serviço além das expectativas.

Kotler (2000) sustenta que o setor também pode se utilizar das oportunidades estratégicas que são desenvolvidas pela boa técnica de administração, como o fortalecimento da oferta de serviços aos clientes (mix adequado, preço competitivo, serviço de entrega, treinamento da equipe, pós-venda, crédito ao cliente, etc.), todos esses itens com objetivo de buscar a fidelização do cliente.

De acordo com a análise do autor supracitado, a tendência modernizante para o setor, pode ser citada a maior utilização da informática para a tomada de decisões e para a maior agilidade dos processos. Isso é justificado pela complexidade e exigência do consumidor, que deseja o seu produto no momento e lugar certos para o atendimento de suas necessidades. Por isso, os próprios varejistas estão se adaptando a essas mudanças.

Parente e Gelman (2006) comentam sobre a atenção especial, a progressiva inserção no mercado de consumo das classes C, D e E, que estão provocando grandes modificações nos hábitos de compra. Essas modificações no mercado decorrem do fato de que, geralmente, esses consumidores compram no varejo nos próprios bairros em que residem ou em lojas da vizinhança, o que significa o aumento do faturamento do setor de atacado/distribuidor, já

ISSN 1809-3957

que esses pequenos e médios varejistas adquirem os produtos para comercialização preferencialmente no setor atacadista/distribuidor.

Abad (2009) aponta que o segmento atacadista/distribuidor apresentou faturamento de R$ 105,9 bilhões em 2009 (Tabela 1), um crescimento real de 10,42% em comparação com 2006. À análise desses resultados solidifica a trajetória de crescimento da atividade atacadista distribuidora e reflete o trabalho realizado com as duas pontas da cadeia de abastecimento, a indústria e o varejo, no sentido de adequar o sortimento às necessidades dos consumidores, levando produtos das grandes regiões industriais para pequenos municípios no interior, especialmente para o pequeno e médio varejo, que atende às classes C, D e E. Do total arrecadado pelas empresas, levando-se em consideração a região onde o faturamento aconteceu, a participação se divide em: Sudeste (61%), Nordeste (17%), Sul (10%), Centro-oeste (7%) e Norte (5%). O setor atacadista / distribuidor participa com 53,1% das vendas totais do varejo.

Tabela 1 – Evolução da receita bruta de vendas do setor atacadista/distribuidor no Brasil – 1998/2007 (Valores em R$ bilhão)

Ano	Faturamento	Crescimento %
1998	52,4	
1999	49,8	- 4,96
2000	41,3	- 17,06
2001	45,4	9,92
2002	54,8	20,70
2003	66,5	21,35
2004	79,3	19,24
2005	89,7	13,11
2006	95,9	6,91
2007	105,9	10,42

Fonte: Ranking ABAD/Nielsen – 2009.

Abad (2009) ressalta que as mudanças no perfil de consumo, estão gradativamente se deslocando do grande varejo para o pequeno varejo, lojas da vizinhança e para os canais tradicionais, como padarias, mercearias, lojas de conveniência e supermercados até quatro *checks-outs*. Outro fator importante, segundo as pesquisas da Nielsen, é a consolidação do setor de *foodservice* (mercado de alimentação fora do lar). Devido ao aumento do número de mulheres no mercado de trabalho, cresce o potencial de todos os canais especializados na oferta de alimentos prontos, o que beneficia o setor atacadista/distribuidor.

O crescimento do setor de distribuição está diretamente ligado ao fortalecimento do pequeno varejo, pois mais da metade dos 1.000.000 de pontos-de-venda do país são formados por lojas de pequeno porte (ABAD, 2009). Como a indústria não tem condições de atender diretamente esse canal, a capacidade de capilaridade na entregas por parte do setor atacadista/distribuidor torna-se um significativo diferencial.

Abad (2009) destaca 95% das mercearias (de um a quatro *check-outs*) e 40% dos supermercados médios (de cinco a 19 *check-outs*) são abastecidos por empresas atacadistas/distribuidoras. O investimento em atendimento especializado por canal de venda, categoria e região, além da ampliação do mix e da diversificação dos negócios, fortaleceu os números alcançados pelo setor em 2007.

Com relação aos postos de trabalho em 2007, comenta Abad (2009) que o setor atacadista emprega um contingente de aproximadamente 204.000 pessoas. O incremento no numero de postos de trabalho, com relação ao ano de 2006 foi de 25,1%.

Quanto às empresas do setor atacadista/distribuidor amapaense, como em outras regiões brasileiras distantes dos centros produtores, essas cumprem um duplo e importante papel na economia regional: em primeiro lugar, representam na região as empresas fabricantes dos produtos de consumo, abastecendo as empresas varejistas de acordo com a demanda local, de modo que não faltem produtos para consumo, e não se instale no mercado perturbações derivadas do desabastecimento. Em segundo lugar, num nível micro, buscam desonerar a operação das empresas varejistas na questão da administração dos estoques, já que é praxe entre as empresas varejistas, a manutenção de estoques de produtos para no mínimo 30 dias de vendas normais.

Essa desoneração que as empresas varejistas podem assimilar, pela eliminação dos estoques desnecessários, garantidos pela parceria que se forma entre o setor varejista e o setor atacadista/distribuidor, que assume esses investimentos em estoques, e um fator facilitador para o setor varejista, e que pode contribuir significativamente para a expansão da lucratividade do setor, e também para a redução dos preços finais para os consumidores.

Com relação ao equilíbrio de mercado, a manutenção do abastecimento das empresas varejistas, num nível próximo do ponto ótimo de oferta, contribui para que não exista tensão no mercado. Essa tensão se caracteriza por variações significativas para cima nos preços, em decorrência de demanda reprimida ou perspectivas de desabastecimento.

Com relação aos consumidores, o setor atacadista/distribuidor colabora na melhoria da qualidade de vida dos consumidores, pela oferta por parte das empresas varejistas de novos produtos para consumo; mais modernos, mais econômicos ou mais atualizados. Enfim, que ofereçam ao consumidor mais satisfação. É perceptível no mercado amapaense, uma melhoria na variedade e qualidade dos produtos ofertados para consumo pelo comércio de varejo, e essa responsabilidade, em grande parte, deve ser atribuída ao setor atacadista distribuidor.

No período analisado, o total de empresas atacadistas evoluiu de 26 em 1998, para 213 em 2007 (Tabela 2), com uma significativa expansão de 719,23 %. A participação das empresas do setor atacadista distribuidor no total de empresas do segmento comercio vem se expandindo também. Se em 1998 representava 2,82 % do total de empresas do setor comercio, em 2007 essa participação e de 8,35 %.

Com relação à diversificação dos produtos representados, o setor abriga empresas dos seguintes ramos: de alimentos processados (que engloba ampla linha de produtos), artigos de higiene pessoal, material de limpeza, hortifrutigranjeiros, de derivados do petróleo, material de construção, artefatos para gráficas, de pescado processado, de rações, de águas minerais, de doces e chocolates, de bebidas e refrigerantes, laticínios, artigos hospitalares, remédios, descartáveis, entre outras.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 - Evolução no numero de empresas atacadistas no Amapá – 1998/2007.

Ano	Empresas Comércio	Empresas Atacadistas	Empresas Atacadistas (%)
1998	920	26	2,82
1999	916	40	4,36
2000	1.542	76	4,92
2001	2.026	136	6,71
2002	1.175	72	6,12
2003	1.526	135	8,84
2004	1.706	148	8,67
2005	2.104	172	8,17
2006	2.238	163	7,28
2007	2.548	213	8,35

Fonte: IBGE – Pesquisa anual do comércio – 2009.

As empresas que se destacam no setor atacadista amapaense são: Armazém Brasil, CDN, Nutriama, Armazém Fortaleza, Distribuidora Qualimax, Armazém São Paulo, DISLAP, CDA e DP Distribuidora. O diferencial entre as empresas citadas e as demais, é a sua capacidade de atendimento a clientela da capital e do interior do estado, por intermédio da atuação de suas equipes de venda. As demais empresas, pelo seu pequeno porte, estão restritas ao atendimento da clientela varejista que se desloca até o estabelecimento atacadista na cidade de Macapá.

O setor atacadista distribuidor empregou, com carteira assinada, 380 funcionários em 1998 (Tabela 3). Em 2007 empregou 2.283 funcionários. Significativa evolução de 500,78 % se comparada com o crescimento populacional do Estado no período, que foi de 34,07%. Com relação a participação do setor no total de empregados do setor comercio, em 1998 o setor contribuía com 7,67% , em 2007 sua contribuição evoluiu para 12,98 %.

Tabela 3 – Evolução no número de pessoas ocupadas nas empresas do setor atacadista no Amapá – 1998/2007.

Ano	Empregado comércio	Empregado atacado	Empregado atacado (%)
1998	4.954	380	7,67
1999	6.199	586	9,45
2000	10.264	1.060	10,32
2001	12.139	1.176	9,68
2002	9.006	932	10,34
2003	10.523	1.392	13,22
2004	12.378	1.700	13,73
2005	14.662	2.092	14,26
2006	16.785	2.262	13,47
2007	17.581	2.283	12,98

Fonte: IBGE – Pesquisa anual do comércio – 2009.

O faturamento total das empresas do setor atacadista / distribuidor no Amapá vem evoluindo significativamente (Tabela 4). Em 1998 o setor faturou R$ 67.848.000,00, e em 2007 arrecadou um faturamento de R$ 525.030.000,00, com uma evolução positiva de 673,83%.

Com relação a participação das vendas do setor atacadista/distribuidor, nas vendas totais do segmento comercial no estado do Amapá, em 1998 a contribuição do setor atingia o índice de 18,56 %. Em 2007 esse índice atinge 24,29 %, com significativa evolução.

Tabela 4 – Evolução da receita bruta de vendas do setor atacadista no Amapá -1998/2007. Valores em R$ 1.000,00.

Ano	Receita total do comércio	Receita empresas atacadistas	Receita empresas atacadistas(%)
1998	365.521	67.848	18,56
1999	388.657	64.307	16,54
2000	448.450	73.937	16,48
2001	529.356	78.382	14,80
2002	577.675	113.498	19,64
2003	987.435	267.247	27,06
2004	1.299.735	380.416	29,26
2005	1.403.872	477.210	33,99
2006	1.867.213	561.561	30,07
2007	2.161.382	525.030	24,29

Fonte: IBGE – Pesquisa anual do comércio – 2009.

Sintetizando o pensamento dos autores sobre o setor atacadista / distribuidor, este tem proporcionado aos consumidores das regiões periféricas a possibilidade de consumo de produtos modernos e atualizados, tal e qual os consumidos nos principais centros desenvolvidos do país. A expansão do segmento atacadista / distribuidor atendendo as empresas localizadas no interior do estado do Amapá, além de caracterizar um modelo em rede de distribuição, tem efeitos na melhoria das possibilidades de consumo dos indivíduos localizados naquelas cidades. A chegada de produtos modernos e atualizados, e sua disponibilização para consumo, provoca uma sensação de "pertencimento ao contexto", mitigando a sensação de abandono, tão característica nas populações das cidades do interior amapaense.

A integração direta entre as empresas atacadistas amapaenses e as empresas produtoras localizadas principalmente na região sudeste – centro econômico do país – propiciaram a desconexão da dependência secular instalada junto à cidade de Belém. Esse novo modelo de integração permite o desenvolvimento de relações mais autônomas e lucrativas em decorrência da ausência de intermediação do empresariado paraense.

O modelo de conexão fabricantes x setor atacadista/distribuidor x varejistas, consolida um eficiente modelo em rede que serve de canal de escoamento para as produções localizadas no centro econômico do país, e que deve ser consumida inclusive nas regiões periféricas do país. O efeito multiplicador no consumo que as empresas atacadistas/distribuidoras provocam, interligando produtores aos varejistas tem significativo efeito no próprio crescimento econômico do país, pela possibilidade de expansão continua da produção dos fabricantes, com seus benéficos efeitos associados.

No Amapá, a expansão das empresas do setor atacadista/distribuidor, também tem proporcionado: a) significativa expansão na arrecadação de tributos por parte do estado, proporcionando meios para a expansão dos investimentos públicos, que se refletem em melhorias da qualidade de vida da população; e, b) significativa expansão no numero de empregos do setor, contribuindo para a geração de renda e expansão no consumo desses trabalhadores.

Quanto às conseqüências da integração entre o mercado local e os centros produtores localizados em outras regiões, é perceptível o processo de dependência econômica que se desenvolve. Porter (1986) analisa que os fluxos

ISSN 1809-3957

comerciais decorrentes do processo de integração centro-periferia, que está consolidado, geram dependência produtiva das regiões de periferia para com as que compõem o centro econômico, provocando baixo crescimento econômico do segmento industrial nas regiões de periferia se comparados com o crescimento do centro. O baixo crescimento das empresas industriais localizadas na periferia é decorrente da baixa competitividade instalada naquelas empresas, derivadas da pequena escala de produção que normalmente atende apenas ao mercado local. Pelo lado das empresas instaladas no centro, sua competitividade é decorrente de enorme economia de escala, pois essas empresas atendem a vários mercados simultaneamente. Para que a dependência econômica não se acentue, é conveniente a ação do Estado criando mecanismos fomentadores para o crescimento econômico nas regiões de periferia.

IV. CONCLUSÃO

Dos resultados das pesquisas aqui efetivados percebeu-se que a expansão das atividades comerciais atacadistas tem contribuído para o processo de desenvolvimento econômico, pelos efeitos decorrentes do crescimento econômico empresarial, especialmente, na geração de novos empregos e na expansão da arrecadação de tributos no Estado do Amapá.

O comercio atacadista tem a capacidade de proporcionar aos consumidores das regiões periféricas, incluído o Amapá, a possibilidade de consumo de produtos modernos e atualizados, tal e qual os consumidos nos principais centros desenvolvidos do país.

A chegada de produtos modernos e atualizados, e sua disponibilização para consumo, provoca uma sensação de "pertencimento ao contexto", mitigando a sensação de abandono, tão característica nas populações das cidades do interior amapaense.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD – Associação Brasileira de Atacadistas e Distribuidores. **Ranking ABAD 2009 – Estruturado setor atacadista / distribuidor**. São Paulo: ABAD – Nielsen, 2009. Disponível em www.abad.com.br.

BRESSER-PEREIRA, Luiz C. **O novo desenvolvimentismo e a ortodoxia convencional.** Revista São Paulo em perspectiva, Vol. 20, 2006.

CHOPRAS, Sunil. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Ed. Hucitec, 2004.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Sócio-econômicos. **Análise setorial do comercio varejista**. São Paulo: DIEESE, 2008.

EVANS, J.; BERMAN, B. **Principles of Marketing**. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de indicadores sociais 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing**. São Paulo: ed. Prentice Hall, 2000.

LACERDA, Antonio C. **Economia Brasileira**, São Paulo: Saraiva, 2000.

MACHADO,G**. História Brasileira**; São Paulo: Ed. Saraiva, 2000.

McCARTHY, E., BROGOWICZ, A**. Essentials of Marketing**. Illinois: Irwin INC, 1982.

PARENTE, Juracy. **Varejo no Brasil**: Gestão e Estratégia. São Paulo: Atlas, 2000.

PARENTE, Juracy; GELMAN, Jacob. **Varejo e responsabilidade social:** visão estratégica e praticas no Brasil. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2006.

POIRIER, C., REITER, S., **Otimizando sua rede de negócios:** como desenvolver uma poderosa rede entre fornecedores, fabricantes**,** distribuidores e varejistas. São Paulo: Futura, 1997.

PORTER, Michael**. Estratégia competitiva:** Técnicas para análise deindústrias e da concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PORTO, Jadson L. R. **Amapá: Principais transformações econômicas e institucionais – 1943 - 2000.** Macapá: GEA / SETEC, 2003.

VIANNA, Sergio B**. Anaisda Comissão Nacional de Classificação** – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília, 2002.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

AS DISTORÇÕES DE PREÇOS RELATIVOS NO SETOR LÁCTEO BRASILEIRO E ARGENTINO: ALGUNS EFEITOS DA POLÍTICA ECONÔMICA DAS DÉCADAS DE 1990 E 2000

PROF. DR. JOSÉ CLAUDIO DE FREITAS CRUZ[1]; STELLA CRISTINA PEREIRA CRUZ[2]
1- PROFESSOR ASSOCIADO DO DEPARTAMENTO DE ECONOMIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – PARANÁ; 2 –GRADUANDA EM ENGENHARIA CIVIL E BOLSISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICESUMAR – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
jcfcruz@uem.br

Resumo – De 1990 a 2010 profundas transformações marcaram a economia brasileira.. A abertura da economia ao mercado internacional, o surgimento do Mercosul e o lançamento do plano Real concorreram para o início de uma nova realidade no setor lácteo nos anos 1990. Contudo a falta de coordenação das políticas econômicas gerou distúrbios nas relações comerciais entre o Brasil e a Argentina, causando flutuações no fluxo de comércio de bens que rebaixavam os preços aos produtores.
No período 2001 a 2010, além da falta de coordenação das políticas macroeconômicas, uma forte crise monetária abalou a economia argentina no inicio da década e, no fim desta, vários fatores impactaram fortemente a economia leiteira tanto da Argentina quanto do Brasil, devido ao aumento no preço das commodities num determinado momento e a queda das mesmas em outro. Essas oscilações num momento reduziram o preço dos produtos lácteos e noutro momento elevaram os preços dos insumos utilizados na produção. Deste modo, o objetivo geral da presente pesquisa é analisar as distorções nos preços relativos sobre o setor lácteo no Brasil e Argentina nos períodos supra citados e verificar a existência e o grau de proteção/desproteção ao setor, haja vistas que houve distorções que impactaram de forma positiva e negativa.

Palavras-Chaves: Mercosul. Setor Lácteo. Preços Relativos.

I. INTRODUÇÃO

As economias do Brasil e Argentina, nos últimos 20 anos foram alvos de inúmeros choques que abalaram fortemente o setor produtivo. Nos anos 1990, com o inicio do Mercosul, foi um período atribulado, com choques econômicos, inflação alta e desequilíbrio externo.

No Brasil, o lançamento do Plano Real em 1994 influencia significativamente a economia. Mas as influências não foram relevantes apenas em nível agregado: os diversos setores produtivos também responderam a estes desafios, sofrendo ajustes e muitas vezes distorções.

Na Argentina, também nos anos 1990, a política cambial provocou expressiva valorização real do câmbio após a adoção do Plano Cavallo, que reduziu drasticamente a taxa de inflação daquele país, aqueceu seu nível de atividade, mas gerou forte desajuste na balança comercial.

O setor lácteo não ficou alheio a estas situações. Ao contrário, a pecuária leiteira, objeto de análise deste trabalho, foi grandemente influenciada pela abertura do mercado e pela integração econômica dos países do Cone Sul, dentre outras políticas econômicas, muitas das quais postas em prática sem nenhum comprometimento com a integração. Tais políticas impactaram o setor seja no tocante às alterações nos preços relativos, no fluxo de mercadorias exportadas e importadas, seja no nível de competitividade do setor, que variava no ritmo das alterações políticas.

No Brasil, o setor lácteo tem passado, nos últimos anos, por mudanças fundamentais, as quais são reflexo de mudanças maiores, de âmbito macroeconômico. Sua importância tem sido tanto econômica quanto social, dado que atua como formador de renda de um grande número de produtores e também como gerador de emprego e fixador do homem no campo. Além desses fatores, a pecuária leiteira representa um importante segmento da economia, sendo fornecedora de matéria-prima para a agroindústria laticinista a jusante e demandante de insumos das indústrias farmacêuticas, rações e concentrados a montante.

Argumenta-se também que, direta ou indiretamente, a política comercial e cambial adotada no Brasil tem prejudicado o setor lácteo. Esses argumentos baseiam-se nos volumes importados de produtos lácteos, os quais, nos períodos em que os preços internos estavam dando um retorno à atividade leiteira, eram importados com isenção de taxas e com subsídios na origem. Essas importações perpetuavam a ineficiência na pecuária leiteira, pois os pecuaristas refreavam seus investimentos, visto que toda e qualquer possibilidade de ganhos no setor era retirada com a entrada indiscriminada dos produtos importados.

Neste contexto, o efeito das políticas comerciais e cambiais no setor lácteo tem sido o de mudar as relações de preços, incentivando as importações e contendo a elevação do preço do leite ao produtor brasileiro. Essas políticas têm como objetivo reduzir a elevação dos preços em todos os elos da cadeia lácteos, especialmente o aumento de preços ao consumidor, reduzindo assim a pressão sobre os índices de inflação nacional.

Inversamente, ao se manter a taxa de câmbio desvalorizada e uma política comercial com tarifas condizentes com a realidade nacional, há um contingenciamento das importações, criando-se, dessa forma, um incentivo à produção nacional, via manutenção de preços remuneradores, ao mesmo tempo que se reprimem importações com subsídios na origem.

Como reflexo da sobrevalorização da moeda brasileira, nos anos 90, as exportações de lácteos da Argentina para o Brasil se intensificaram de tal maneira que chegaram a representar aproximadamente 70% de todas as exportações do setor, ocasionando a chamada "Brasil-dependência", criticada incisivamente pelos argentinos. A competitividade

ISSN 1809-3957

argentina naquele momento estava altamente influenciada pela taxa de câmbio brasileira. Assim, quaisquer alterações na política cambial brasileira causariam fortes impactos no setor produtivo, uma vez que alteravam as relações de preços, alterando também a competitividade dos produtores argentinos em favorecimento dos brasileiros.

Na Argentina, as turbulências nos anos 2000 são significativas, pois o plano de conversibilidade havia marcado a fogo o país e, no inicio dessa nova década, a crise era iminente . De modo que a década 2000 a 2010 pareceu uma montanha russa.

Entre os inúmeros problemas enfrentado pelo setor agrícola estão as Retenções – que não é nada mais do que um imposto que grava os bens exportados em base aos preços internacionais. Esse imposto reduziu o preço interno dos bens, diminuiu e produção e aumentou a demanda interna, aumentando a arrecadação governamental.

Garriga e Rosales (2008) mostram que essa política levou a uma distorção com um menor ingresso de divisas das exportações que não chegou a compensar o aumento do consumo interno, mesmo havendo favorecimento do mercado interno com a diminuição de preços. Por outro lado, os produtores enfrentam uma diminuição de preços de toda produção que reduzem seu excedente e contribui para uma redução do bem estar final do setor.

Face ao exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar as distorções nos preços relativos do leite e dos insumos utilizados na pecuária leiteira, no Brasil e na Argentina, entre 1990 e 2010, e os efeitos destas distorções sobre a produção leiteira em ambos os países. Verificar-se-á a existência ou não de protecionismo ao setor lácteo como resultado da aplicação das políticas econômicas em seu conjunto. O objetivo da análise é contribuir para um melhor entendimento da reestruturação produtiva decorrente seja da abertura comercial promovida por esses dois países seja pelo acordo de integração ou por adoção de políticas econômicas não condicionadas à integração. Entender as distorções pode contribuir para um melhor planejamento desta reestruturação.

A metodologia utilizada centrou-se em dois instrumentos analíticos da teoria do comércio internacional: a Taxa de Proteção Nominal (TPN) e a Taxa de proteção Efetiva (TPE). A TPN, por definição, mede a diferença proporcional entre o preço doméstico de determinado produto e o correspondente valor no mercado mundial e mostra a distorção nos preços relativos que o produtor doméstico enfrenta ao vender o leite para os laticínios.

II. METODOLOGIA

A metodologia utilizada centrou-se no instrumento analítico da teoria do comércio internacional, a Taxa de proteção Efetiva (TPE) - propostos originalmente por Corden (1966) e Balassa (1971). Entretanto, vários foram os trabalhos que calcularam a Taxa de Proteção Efetiva para produtos agrícolas, tais como: Schif & Valdés (1995); Valdés (1973); e Santana (1987).

A Taxa de Proteção Efetiva (TPE) é a ferramenta apropriada para medir o efeito líquido das políticas econômicas sobre os produtores domésticos. O conceito de proteção efetiva considera que a decisão dos produtores de alterar o nível de produção está lastreada no que eles recebem pelo valor adicionado, ou seja, na diferença entre o preço do produto final e o custo dos insumos comercializáveis por unidade de produto.

A Taxa de Proteção Efetiva (TPE) é o excesso percentual, positivo ou negativo, do valor adicionado doméstico, obtido sob a imposição de tarifas e outras medidas políticas no mercado de produtos e insumos, sobre o valor adicionado a preços internacionais. Desse modo, quando há uma interferência governamental na economia, cria-se uma distorção no preço doméstico do produto e dos insumos. A distorção no preço do produto final, que resulta da intervenção do governo, pode não ser a mesma para produtores e consumidores. Isto acontece porque, enquanto uma taxa de exportação sobre um determinado produto resulta em um mesmo preço para produtores e consumidores domésticos e, consequentemente, num mesmo nível de distorção, um resultado diferente acontece quando há subsídios à produção, pois neste caso, o preço recebido pelo produtor é maior que o preço pago pelo consumidor. (SANTANA, 1987)

Dadas estas possibilidades, a distorção no preço do produto final para consumidores domésticos pode ser avaliada da seguinte forma:

$$t_j^p = \frac{P_j^p - P_j^w.E}{P_j^w.E} \tag{1}$$

Sendo $\mathbf{t}_j^p$ magnitude da distorção no preço do produto final j para produtores domésticos e $\mathbf{P}_j^p$ o preço do produto j recebido pelos produtores domésticos.

Com relação aos insumos comercializáveis, a distorção de seus preços domésticos é medida pela expressão:

$$t_i^p = \frac{P_i^p - P_i^w.E}{P_i^w.E} \tag{2}$$

Onde: $\mathbf{P}_i^p$ representa, o preço do insumo comercializável i, no mercado doméstico e, $\mathbf{t}_i^p$ é a magnitude da distorção no preço do insumo i para produtores domésticos e $\mathbf{P}_i^w$ representa, o preço do insumo comercializável ***i***, no mercado internacional.

Em adição, os coeficientes de utilização de insumos encontrados no mercado real são aqueles obtidos sob intervenção, o que dificultaria a análise sem interferências externas ao setor; assim estes coeficientes, medidos num ambiente sem intervenção, podem ser estimados utilizando a seguinte expressão:

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}(1+t_j^p)}{1+t_i^p} \tag{3}$$

Finalmente, tomando por base as equações (1), (2) e (3), e fazendo as devidas substituições, obtém-se a fórmula-padrão da TPE , a saber:

$$\text{TPE} = \frac{\left(t_j^p - \sum_{i=1}^{n} a_{ij}^* \cdot t_i^p\right)}{\left(1 - \sum_{i=1}^{n} a_{ij}^*\right)} \tag{4}$$

com $\sum a_{ij}^* \neq 1$

ISSN 1809-3957

III. RESULTADOS

Partindo do princípio de que os maiores parceiros no Mercosul são o Brasil e a Argentina e no setor lácteo os fluxos de comércio são significativos, efetuou-se a análise dos resultados em duas etapas, a saber: primeiramente os resultados da Taxa de Proteção Nominal e Efetiva para o Brasil e, depois, as Taxas de Proteção Nominal e Efetiva para a Argentina.

IIIA. BRASIL: ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO EMPÍRICO.

A partir dos preços do leite pago ao produtor de 1990 a 2010 e dos preços que o produtor brasileiro paga pelos insumos usados na atividade leiteira, operacionalizou-se o modelo empírico que define como há uma taxação implícita tanto na hora de adquirir os insumos como vender os produtos.

Os resultados na tabela 1 indicam que, nos 21 anos analisados pela pesquisa, os produtores brasileiros foram taxados de forma indireta. Dado que se esperava que o setor sofresse alguma discriminação por parte da política econômica, os resultados não foram surpresa, haja vista que no período de 1990 a 2000 o setor lácteo brasileiro foi taxado em todos os anos, apresentando uma desproteção média de 52,25%; ou seja, a política cambial, ao alterar a competitividade do leite nacional frente ao importado, impactou negativamente o setor. Neste sentido, ao se manter o câmbio sobrevalorizado, o volume de leite importado tendeu a crescer e a tomar o espaço do leite nacional e, como conseqüência, os preços domésticos foram deprimidos e insuficientes para manter a renda do produtor.

A desproteção, medida através da TPN, pode ser observada quando se compara o preço pago internamente ao produtor com o preço internacional do leite – internalizado. Utilizando-se o preço interno convertido em dólares como parâmetro de comparação com o preço internacional, observa-se que, internamente, os produtores de leite recebem um valor inferior aos praticados internacionalmente. Nos anos em que houve maior distorção, a saber, 2002,2003 e 2004, o preço pago ao produtor brasileiro foi inferior a 50% do preço internacional, sendo esta diferença equivalente a uma taxação sobre o setor . Nos anos em que o preço interno pago ao produtor se aproxima do preço internacional, a taxação ao setor se reduz. Estes foram os casos nos anos de 1990 a 1993 e 1995, que teve a menor taxação do período com 8,5%.

Para o período de 1990 a 2000, nota-se uma taxação de 40,25%, e para o período de 2001 a 2010, uma elevação da taxação. A média observada, de 65,44%, indica que, nesse período, o setor lácteo não obteve alívio da política econômica; ao contrário, ao passar de importador liquido de produtos lácteos para exportador, os preços internos, ao produtor foram mantidos num patamar inferior ao praticados no mercado internacional.

A taxa de câmbio, no contexto desta pesquisa, atua no sentido de alterar a relação entre os preços internos e externos. Assim, quando a taxa de câmbio está sobrevalorizada, tornando a moeda nacional forte, as importações ficam mais baratas e, desse modo, ocorrem importações maciças de leite, pressionando a produção nacional e tomando espaço da produção brasileira, o que resulta em mais perdas para o produtor. Inversamente, quando a moeda nacional tem estado desvalorizada, as importações tendem a ser freadas, tornando mais elevados os preços do leite, o que, de certa forma, protege a atividade leiteira nacional.

Neste sentido, nos anos 1990 a 2000, quando era importador, o cambio favorecia a importação e rebaixava o preço interno. A partir de 2001, a moeda sobrevalorizada, impedia ou dificultava as exportações, de modo que o "excedente" era represado dentro da economia brasileira, o que também rebaixava os preços internamente.

Tabela 1 – Cálculo da distorção nos Preços dos Insumos, Taxa de Proteção Nominal e Taxa de Proteção Efetiva

Ano	Milho	Farelo de Soja	Farelo de Trigo	Farelo de Algodão	TPE	TPN
1990	0,701	-0,08	1,044	-0,136	-94,51	-29,49
1991	0,598	-0,08	0,513	-0,301	-71,07	-29,58
1992	0,657	0,013	0,326	-0,233	-84,84	-33,33
1993	0,667	-0,34	0,394	0,058	-94,02	-60,05
1994	0,122	0,238	0,823	0,566	-82,40	-36,07
1995	-0,051	-0,41	0,871	-0,219	-51,65	-8,05
1996	-0,049	-0,07	0,698	-0,016	-69,96	-44,26
1997	0,057	0,147	0,752	0,439	-73,75	-37,29
1998	0,489	0,094	1,100	0,330	-69,50	-42,46
1999	0,183	-0,12	0,420	-0,263	-81,32	-64,53
2000	0,380	0,039	-0,057	-0,288	-81,83	-57,68
2001	0,079	0,468	0,328	-0,448	-70,82	-47,15
2002	0,206	0,010	0,576	-0,428	-89,53	-81,79
2003	0,258	-0,21	0,923	-0,366	-91,12	-83,08
2004	0,535	0,109	1,784	-0,123	-89,12	-77,57
2005	0,744	0,003	2,359	-0,321	-89,72	-73,11
2006	0,066	-0,04	1,049	-0,122	-83,60	-66,49
2007	0,281	-0,20	0,941	-0,257	-87,07	-72,44
2008	0,688	0,144	0,288	0,191	-79,60	-59,18
2009	0,280	0,284	1,048	0,347	-79,54	-51,31
2010	-0,166	-0,07	0,847	0,472	-82,02	-42,28
			média 1990 a 2010		-80,81	-52,25
			média 1990 a 2000		-77,71	-40,25
			média 2001 a 2010		-84,21	-65,44

Fontes: IEA – vários números; Boletim do Leite - Esalq/USP, Vários números; FNP - Anuário da Pecuária de 1990 a 2010; USDA, (2014); Banco Central do Brasil (2015); TPN e TPE– Calculados pelo Autor

Em se tratando da proteção efetiva e seu cálculo, faz-se necessário levar em conta não somente o mercado de produto, mas é de suma importância considerarmos o mercado de insumos. Ao se considerarem os insumos utilizados no processo produtivo no cálculo da taxa de proteção efetiva – TPE, torna-se possível obter resultados que esclarecem o grau de distorção praticado na atividade leiteira e seus efeitos sobre a renda do produtor e sobre os estímulos para o desenvolvimento do setor.

Observa-se que o produtor, além de enfrentar distorções ao vender seu produto, se defronta com um mercado extremamente oligopolizado ao adquirir os insumos utilizados na atividade leiteira, de modo que ele enfrenta uma distorção negativa ao vender seu produto (leite interno mais barato que o importado), mas se depara com uma distorção positiva ao adquirir insumos. Isto significa que os insumos

ISSN 1809-3957

por ele adquirido no mercado interno têm preços superiores aos do mercado internacional.

Quando os preços de insumos no mercado interno são maiores que no mercado internacional obtemos uma distorção positiva. Assim, observou-se que os preços pagos pelos produtores domésticos, na grande maioria dos anos, estiveram acima dos preços praticados no mercado internacional. Na tabela 1 temos a distorção nos preços dos insumos. Observa-se que, para todos os insumos analisados, houve predominância de distorções positivas, que acabavam por taxar o produtor de leite.

No cômputo geral, a maioria absoluta dos anos apresentaram distorções positivas no preço dos insumos, embora em alguns anos, isoladamente, haja distorção negativa para certos insumos, a magnitude desta não tem sido suficiente para alterar o quadro geral devido ao coeficiente de utilização deste insumo, de forma a prevalecer a discriminação contra o setor lácteo. Assim, a distorção indicada na tabela 1 mostra o excesso percentual que o produtor está pagando para adquirir os insumos necessários à produção leiteira.

De posse das distorções no preço do leite, nos insumos e dos coeficientes técnicos ajustados, calculou-se a Taxa de Proteção Efetiva – TPE, para a atividade leiteira. De acordo com outros trabalhos onde foi calculada a TPE para alguns produtos agrícolas, a saber, Santana (1987); Franco (1998); Matos & Carvalho (1999), todos os valores para a pesquisa em análise foram significativos, o que indica que o setor está sendo taxado. Na penultima coluna da tabela 1 são apresentados os resultados da TPE, que foram calculados com base na equação (4).

Os resultados da TPE indicam que o setor lácteo enfrenta pesadas discriminações tanto do mercado de produtos como de fatores. No mercado de produtos, a política cambial, ao manter a taxa de câmbio sobrevalorizada, subsidiou a importação de leite em pó nos anos 90, fazendo com que o preço do leite nacional fosse reduzido. Novamente, essa redução se dá porque o leite importado faz aumentar a oferta interna, e os laticínios podem escolher se irão adquirir o leite dos produtores nacionais ou o importado, fazendo com que os níveis de preços sejam reduzidos. No mercado de fatores, os insumos utilizados foram adquiridos a preços maiores que os preços de fronteira , resultando em uma taxação líquida ao setor.

No período 2001 a 2010 os fatores que fizeram com que a taxação fosse elevada foram: (1) a sobrevalorização cambial aliada à produção destinada ao mercado externo, fizeram com que as exportações de lácteos perdessem competitividade e, dessa forma fossem represadas no mercado doméstico. Esse excedente no mercado interno derrubou os preços ao produtor. (2) Os preços dos insumos, especialmente o milho e o farelo de soja, principais ingredientes da ração animal tiveram seus preços internos, acima dos praticados internacionalmente. Dessa forma o produtor, ao ter uma distorção positiva na compra dos insumos e uma distorção negativa na venda do leite aos laticínios, observaram a taxa de proteção, ou melhor, a desproteção efetiva aumentar no período.

IIIb. ARGENTINA: ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO EMPÍRICO.

Os resultados, na tabela 2, indicam que a taxação via mecanismos de preços, na Argentina foi mais tênue que no Brasil de 1990 a 2010, uma vez que a taxação média em todo o período analisado esteve em 20,55%%, muito abaixo da observada no Brasil, para o mesmo período. No entanto, observou-se que, antes da implantação do Plano de Conversibilidade, que introduziu a paridade peso/dólar, dada a flutuação da moeda e as altas taxas de inflação, a taxação manteve-se mais elevada, oscilando entre 31,52% 35% e mantendo a uma média de 24,65% a desproteção nominal ou taxação ao setor lácteo no período 1990 a 2000.

Com o desmantelamento do plano econômico, em 2001 houve um agravamento na tendência de modo que, o que parecia ser ruim, agora ficou pior, especialmente no tocante a distorção no preço do leite pago ao produtor.

Em 1995 observou-se uma taxação elevada, nos moldes de 1990. As razões dessa inversão passam pela crise cambial vivenciada pela economia mexicana, que teve enormes conseqüências na América Latina, especialmente na Argentina. O chamado Efeito Tequila desestruturou a economia argentina, influenciando negativamente o setor lácteo . Fez aumentar os estoques, causando inúmeras incertezas às indústrias, no tocante à manutenção das exportações. Os impactos foram imediatamente repassados para os produtores, via redução nos preços pagos aos produtores. Este fato distanciou-os dos preços internacionais, o que passou a aumentar significativamente a distorção no preço do leite, ocasionando, como conseqüência, um aumento na taxação nominal.

Com a paridade peso/dólar, a TPN média de 1990 a 2000 ficou por volta dos 20% e, a partir de 2001 a TPN tem comportamento volátil, mas abaixo do período anterior, o que se deveu principalmente à desvalorização da moeda argentina.

Usando a equação (2) , que combina os preços dos insumos e a taxa de câmbio, calculou-se a distorção nos preços dos insumos listados na tabela 2. Nota-se, que em três dos quatros principais insumos houve uma generalizada distorção negativa, indicando proteção ao produtor de leite. Distorções negativas são obtidas quando os preços que pagam os produtores domésticos pelos insumos utilizados são menores que os praticados no mercado internacional. Diferentemente, o insumo farelo de soja apresentou alternância, com fortes taxações no início do período e proteção nos demais anos.

Utilizando-se os preços de insumos nos mercados interno e externo, os coeficientes técnicos e os preços do leite nos mercados doméstico e internacional, foram calculados os coeficientes técnicos em termos monetários. Estes coeficientes representam a participação dos insumos, isoladamente, no custo de uma unidade do produto final, a saber: o leite, a preços domésticos .

Em seguida, com o uso da equação (4), calculou-se a Taxa de Proteção Efetiva – TPE para a atividade leiteira na Argentina. Os resultados da TPE, constantes na penultima coluna da Tabela 2, mostram que o setor lácteo argentino passou por altos e baixos durante o período analisado, sendo taxado fortemente no ano de 2001 devido a queda no preço dos produtos e aumento no preço dos insumos.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 - Cálculo taxa de proteção nominal e Efetiva e distorção nos preços dos Insumos - Argentina - 1990-2010

Ano	Milho	Farelo de Soja	Farelo de Trigo	Farelo de Algodão	TPE	TPN
1990	-0,288	-0,156	0,000	-0,355	-64,97	-35,54
1991	-0,121	-0,182	0,000	-0,313	-35,29	-31,30
1992	-0,106	-0,114	0,000	-0,254	-50,09	-25,41
1993	-0,022	-0,227	-0,138	-0,249	-38,04	-24,93
1994	-0,053	-0,172	-0,159	-0,179	-34,69	-17,88
1995	-0,087	-0,319	-0,129	-0,348	-20,18	-34,75
1996	-0,066	-0,099	-0,103	-0,142	-54,50	-14,17
1997	-0,061	0,055	-0,129	-0,235	-34,43	-23,51
1998	-0,063	-0,175	-0,171	-0,205	-22,57	-20,51
1999	-0,062	-0,111	-0,193	-0,233	-32,10	-23,34
2000	-0,061	0,104	-0,214	-0,198	52,41	-19,77
2001	0,126	-0,075	-0,247	-0,185	-74,90	-18,53
2002	-0,558	-0,241	-0,366	-0,175	-47,91	-17,53
2003	-0,615	-0,370	-0,480	-0,153	-64,65	-15,28
2004	-0,474	-0,039	-0,641	-0,212	-48,61	-21,20
2005	-0,596	-0,119	-0,702	-0,262	-60,37	-26,20
2006	-0,726	-0,287	-0,512	-0,149	-75,64	-14,91
2007	-0,699	-0,115	-0,485	-0,079	-72,43	-7,86
2008	-0,531	-0,054	-0,224	-0,170	-48,88	-17,04
2009	-0,670	-0,190	-0,512	-0,126	-71,50	-12,56
2010	-0,799	-0,233	-0,459	-0,092	-80,50	-9,23
			média 1990 a 2010		-46,66	-20,55
			média 1990 a 2000		-30,40	-24,65
			média 2001 a 2010		-64,54	-16,04

Fonte: SAGPyA (2014);FAA (2015); Banco Central do Brasil (2015); TPN e TPE – Calculada pelo Autor.

No primeiro período analisado, 1990 a 2000, os fatores que mais influenciaram a taxação sobre o setor foi a alta da inflação, não acompanhada pela devida desvalorização da taxa de câmbio, o que tornava o leite argentino menos competitivo no mercado internacional. Criaram-se grandes estoques internos, que dificultavam às indústrias uma melhor remuneração dos produtores, causando distorções nos preços domésticos e, por conseguinte, maiores taxações. Neste período a taxação média foi de 30,4%, bem abaixo do segundo período que foi de 64,54%. No primeiro período, as distorções no preço do leite foram baixas, sendo o preço pago ao produtor muito próximo do preço internacional. No segundo período, o que mais impacta a Taxa de Proteção Efetiva são os preços internos do leite bem abaixo do preço internacional. As distorções nos preços dos insumos atenuam esse impacto pois os insumos estão levemente mais baratos que no mercado internacional.

A partir do ano de 2008 o que mais impacta os preços do leite no sentido de rebaixa-los são as retenciones, que atuam como um imposto em favor do mercado interno.

IV. CONCLUSÕES

Nos anos 1990 a 2000, a falta de coordenação das políticas econômicas, destacando-se a política cambial, a comercial e a tarifária, gerou distúrbios nas relações comerciais entre o Brasil e a Argentina, causando flutuações no fluxo de comércio de bens. Indiretamente, a política cambial brasileira, ao alterar a competitividade do leite nacional frente ao importado, impactou negativamente o setor. Neste contexto, ao se manter o câmbio sobrevalorizado e as barreiras tarifárias reduzidas, o volume de leite importado tendeu a crescer, e, aumentando a disponibilidade interna, como consequência, os preços domésticos foram deprimidos, tornando-se insuficientes para manter a renda do produtor.

No período que se seguiu à implantação do Plano Real, embora houvesse estabilização da economia com redução da inflação, o setor lácteo não obteve alívio da política econômica, pois, além de manter o câmbio sobrevalorizado, a política comercial não foi eficiente em implementar mecanismos que reduzissem a internalização de produtos com grandes cargas de subsídio na origem.

No tocante ao processo produtivo como um todo, observou-se que o produtor brasileiro, além de enfrentar distorções ao vender o leite aos laticínios, se defronta com um mercado extremamente oligopolizado ao adquirir os insumos utilizados na atividade leiteira. Assim sendo, ele enfrenta uma distorção negativa ao vender seu produto (preço interno do leite interno mais baixo que o preço internacional na fronteira), mas enfrenta uma distorção positiva ao adquirir insumos. Isto significa que os insumos por ele adquiridos no mercado interno têm preços superiores aos do mercado internacional.

Desse modo, os preços pagos pelos produtores domésticos, na grande maioria dos anos, estiveram acima dos preços praticados no mercado internacional. O milho, o farelo de soja, o farelo de trigo e o farelo de algodão, principais componentes do custo da atividade leiteira, oneraram e retiraram parte da competitividade do setor lácteo, indicando a existência de distorção ao adquirir os insumos necessários para a produção leiteira.

Os resultados da TPE indicaram que o setor lácteo no Brasil enfrentou pesadas discriminações tanto no mercado de produtos como no de fatores. No mercado de produtos, a política comercial ineficiente e a política cambial - ao manter a taxa de câmbio sobrevalorizada - subsidiaram a importação de leite em pó, fazendo com que o preço do leite no Brasil fosse reduzido. No mercado de fatores, os insumos utilizados foram adquiridos a preços maiores que os preços de fronteira, resultando em uma taxação liquida ao setor.

Outra constatação foi que os maiores volumes de importação ocorreram após a implantação do Plano Real, refletindo o uso da âncora cambial no processo de estabilização inflacionária. Essa política reduziu o preço relativo das importações de produtos lácteos, tornando-os competitivos com os produzidos internamente. Além dos fatores citados, a internacionalização e a conseqüente concentração industrial da cadeia produtiva ocorrida a jusante da produção, na década de 1990, não se mostraram benéficas ao produtor, que viu os preços reais recebidos declinarem de 1995 a 1999, chegando ao ano 2000 nos mesmos patamares de 1990. Os dois períodos 1990 a 2000 e 2001 a 2010 não foram significativamente diferente para o Brasil. Em ambos, as distorções foram altas e, por conseguinte, a taxação também.

Para a Argentina, observou-se que os preços pagos ao produtor foram mais estáveis de 1990 a 2000. Em 1995 ocorreu o chamado *Efeito Tequila*, que desestruturou a economia argentina, influenciando negativamente o setor lácteo.

Em relação às distorções no preço do leite argentino foram altas apenas no período 2001 a 2010. Entretanto, as

ISSN 1809-3957

distorções nos preços dos insumos foram relativamente baixas, mas em magnitude inferior à do Brasil no período de 1990 a 2000. Em alguns anos, após o plano de conversibilidade a proteção tornou-se mais amena, o preço pago ao produtor ficou próximo ao preço de fronteira.

Quanto ao setor lácteo argentino, os resultados obtidos para a taxa de proteção efetiva mostraram que o setor foi taxado com menor intensidade de 1990 a 2000 e obteve taxação pesada no período 2001 a 2010. neste segundo período, as turbulências que a economia Argentina enfrentou explicam grande parte das turbulências sentidas no setor lácteo a saber: desmantelamento do plano de conversibilidade; instabilidade política no inicio da década de 2000 e finalmente as retenciones no final da década.

Numa situação de integração regional, o setor lácteo argentino mostrou-se mais próximo do "ideal" no período 1990 a 2000. O comportamento ideal para TPN e TPE seriam valores próximos de zero, indicando que os preços praticados internamente, tanto de insumos quanto do leite, são iguais aos preços internacionais na fronteira do país.

Comparativamente, observou-se que no Brasil as distorções nos preços ocorrem com maior freqüência e magnitude. Outra observação importante foi a dependência das exportações argentinas para o mercado brasileiro no período 1994-99, a chamada "Brasil-dependência" mostrou que o setor lácteo argentino, embora mais competitivo que o brasileiro, tem se mostrado frágil e incapaz de suportar choques adversos. E, do mesmo modo, no Brasil, o que tem mantido o setor é o mercado interno e, as exportações, com moeda até aquele momento sobrevalorizada, mostrou ser um problema a mais para os formuladores de política.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anuário da Pecuária Brasileira- Anualpec, FNP – CONSULTORIA E COMÉRCIO. São Paulo, 1998 e 2010.

BALASSA, B. **The Structure of Protection in developing countries.** Baltimore, Johns Hopkins Press, 1971.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **BOLETIM DO BANCO CENTRAL DO BRASIL**. Brasília , 2015 Vários números. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br>. Acesso em 22/01/2015

BOLETIM DO LEITE - ESALQ/USP. **Preços do Leite ao Produtor**. Piracicaba, 1994 a 2010. (vários números)

CORDEN , W. M. The structure of a tariff system and the effective protective rate. **Journal of Political Economy,** 74(3): 221-237, june 1966

FEDERACION AGRICOLA ARGENTINA – FAA. Análisis Sectorial – Lecheria. 2015. Disponible em:<http://www.faa.org.ar>. Acesso em 01/08/2015.

FRANCO, J. M. C. **Transferência de Renda da Agricultura comercial e familiar no Brasil.** Viçosa, UFV, 1998. (Dissertação de Mestrado)

GARRIGA, Marcelo e ROSALES, Walter. **Efectos distributivos y fiscales de lãs retenciones a lãs exportaciones.** Universidad Nacional de la Plata (2008)

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Prognóstico Agrícola 1994 a 2010.** São Paulo. IEA.

MATOS, C. M.; CARVALHO, F.M.A ., O Processo de Integração no Mercosul: Uma análise da proteção nominal e efetiva do arroz brasileiro. **XXXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL: O Agronegócio do Mercosul e sua inserção na economia mundial.** Foz do Iguaçu, 01 a 05 de agosto de 1999.

SANTANA, C. A. M. Efeito das Políticas Econômicas Brasileiras sobre o Setor Doméstico de Soja em Grãos. **Pesquisa e Planejamento Econômico.** Rio de Janeiro, 17 (3), dez. 1987. PP. 633 a 978

SCHIFF, M., VALDÉS, A . The plundering of agricultural in Africa, Asia and Latin American. In: TEIXEIRA. E. C., AGUIAR, D.R.D. (Editores). **Comercio Internacional e Comercialização Agrícola**. Viçosa: UFV, 1995. P.13-46. (1995).

Secretaria de Agricultura Ganaderia Pesca y Alimentacion - SAGPyA - Buenos Aires, 1990 a 2010. (http://www.mecon.gov.ar) acesso em 06/04/2015

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE **National Agricultural Statistics Service ,** USDA, Washington, 1999 a 2010. Disponível em: <http:// www.usda.gov/nass>. Acesso em 15/02/2015.

VALDÉS, A. Trade policy and its effect on the external trade of Chile, 1945-1965. **American Journal of Agricultural Economics**, 55(2):154-64, may 1973.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

EXPANSÃO DA OFERTA DE ENERGIA SOLAR E REDUÇÃO DE CUSTO DE PROGRAMAS HABITACIONAIS PARA FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA E FAMÍLIAS DE CLASSE MÉDIA

GIULIANA MARI CHIERIGHINI[1]; LEONARDO FERNANDO CRUZ BASSO[1]
1 – UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
giuliana.chierighini@mackenzie.br; leonardofernando.basso@mackenzie.br

Abstract - The purpose of this article is to reconcile two public policy objectives: to provide housing for low-income families (through the expansion of an already existing Brazilian housing program – My House, My Life), reducing costs and expanding the supply of renewable energy to dilute the harmful effects on the environment of the excessive use of traditional energy sources. The program is based on installing solar panels at low-income houses to provide them with renewable energy, as well as allowing on housing loans by selling part of the surplus energy of the system, increasing the disposable income of the participants.

Keywords: Renewable Energy. Solar Energy. Reduction of Subsidies for Affordable Housing.

Resumo - Este artigo teve como objetivo fazer uma proposta para conciliar dois objetivos de políticas públicas: prover moradias para famílias de baixa renda (por meio da expansão do Programa Minha Casa, Minha vida) com redução de custos e ampliar a oferta de energia renovável (solar) para diluir os efeitos deletérios para o meio ambiente da excessiva utilização das fontes tradicionais de energia. Baseia-se na instalação de painéis solares em casas de famílias de baixa renda a fim de garantir uma maior eficiência energética como também descontos nos seus financiamentos através da venda do excedente produzido pelo sistema, elevando a renda disponível dos participantes.

Palavras-chave: Energias Renováveis. Energia Solar. Redução de Subsídios para Moradias Populares.

I. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por energia elétrica devido à expansão da classe média, ao acesso das classes D e E a eletroportáteis e aos altos custos de transmissão/ distribuição de energia contribuem positivamente para uma expansão dos projetos de energia solar, porém os impostos e os juros dificultam a sua implantação.

As residências de baixa renda podem ser uma boa alternativa para a instalação desses painéis solares, porque, além de numerosas, regularizam a distribuição de energia e garantem maior segurança à residência, pois desincentivam a instalação de sistemas residenciais de distribuição de energia irregulares. Isso implica uma participação ativa da relação empresa-governo para garantir que sua inserção ocorra com oportunidades e benefícios para os brasileiros.

O déficit habitacional é pauta de políticas governamentais e pode ser utilizado para o auxílio à expansão do programa a ser discutido neste projeto. As moradias a serem construídas necessitam de sistemas eficientes de energia que garantam maior autonomia, reduzam o custo mensal com energia elétrica em relação à renda, mitigando os impactos do aumento do consumo energético para as distribuidoras e contribuindo para a diminuição do peso das fontes de energia elétrica tradicionais sobre a matriz energética nacional.

É composto por esta introdução, pelo painel de energia solar no Brasil, enfatizando os seus custos e alternativas para programas sociais do governo, fazendo uma conexão entre os programas habitacionais com os programas redistributivos, de forma que construam um sistema mútuo de colaboração que propõe uma solução para a expansão da participação de sistemas fotovoltaicos nas residências brasileiras de baixa renda (Seção II) e pela conclusão.

II. A ENERGIA SOLAR NO BRASIL: UMA ALTERNATIVA PARA PROGRAMAS REDISTRIBUTIVOS

Existem duas formas de se utilizar a energia solar, uma para o aquecimento de água e outra para a geração de energia de consumo próprio, esta última que pode ser conectada à rede de distribuição de energia (grid-tie) ou não (off-grid). O sistema isolado (off-grid) permite o uso de baterias de custo muito alto no Brasil para armazenamento da energia produzida, entretanto o sistema grid-tie – que será utilizado pelo programa proposto - possibilita que o excedente de energia seja injetado na rede de distribuição e, assim, que as unidades produzam a própria energia durante o dia e consumam de demais fontes no período da noite. Desta forma, a matriz energética brasileira se torna menos dependente de fontes tradicionais sobrecarregadas, como a energia hidroelétrica.

O custo inicial do sistema fotovoltaico é muito elevado para a atual realidade brasileira, mas os gastos com manutenção futuros são praticamente nulos e, uma vez devidamente instalado, representa uma grande vantagem se comparado com os gastos mensais com energia elétrica. Contudo, para que seja viável, a redução do custo pode ser atingida com uma produção em larga escala de painéis, como também por meio da produção nacional mais ativa e pelo programa proposto.

Para quem deseja instalar em suas residências ou mesmo em suas empresas, a Resolução 482 de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica permite que o excedente de uma microgeração (capacidade instalada de potência até 100kWh) ou de uma minigeração (de 101 kWh até 1MWh) seja devolvido à rede de transmissão.

O programa Minha Casa Minha Vida tem abrangência Federal e visa contribuir para a construção de moradias

ISSN 1809-3957

regulares para famílias de renda até R$ 5.000,00, financiando até 95% do valor total do imóvel para famílias que potencialmente não teriam acesso à casa própria sem a ajuda do governo. As famílias participantes do Programa Minha Casa Minha Vida são divididas em três faixas de acordo com a renda. As que se encontram na primeira faixa estipulada pelo programa com renda até R$ 1.600,00; a segunda faixa abrange famílias de renda entre R$ 1.601,00 a R$ 3.276,00, e a terceira abrange as de R$ 3.276,00 a R$ 5.000,00. O programa, da mesma forma que projetos em níveis estaduais como CDHU e Casa Paulista, utiliza o sistema de aquecimento solar, que significa uma redução de 30% nas contas de energia elétrica, gastos alavancados com os chuveiros elétricos (SARAIVA, 2012). O custo total do sistema de aquecimento solar rateado por 38 residências representava R$ 17.746,77.

Em 2006, mais de 10 milhões de domicílios particulares receberam algum tipo de dinheiro de programa social do governo. Só do programa Bolsa Família foram mais de 8 milhões (PNAD, 2006). As famílias que necessitam ingressar em programas habitacionais são estimadas em torno de 20 milhões de famílias, de acordo com Ana Maria Castelo apud Agência CAIXA de notícias (2014). A razão pela qual foram escolhidas famílias de baixa renda como alvo desse programa de inclusão é que a quantidade de famílias com necessidade de amparo e apoio para a conquista da casa própria é grande.

O programa é para residências capazes de gerar 4 vezes a energia que consome - com base na energia média consumida no ano anterior - passaria por duas fases: a primeira seria a fase do financiamento, isto é, para a aquisição e instalação de painéis solares para residências de famílias participantes de programas habitacionais e para residências e pequenas empresas interessadas no programa; a segunda fase, em que ocorreria a realocação do valor do excedente produzido pelo sistema fotovoltaico.

Sobre a primeira fase, o programa se iniciaria com a instalação de painéis solares logo na construção das residências. Existe um programa de retorno dos créditos do excedente produzido: quando se utilizar mais do que o habitual é descontado na fatura de energia elétrica, "Resolução 482/2012 da ANEEL". Porém, a ideia é que o excedente não retorne como créditos para contas de energia elétrica – como tem ocorrido -, mas como descontos nos financiamentos habitacionais, da seguinte forma: o excedente gerado pelo sistema fotovoltaico teria seu valor acumulado calculado em valores monetários - e não em kWh - equivalente pelo período de um ano, utilizando a tarifa sem impostos local, enquanto é injetado na rede da distribuidora (que efetuará o papel de redistribuir essa energia funcionando normalmente, cobrando de quem a utiliza) e depois seriam realocadas porcentagens do excedente para desconto no financiamento habitacional, para retorno a programas habitacionais e para programas redistributivos.

Nesta fase do programa proposto, a primeira faixa de renda dos participantes do programa Minha Casa Minha Vida teria 18,2% do valor monetário do excedente destinado a abater parcelas do financiamento habitacional, e 40,9% seriam direcionados a programas sociais e a mesma porcentagem para retorno ao governo, pois como nesta faixa de renda o volume de famílias é alto, este valor contribuiria para o governo dar continuidade ao programa habitacional. As demais faixas teriam 25% do valor monetário do excedente destinado aos programas sociais e redistributivos, como o programa Bolsa Família, e os 75% restantes, ao desconto de parcelas. As famílias que não participam de programas habitacionais também poderiam participar desse programa de retorno do excedente para o desconto das contas de energia elétrica, conforme o programa proposto por este artigo.

Na segunda fase do programa, funcionariam descontos nas contas de energia elétrica de 50% da seguinte maneira: o sistema fotovoltaico produziria o excedente, e 50% do valor da última fatura são descontados no mês seguinte. A razão dessa postergação de um mês para o abatimento é somente para efeitos de organização dos cálculos. Mesmo que apenas 50% da conta de energia elétrica sejam pagos pelo excedente injetado na rede, ainda é mais atrativo para as famílias do que obter um desconto mensal médio de aproximadamente 6,12%.

As famílias ingressantes – potenciais participantes de programas habitacionais - contribuiriam anualmente com R$ 9.246.750.620,50, considerando 3 perfis de famílias para estipulação de um panorama mais próximo à realidade brasileira com financiamentos correspondentes a 20% da renda, e cada perfil de família com pesos específicos, de acordo com a porcentagem de famílias brasileiras que se encontram naquela faixa de renda. Essas famílias contribuiriam com aproximadamente 33,34% do valor gasto com o programa Bolsa Família. Como o programa abrangeria toda a atual camada mais necessitada de moradia, não foi considerada a inclusão de mais famílias além das 20 milhões. Mais de 3 milhões de famílias já receberam ajuda de programas habitacionais e estas possuem painéis solares em suas residências somente para aquecimento de água. A utilização de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica pode ser um incentivo para as famílias cuja renda supera a das famílias participantes de programas habitacionais. A participação de famílias inclusas na segunda e na terceira faixa de renda, participantes do programa Minha Casa Minha Vida é extremamente importante, pois conforme os pesos atribuídos, o total arrecadado em um ano seria de R$ 6.807.817.621,82. Isso denota não somente uma alternativa para a própria questão habitacional, mas principalmente para as famílias participantes de programas redistributivos, porque constitui, em grande parte, a colaboração mais significativa para a arrecadação de recursos.

Para famílias que desejam instalar os painéis fotovoltaicos em suas residências, o sistema funcionaria da mesma maneira com 75% do excedente destinados para o financiamento, e 25%, para programas sociais.

A classe média brasileira abrange 54% da população, e se considerarmos que 5% dela participem do programa de geração de energia solar com o excedente cobrindo 50% dos seus gastos e os outros 50% sendo alocado ao Bolsa Família, a contribuição para os programas sociais perfaz R$ 19 bilhões. Mas se 30% da classe média participar, é possível superar a arrecadação para o Bolsa Família em torno de R$ 55 bilhões, conforme cálculos para o programa proposto neste artigo.

A energia solar no país é equivalente a apenas 19MW da matriz energética brasileira (ANÁLISE SETORIAL: ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2015). Com o acréscimo proveniente desse programa de instalação de painéis solares nas residências brasileiras de baixa renda, para as amostras utilizadas é possível se obter um acréscimo de mais de

ISSN 1809-3957

164TWh de energia na geração de energia nacional, conforme os cálculos para este programa feito pelos autores.

A disponibilidade de recursos energéticos renováveis no Brasil é extraordinária e se bem aproveitados podem representar uma grande vantagem competitiva no mercado internacional. Todavia, os obstáculos, principalmente financeiros que as empresas encontram quando aqui tentam se instalar, atrofiam o setor, comparado com seu potencial esperado. Preços represados, juros altos, alta nacionalização e burocracia são só alguns dos impasses na lista das empresas que desejam investir nesse segmento.

Para a parceria ser benéfica para ambas às partes, a empresa que se instalar deve ter um certo porte que contribua com avanços tecnológicos para o setor. É um ramo em evolução no país, contudo o potencial de mercado brasileiro por fontes novas de energia que estejam amplamente relacionadas com sustentabilidade é excepcional. A proposta é que o programa permaneça até que se alcance a meta de residências necessárias para cobrir o déficit habitacional de baixa renda. Concluído o pagamento do financiamento da residência, as porcentagens se alteram, de forma que a conta de energia elétrica é paga por 25% do excedente, tornando-a nula, e o restante é direcionado para programas sociais, por meio de parcelas da conta de energia elétrica. Famílias já participantes de programas habitacionais que apresentem a mesma capacidade de produção de excedente podem ingressar nesse programa.

Para as famílias que não participam de programas sociais como Bolsa Família e Minha Casa Minha Vida, os painéis solares podem significar uma proximidade da autossuficiência energética e uma redução dos custos com energia elétrica; e para famílias que participam, também podem constituir uma redução de custos provenientes do sistema de distribuição de energia elétrica tradicional assim como uma redução das parcelas do financiamento habitacional, de acordo com a venda do excedente produzido pelo sistema fotovoltaico.

A redução das parcelas do financiamento habitacional contribuirá para que haja uma melhora nas condições de vida, uma vez que os beneficiados vão incorporar a fração de geradores de renda adicional (venda do excedente). Por outro lado, o valor que será destinado a programas sociais, como o programa Bolsa Família, influirá com a mesma intensidade, porém reduzindo a participação tributária no levantamento de recursos para esses programas, que terá impacto sobre os brasileiros de modo geral, por ser um sistema que poderá praticamente se autossustentar. Isto é, a inclusão de painéis solares nos programas habitacionais constitui uma maior segurança e eficiência energética para o sistema e para os domicílios, assim como um maior controle das finanças pessoais das famílias brasileiras.

As empresas também têm papel fundamental a partir do momento em que se instalam no país, pois aumentam a oferta de trabalho e têm a possibilidade de introduzir inovações para o segmento e para o país. Uma herança do tardio processo de industrialização no país foi a designação aos brasileiros aos serviços técnicos (DUBEUX, 2013). Uma solução para que essa experiência não se repita nem se perpetue nesse setor é uma participação conjunta do Estado com as empresas, constituindo uma parceria, de forma que o Estado garanta uma redução fiscal em contrapartida de treinamentos para a mão de obra e inclusão de brasileiros no ramo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Para energias renováveis, essa inclusão representaria um avanço não só na participação dos brasileiros em outros ramos na área produtiva, como também um incentivo para o avanço tecnológico nacional.

Para o desenvolvimento do setor conforme exposto, é necessária a participação do governo como incentivador dessa fonte de energia nos papéis de inclusão nos projetos habitacionais, dinamização e participação mais ativa na qualificação da mão de obra para o setor, financiamentos e incentivos fiscais, com a contrapartida de uma maior participação dos brasileiros nas áreas de pesquisa das empresas e com a participação delas também do processo de qualificação da mão de obra.

III. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo fazer uma proposta para conciliar dois objetivos de políticas públicas: prover moradias para famílias de baixa renda (por meio da expansão do Programa Minha Casa, Minha vida) com redução de custos e ampliar a oferta de energia renovável (solar) para diluir os efeitos deletérios para o meio ambiente da excessiva utilização de energia de fontes tradicionais.

Existe consenso que a oferta de energia renovável precisa ser ampliada no Brasil, e ela vai contribuir para o abrandamento dos efeitos nocivos para o meio ambiente da utilização indiscriminada de combustíveis fósseis.

Mostrou-se que o custo para se instalar painéis e baterias solares para uma família de baixa renda composta por 3 pessoas com a venda do excedente para uma concessionária de distribuição de energia representa um acréscimo de aproximadamente R$48.000,00 sobre o valor total que já pagam nos financiamentos habitacionais. Entretanto, esse custo se reduz pela metade, pois não é possível utilizar baterias e injetar energia na rede de distribuição, que é um requisito do programa. Então, essas famílias pagam, durante o programa, efetivamente em torno de 40% dos financiamentos, pois o restante é descontado do valor gerado pelo sistema fotovoltaico.

A geração de energia solar total, com esse programa, atingiria 164TWh — hoje é de 19MW —, saltando de uma proporção de 0,01% da expansão da oferta total de energia solar no Brasil e aproximando-se de 31,2% da atual geração de energia elétrica no país (expansão composta por 56,12% de provimento das novas moradias e 33,72% de energia excedente) a ser disponibilizada para a concessionária.

Com a proposta de expansão da utilização dos painéis solares nas residências de baixa renda em programas habitacionais, a matriz energética brasileira se alterará, diversificando-se e dinamizando seus segmentos na escolha por energias mais ecológicas e sustentáveis como alternativa a outras fontes de energia que, por mais que sejam consideradas renováveis (como a hidrelétrica), elas degeneram o meio ambiente e ainda provocam empecilhos para os moradores e devastam o bioma local, nos mais diversos aspectos.

Essa proposta também proporciona um aumento na renda disponível das famílias participantes dos programas habitacionais, assim como um auxílio no levantamento de recursos para os programas sociais redistributivos, formalizando e regulamentando um sistema de colaboração mútua e desenvolvimento integrado, abrangendo o avanço da qualificação profissional brasileira, da produção tecnológica, da diversificação da matriz energética, do

ISSN 1809-3957

desenvolvimento do mercado interno, do acesso à casa própria e da inclusão social e no mercado de trabalho.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA CAIXA DE NOTÍCIAS. **Minha Casa Minha Vida permitiu 1,2 milhão de novos empregos em cinco ano: Pesquisa da FGV concluiu que programa amenizou déficit habitacional.** 2014. Disponível em: < http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=1585>. Acesso em: 20 de julho de 2015.

ANÁLISE SETORAL: ENERGIAS RENOVÁVEIS. São Paulo, Valor Econômico, 2010.

ANÁLISE SETORAL: ENERGIAS RENOVÁVEIS. São Paulo, Valor Econômico, 2015.

ANÁLISE SETORIAL: **Energia Elétrica - Mercado, Estrutura e Perspectivas**. São Paulo, Valor Econômico, 2015.

ANCONA, A. L.; LAREU, S. **Avaliação do Programa Guarapiranga – Custos e Componentes de Infra-estrutura. Prefeitura do Município de São Paulo**. Secretaria da Habitação e Desenvolvimento Urbano – Programa Guarapiranga. Seminário de Avaliação de Projetos IPT, p. 51 a 68.

BRACIANI, U. **Estrutura de Custos para Implantação das Usinas de Geração de Energia Elétrica no Brasil**. Monografia submetida ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.

CANDIANI, G.; et. al. **Estudo de caso: Aspectos socioambientais da Pequena Central Hidrelétrica (PCH)- QUELUZ-SP, na bacia do rio Paraíba do Sul**. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 25 (2013), p. 98-119.

CHOUERI, R. B. **Biodiversidade e impacto de grandes empreendimentos hidrelétricos na bacia Tocantins-Araguaia: uma análise sistêmica**. Dissertação (Mestrado em Biologia da Conservação). Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

DUBEUX, R. R. **Development strategies under Climate Change: A comparison of policies to foster clean energy innovation in late industrialized countries**. Brasília, 2014.

_____DUBEUX, R. R. **Inovação tecnológica no Brasil e na Coreia do Sul: Estratégias de inserção no Novo Regime Internacional de Patentes**.1° Seminário Nacional de Pós-graduação em Relações Internacionais – Workshop Doutoral, Política Internacional. Brasília, julho de 2012.

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) - SIDRA (Sistema IBGE de Reprodução Automática). Domicílios particulares – **Recebimento de dinheiro de programa social do governo Bolsa Famílias no mês de referência = Houve**. 2006. Disponível em: < http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/const/default.asp?z=t&o=14&i=P>. Acesso em 15 de julho de 2015

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) - SIDRA (Sistema IBGE de Reprodução Automática). **Domicílios particulares – Recebimento de dinheiro de programa social do governo no mês de referência = Houve**. 2006. Disponível em< http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/const/default.asp?z=t&o=14&i=P>. Acesso em 15 de julho de 2015

SARAIVA, J. C. **Custo das opções para o aquecimento de água na Habitação de Interesse social em São Paulo - CDHU**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica/Faculdade de Economia e Administração/ Instituto de Eletrotécnica e Energia/ Instituto de Física). São Paulo, 2012.

V. AGRADECIMENTOS

Agradecimento: Este trabalho teve apoio do Programa Institucional de Iniciação Científica – PIVIC Mackenzie e foi financiado pelo Fundo Mackenzie de Pesquisa – MackPesquisa e pelo CNPq.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

DEBATE SOBRE HABITAÇÃO NA PERIFERIA E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL

WILLIAN CARLOS SIQUEIRA LIMA[1]; LETÍCIA PERET ANTUNES HARDT[1]; REGINA MARIA MARTINS DE ARAUJO[1]
1 – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO URBANA (PPGTU) DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ (PUCPR)
willian.siqueira@pucpr.br

***Resumo** – Partindo da premissa de que a segregação socioespacial é comumente relacionada com a habitação localizada em periferia urbana sujeita a características de ilegalidade fundiária, de rebaixamento de renda e de insuficiência de infraestrutura, dentre outras, o objetivo geral do presente artigo consiste em, sob uma perspectiva genérica, sistematizar reflexões sobre o estado da arte do tema, interpretando-o, sob uma vertente específica, para a área de estudo selecionada em um bairro de Curitiba, Paraná. Com estrutura múltipla de métodos, a pesquisa foi realizada sob duas óticas principais: genérica – de cunho teórico – e específica – de configuração empírica. Os resultados mostram que, contemporaneamente, o conceito de periferia deve ser vinculado muito mais a noções socioculturais do que a definições geográficas, como evidencia o estudo de caso na capital paranaense.*

***Palavras-chave:** Paisagem periférica. Vulnerabilidade social. Isolamento espacial. Cidade Industrial de Curitiba.*

I. INTRODUÇÃO

O presente artigo parte da assertiva de que, na maior parte da produção científica sobre o assunto, a discussão da segregação urbana é pautada na dicotomia entre a cidade legal e a ilegal, traduzida na disputa entre a ocupação formal e o assentamento irregular (MARICATO, 1996), monopolizando o debate por meio da compreensão de um aspecto como o exato antagonismo do outro.

Assim, a ausência das características comuns à cidade legal (existência de redes de infraestrutura e serviços, regularidade da situação fundiária, predomínio de maiores salários, acesso à educação etc.) embasa, em termos gerais, a análise do processo de segregação socioespacial (RIBEIRO, 2005). Nesse contexto, os diagnósticos sobre os problemas socioambientais urbanos são focados em habitações em áreas de risco e seus reflexos no tecido urbano.

Frente a essas considerações, o objetivo geral desta pesquisa consiste em, sob uma perspectiva genérica, sistematizar reflexões sobre o estado da arte do tema, interpretando-o, sob uma vertente específica, para a área de estudo selecionada.

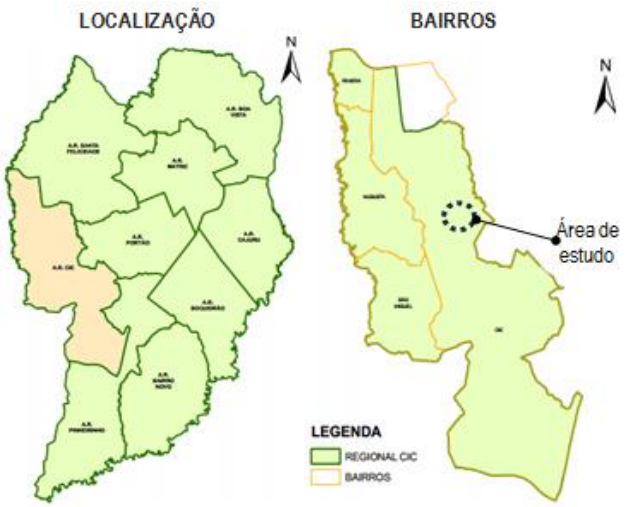
II. PROCEDIMENTOS

Com estrutura múltipla de métodos, a pesquisa teve início com a aplicação de técnicas exploratórias, fundamentadas na revisão de fontes secundárias, possibilitando maior aproximação com o problema (GIL, 2002).

Na sequência, foram adotados procedimentos analíticos, visando ao ordenamento e à avaliação dos dados e resultados (GIL, 2002). A análise foi realizada sob duas óticas principais: genérica – considerando o entendimento teórico do estado da arte do tema no país – e específica – interpretando empiricamente a área de estudo, correspondente a uma porção do bairro Cidade Industrial de Curitiba (CIC) da capital paranaense, selecionada em função da sua proximidade com centro social vinculado à Rede Marista de Solidariedade (RMS), financiadora da pesquisa e indicadora da região geográfica de interesse.

A adoção do estudo de caso para aprofundamento do conhecimento acerca do objeto de investigação (YIN, 2001) foi também utilizado para retratar fatos de realidade. De acordo com a sua disponibilidade, as informações foram tratadas por bairro ou por região administrativa. De modo geral, essa alternativa metodológica não interferiu no entendimento da realidade local, pois a CIC é preponderante nos dados socioeconômicos da regional, também formada por outros três bairros (Figura 1).

Figura 1 – Mapas de localização da Regional Cidade Industrial de Curitiba (CIC) e da área de estudo.



Fonte: Elaborada com base em Google Earth (2014) e em IPPUC (2013).

III. RESULTADOS

Sob uma visão genérica, é possível o diagnóstico de que é consensual a atribuição de culpa ao Estado por não fornecer moradia em consonância com a demanda, fato que obriga a população a se assentar em áreas inadequadas. A

ISSN 1809-3957

“habitação produzida pelos pobres fora do sistema oficial” (MAGALHÃES, 2002 p.24) é o principal fruto das políticas concentradoras de renda promovidas pelo poder público até a década de 1990, refletindo na ilegalidade da posse da terra, na precariedade da moradia, na carência de infraestrutura e na segregação urbana (MAGALHÃES; DI VILLAROSA, 2012). Mas, se a omissão do Estado na promoção de políticas habitacionais impeditivas desse processo de ocupação irregular já é um fato grave, tão grave quanto é a institucionalização de um processo de exclusão por meio da provisão de habitações de baixa qualidade, em áreas sem condições adequadas, monosetorizadas e isoladas do contexto urbanizado.

A segregação socioespacial não ocorre apenas entre os opostos extremos da cidade. Entende-se que outras das suas regiões, não necessariamente ilegais do ponto de vista da estrutura fundiária e nem em situação de extrema vulnerabilidade social e ambiental, possuem características marcantes de desigualdade com relação àquelas mais abastadas. Assim, esse processo segregacionista não é “preto e branco”, mas se dilui em “tons de cinza” que refletem a estrutura física e social do espaço, além da sua localização na mancha urbanizada. Quando se analisa, por exemplo, os grandes empreendimentos residenciais para populações de baixa renda nas periferias das metrópoles, nota-se que a segregação está presente tanto fisicamente, pela comparação entre a infraestrutura disponível nesses locais e a encontrada em áreas urbanas mais centrais, quanto psicologicamente, pelo estigma negativo que tais locais assumem no imaginário dos cidadãos. O próprio termo “periferia” adquiriu uma conotação sociológica, ao passo que representa o local de reprodução socioespacial da população de baixa renda (SERPA, 2002).

A periferização se efetiva social e geograficamente em diferentes pontos de uma dada área metropolitana. Em muitas cidades, o contingente empobrecido ocupa espaços intercalares do tecido urbano, fazendo com que a periferia nem sempre se localize nos anéis mais externos da metrópole. Existem, inclusive, periferias "nobres" (condomínios fechados etc.), ocupadas por grupos de renda mais elevada, usufruindo da "qualidade ambiental" de regiões mais distantes do centro (PAVIANI, 2002). Tais empreendimentos, a princípio, teriam um potencial integrador ao promover a coexistência de classes diferentes em um mesmo espaço e ao “diluir” as castas dominantes do centro em direção à periferia. No entanto, as características dessas ocupações acabam promovendo novas formas de exclusão e segregação, pela criação de verdadeiras fortalezas habitacionais em posições periféricas, descoladas da realidade do seu entorno. Caldeira (2000, p.258) conceitua tais empreendimentos como propriedades particulares para uso coletivo que:

> “...enfatizam o valor do que é privado e restrito ao mesmo tempo em que desvalorizam o que é público e aberto na cidade. São fisicamente demarcados e isolados por muros, grades, espaços vazios e detalhes arquitetônicos. São voltados para o interior e não em direção à rua, cuja vida pública rejeita explicitamente” (CALDEIRA, 2000, p.258).

De um ponto de vista estritamente geográfico, a periferia aparece no exato momento em que surge o centro. Um não existe sem o outro. Essa definição, ainda que reduzida a um caráter geométrico, expõe a relação de dependência entre as duas feições e a sua necessária coexistência. Nessa ótica, o termo “periferia” se refere a “área localizada fora ou nas imediações de algum centro” (SERPA, 2002, p.161). O processo de formação de uma centralidade – no caso, um centro urbano – é um processo social de construção de um espaço referencial (VILLAÇA, 2001). Ou seja, não se torna centro porque assim foi definido em algum momento da história daquela aglomeração, mas é definido sob essa terminologia porque assim os habitantes daquela cidade o entendem.

Por sua vez, o que define a localização dos indivíduos em determinado território é a combinação das “forças de mercado e decisões de governo” (SANTOS, 2007, p.112). Ou seja, estes dois atores se tornam os grandes “vilões” da segregação urbana: o primeiro por impedir ou dificultar o acesso à terra urbana e urbanizada, e o segundo por privilegiar a lógica mercantil em decisões que impactam o tecido da cidade.

Um claro exemplo do mercado como segregador é encontrado no conceito de “custo da terra”, que obriga as classes menos abastadas se instalarem em regiões mais distantes do centro, sendo, consequentemente, mais baratas. À terra se juntam outros fatores (grau de escolaridade, tipos de emprego, condições de saúde etc.) para a definição da organização socioespacial do tecido urbano (PAVIANI, 1987).

A pressão do mercado e a tendência de pulverização da ocupação em terras de valor mais reduzido geram o chamado “espraiamento do padrão periférico”, o que promove o surgimento de “verdadeiras colchas de retalhos, com usos e sentidos de tempos diferenciados, convivendo no mesmo espaço geográfico [...]” (SERPA, 2002, p.162).

Costumeiramente, a periferia é apresentada como fruto passivo de um processo que ocorre indiscriminadamente nas metrópoles nacionais (PAVIANI, 2002; MARICATO, 2003). Resultado de conjunturas econômicas e sociais desfavoráveis (elevada concentração de renda, baixo crescimento da economia, extensivo êxodo rural etc.), representa a face geográfica da exclusão social e da segregação (MARICATO, 1996).

Santos (2007, p.116) vincula a questão da segregação ao espaço habitado ao afirmar que:

> “...o valor do indivíduo depende do lugar em que está e [...], desse modo, a igualdade dos cidadãos supõe, para todos, uma acessibilidade semelhante aos bens e serviços, sem os quais a vida não será vivida com aquele mínimo de dignidade que se impõe" (SANTOS, 2007, p.116).

Assim, a periferia, sob a ótica da construção social do espaço, surge em territórios com dinâmicas de segregação social, econômica e cultural (FERREIRA; VASCONCELOS; PENNA, 2008). Para Villaça (2001, p.311), “torna-se cada vez mais acentuada a divisão de [...] metrópoles em duas cidades divorciadas uma da outra – a dos mais ricos e a dos mais pobres e excluídos”.

Esse transcurso de diferenciação e exclusão é lento e tem sua origem no próprio desenvolvimento urbano nacional. Para Santos (2008), ainda que a urbanização tenha iniciado com no Brasil Colônia, no século XVI, é a partir dos anos 1800 que atinge sua maturidade e apenas no século XX que adquire suas feições atuais. Ainda para o mesmo autor, pode-se dividir o desenvolvimento urbano nacional em dois momentos: o primeiro, anterior às décadas de 1940

ISSN 1809-3957

e 1950, quando as funções administrativas concentravam-se na urbe, e o seguinte, após estas décadas, quando a dinâmica econômica se impôs à formação do território. Este segundo momento, dominado pela lógica da industrialização em seu sentido mais amplo de processo social, provocou efetivamente o fenômeno de urbanização nacional, corroborado pela acepção de Lefébvre (2006, p.3), para quem a problemática urbana oriunda do advento industrial é considerada o "motor das transformações na sociedade" (LEFÉBVRE, 2006, p.3).

Se, por um lado, as indústrias provocaram o crescimento das grandes e médias cidades brasileiras, por outro, esse incremento foi apenas quantitativo, inchando a malha urbana, sem características qualitativas de melhoria das condições de vida da população. Para Couto (2003, p.114),

> "... de um tecido coeso, que decorre da lógica do valor de uso da habitação e da cidade, representado pelo processo de urbanização colonial que criou cidades memoráveis, [...passou-se] a lugares contemporâneos onde a segregação derruba processos seculares de produção do espaço urbano e atinge formas e normas impensáveis a bem poucas décadas."

Conforme Mumford (2001), a referência da cidade industrial é a fábrica, a estrada de ferro e o cortiço, com a "industrialização do urbano" intimamente atrelada ao próprio processo de segregação. De fato, Baptista (2003, p.97) alerta que "o surgimento e a manutenção de classes diferenciadas foi condição indispensável para o surgimento das cidades" desde as primeiras civilizações, gerando óbvios impactos no espaço urbanizado. Muito mais que uma ocupação espontânea, a autora evidencia a necessidade de manutenção dessa diferenciação social, refletida no âmbito espacial. Mesmo não sendo fatores decisivos para a segregação, as características intrínsecas do sistema produtivo vigente no mínimo favorecem o processo segregatório.

Mesmo sendo a habitação o principal resultado da produção do espaço urbano, essa tipologia arquitetônica, principalmente quando destinada ao público de menor renda, é relegada a um grau menor de importância. Bonduki (2008), destaca que esta temática, historicamente, não teve relevância no percurso traçado pela arquitetura brasileira.

Ainda para esse autor, há consenso que a habitação popular ou social não possui qualidade estética.

Nesse período de explosão demográfica, a política habitacional brasileira foi estruturada pelo antigo Banco Nacional de Habitação (BNH), que, no período de 1964 a 1985, representou o único esforço nesse sentido (BONDUKI, 2008).

Negrelos (2010) denomina esse período de produção da "habitação em massa" e da "cidade periférica". Para a autora, "os conjuntos do sistema BNH [...] são, na crítica experimentalista da década de 1980, massivos, causadores de baixa identificação no tecido social, promotores de expansão urbana extensiva dificultando a mobilidade [...]" (NEGRELOS, 2010, p.4). Esta política produziu reflexos nas esferas estaduais e municipais dos entes federativos que possuíam alguma capacidade de gestão nesta área. Assim, o modelo habitacional desvinculado das questões complementares que envolvem a habitação auxiliou a criação do padrão periférico de pobreza das principais cidades brasileiras e aprofundaram a disparidade no acesso aos serviços urbanos.

Essa dificuldade na busca pela equidade urbanística produz consequências ao direito à cidade, o que, para Baptista (2003, p.98),

> "... significa, nas metrópoles capitalistas periféricas, a luta quotidiana pelo direito à moradia, ao trabalho e à dignidade para a expressiva maioria da população, lado a lado com bolsões de riqueza e informação [...]".

Ainda para esta autora, a distribuição da infraestrutura se dá, geralmente, de forma heterogênea, o que acentua as disparidades entre classes sociais e compromete o conceito de cidadania, que prega a igualdade de acesso à cidade.

Atualmente, nota-se que o déficit habitacional se mantém elevado, evidenciando a incapacidade governamental e dos mecanismos de mercado para o enfrentamento da questão. Nesse sentido, Bonduki (2008) afirma que o problema não se limita ao caráter quantitativo, mas também à ótica qualitativa, uma vez que o número de habitações em áreas carentes de infraestrutura também não retrocedeu. Além disso, as dinâmicas de mercado têm provocado ociosidade sob a forma de imóveis vagos e depreciados em áreas urbanizadas às quais a fatia mais pobre da população não tem acesso.

Negrelos (2010) reafirma o conceito de que a segregação está intimamente ligada à moradia e que o processo histórico nacional de urbanização define a localização de diferentes estratos sociais de acordo com o desenho "centro / periferia". No entanto, a autora levanta as seguintes indagações, ao perceber que a atual configuração da moradia tem se descolado da sua posição no território: "Estaríamos diante de uma nova forma de delimitação socioterritorial nas cidades? Como a habitação social incorpora novos desenhos nessa delimitação?" (NEGRELOS, 2010, p.5).

Sob a ótica específica da área de estudo, diagnostica-se que o bairro apresenta indicadores que o caracterizam como integrante de uma paisagem periférica. Entre 2000 e 2010, a taxa de crescimento populacional da Regional CIC (12,12%) foi maior que a do município (10,37%), sendo registrada uma densidade populacional de 28,56 hab./ha, significativamente menor que a média curitibana (40,30 hab./ha). Todavia, apesar da maior parte da regional possuir setores com densidade inferior a 5 hab./ha, a área de estudo concentrava regiões densamente habitadas, algumas das quais com mais de 15 hab./ha (Figura 2).

O rendimento médio por domicílio na regional foi de R$ 2.124,40 em 2010 (Figura 2), ou seja, aproximadamente 45% menor que o de Curitiba no mesmo ano (R$ 3.774,19), representando a segunda pior média municipal.

Também foram identificados domicílios em situação de extrema pobreza na regional, representando quase 9% do total daqueles nesta mesma situação no município (IPPUC, 2013; LIMA, 2015).

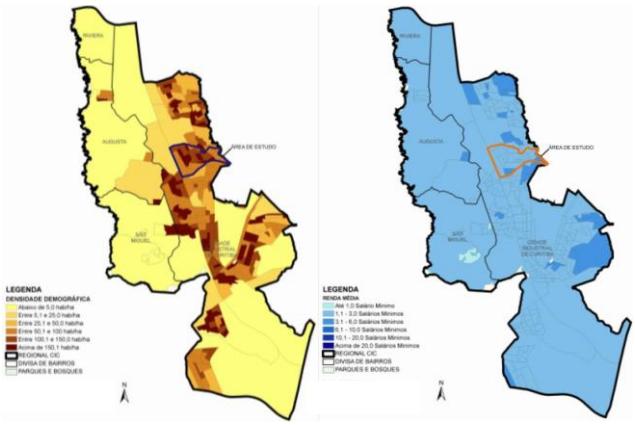
Vale mencionar, ainda, que informações da Secretaria Municipal de Segurança Pública mostram que, em 2012, o bairro registrou 17% dos homicídios dolosos para Curitiba no mesmo ano (IPPUC, 2013), ressaltando o nível de vulnerabilidade social da área.

Por sua vez, Lima (2015, p.112) destaca a heterogeneidade da ocupação do território da CIC, "marcado por processos de regularização fundiária e por grandes

ISSN 1809-3957

condomínios de habitação popular". De outro lado, Albuquerque (2007) alerta para o fato de que a produção de novos espaços habitacionais na capital foi marcada por processos de periferização, com resultados atrelados à urbanização precária e ao isolamento espacial.

Figura 2 – Mapas de densidade populacional (esquerda) e de faixas de renda média do responsável do domicílio (direita) por setor censitário na Regional Cidade Industrial de Curitiba (CIC) em 2010.



Fonte: Elaborada por IPPUC (2013) com base em IBGE (2010).

IV. CONCLUSÃO

Genericamente, evidencia-se que o conceito contemporâneo de periferia deve ser atrelado muito mais à uma noção sociocultural do que puramente geográfica.

Por decorrência, é lícito afirmar que o morador de um condomínio residencial de alto padrão localizado nas franjas de uma metrópole nacional não se considera como residente da periferia. Todavia, esta é encontrada em todo lugar, esparramando-se pelo território das metrópoles segregadoras, sendo o seu centro é muito mais referencial do que propriamente físico.

Conclui-se, assim, que as características básicas da área específica de estudo – porção da CIC – revelam uma paisagem periférica, não obstante o fato de não estar situada em posição geográfica de periferia.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Aline Figueiredo de. **A questão habitacional em Curitiba:** o enigma da "cidade-modelo". 2007. 157f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2007.

BAPTISTA, Maria Elisa. A construção de um espaço de fronteiras: espaço público e cidadania. In: CASTRIOTA, Leonardo Barci (Org.) **Urbanização brasileira:** redescobertas. Belo Horizonte, C/Arte, 2003. p.97-108.

BONDUKI, Nabil. Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. **Revista Arq.Urb**, São Paulo: Universidade São Judas Tadeu – USJT, n.1, p.70-104, 2008.

CALDEIRA, Teresa Pires do Rio. **Cidade de muros:** crime, segregação e cidadania em São Paulo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2000.

COUTO, Beatriz Alencar D'Araujo. A Barra [da Tijuca] e a morte anunciada da cidade [maravilhosa]: o capital imobiliário, os urbanistas e a vida urbana no Brasil. In: CASTRIOTA, Leonardo Barci (Org.) **Urbanização brasileira:** redescobertas. Belo Horizonte, C/Arte, 2003. p.112-142.

FERREIRA, Ignez Costa Barbosa; VASCONCELOS, Ana Maria Nogales; PENNA, Nelba de Azevedo. Violência urbana: a vulnerabilidade dos jovens da periferia das cidades. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, XVI, Caxambu, MG, 2008. **Anais...** Caxambu, MG: Associação Brasileira de Estudos Populacionais – ABEP, 2008. p.1-18.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE EARTH. **Imagem aérea de Curitiba, Paraná, Brasil.** 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 07 jan. 2015.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **A cidade que queremos:** Regional CIC. Curitiba, 2013.

LEFEBVRE, Henry. **O direito à cidade.** 4.ed. São Paulo: Centauro, 2006.

LIMA, Willian Carlos Siqueira. **Paisagem Socializada:** relações entre qualidade de espaços livres públicos e sua apropriação por crianças e adolescentes em áreas periféricas da grande Curitiba, Paraná. 2015. 235f. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, 2015.

MAGALHÃES, Sérgio Ferraz. **Sobre a cidade:** habitação e democracia no Rio de Janeiro. São Paulo: Pro, 2002.

MAGALHÃES, Fernanda; DI VILLAROSA, Francesco. (Eds.) **Urbanização de favelas:** lições aprendidas no Brasil. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, 2012.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole na periferia do capitalismo** – desigualdade, ilegalidade e violência. São Paulo: Hucitec, 1996.

MARICATO, Ermínia. Conhecer para resolver a cidade ilegal. In: CASTRIOTA, Leonardo Barci (Org.) **Urbanização brasileira:** redescobertas. Belo Horizonte, C/Arte, 2003. p.78-96.

MUMFORD, Lewis. **A cidade na história:** suas origens, transformações e perspectivas. 5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

NEGRELOS, E. Habitação social no Brasil pós-1964. Arquitetura, cidade e gestão: um estudo comparado entre a produção do BNH/COHABs e da CEF/PAR em cidades do Estado de São Paulo – primeiros resultados em São Paulo e São Carlos. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – ENANPARQ, I, Rio de Janeiro, 2010. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPARQ, 2010. p.1-24.

PAVIANI, Aldo. Periferização urbana. In: PAVIANI, Aldo. (Org.) **Metropolização e urbanização** – a gestão dos

ISSN 1809-3957

conflitos em Brasília. Brasília: Editora da Universidade de Brasília – UNB, 1987. p.33-49.

PAVIANI, Aldo. A lógica de periferização em áreas metropolitanas. In: SANTOS, Milton; SOUZA, Maria Adélia Aparecida de; SILVEIRA, Maria Laura. (Orgs.) Território: globalização e fragmentação. 4ª.ed. São Paulo: Hucitec, 2002. p.182-190.

RIBEIRO, Luiz César de Queiroz. Segregação residencial e segmentação social: o "efeito vizinhança" na reprodução da pobreza nas metrópoles brasileiras. Cadernos Metrópole. São Paulo: Editora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – EDUC-PUCSP, n.13., p.47-70, 2005.

SANTOS, Milton. **O espaço do cidadão.** 7.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2007.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira.** 5.ed. reimp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2008.

SERPA, Ângelo Serpa. A paisagem periférica. In: YÁZIGI, Eduardo. (Org.) **Turismo e paisagem.** São Paulo: Contexto, 2002. p.161-179.

VILLAÇA, Flávio José Magalhães. **Espaço intra-urbano no Brasil.** 2.ed. São Paulo: Studio Nobel; Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo – FAPESP, 2001.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

VI. AGRADECIMENTOS

À Rede Marista de Solidariedade (RMS) pelo apoio financeiro à pesquisa.

VII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PAISAGEM PLANEJADA: SUBSÍDIOS A PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS

ALINE BIANCA ZANONI[1]; LETÍCIA PERET ANTUNES HARDT[1]; PATRÍCIA COSTA PELLIZZARO[1]; MARLOS HARDT[1]; CARLOS HARDT [1]
1 – GRUPO DE PESQUISA SOBRE PAISAGEM URBANA E REGIONAL DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO URBANA (PPGTU) DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ (PUCPR)
alinebzanoni@hotmail.com

Resumo – Partindo da assertiva da insuficiência de ações que garantam a qualidade paisagística das cidades brasileiras, o presente artigo é pautado no objetivo de ponderar sobre a importância de propostas relativas à paisagem no âmbito de planos diretores municipais. Para tanto, a pesquisa foi desenvolvida em duas fases principais: reflexão teórica, com resultados voltados ao debate de temas centrais da investigação, e estudo empírico, com interpretação do caso do processo de planejamento da capital paranaense. Nessa conjuntura, conclui-se que a paisagem de Curitiba deveria ser tratada por meio de plano especial de referência para os demais previstos no âmbito da atual revisão do plano diretor da cidade.

Palavras-chave: Paisagem. Planejamento Urbano. Curitiba. Paraná.

I. INTRODUÇÃO

Com a instituição do Estatuto da Cidade (Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001 – BRASIL, 2001) no país, tornou-se obrigatória a elaboração de planos diretores municipais em cidades com população maior que 20.000 habitantes. Com a criação de novas exigências, foram desenvolvidos e revisados os planos diretores de diversos municípios brasileiros.

De acordo com Ultramari e Rezende (2008, p.729), o plano diretor municipal hoje se caracteriza como um "instrumento básico do planejamento urbano nacional", que vem sendo revalorizado a partir dos anos 1990 e 2000 devido à Constituição Federal de 1988, que concede ao plano diretor a implementação da função social da propriedade (BRASIL, 1988), adotando uma política de descentralização político-administrativa e, assim, valorizando o morador do município.

Recentemente, no planejamento urbano brasileiro, foi possível observar tentativas diversas para ordenamento do território, com modificação de conceitos, leis e prioridades. Agora, além das tentativas de utilização de todos os benefícios oferecidos pela cidade, vem se caracterizando a necessidade de máxima agregação de aspectos naturais em um espaço antes desqualificado pela desconstrução da natureza. Nota-se, portanto, a valorização dos aspectos positivos da cidade pelos enfoques principais das propostas constantes de planos diretores, visando incluí-la em um cenário globalmente competitivo, preferindo-se seguir as mesmas premissas e valores "que não devem nunca envelhecer" (ULTRAMARI; REZENDE, 2008).

Além disso, é possível observar que as paisagens urbanas brasileiras sofrem com a insuficiência de ações que garantam a sua qualidade, principalmente no que se refere aos seus planos diretores municipais (HARDT, 2014).

Segundo Gehl (2014), as "cidades para pessoas" devem ser planejadas com base nas escalas dos espaços, onde a capacidade de desenvolvimento, as características de sustentabilidade e as condições de segurança sejam amplamente favoráveis, possibilitando oportunidades para aperfeiçoamento individual e coletivo, além da garantia da beleza das paisagens produzidas e da qualidade de vida a ser proporcionada.

Para Hardt (2000, p.2), "a quantidade de áreas verdes está relacionada com a qualidade da paisagem urbana e esta, por sua vez, com aspectos qualitativos do ambiente das cidades e de vida dos cidadãos".

Nessa linha de argumentação, o objetivo geral deste artigo consiste em ponderar sobre a importância de propostas relativas à paisagem no âmbito de planos diretores municipais.

II. PROCEDIMENTOS

A pesquisa foi estruturada em duas fases principais:

a) reflexão teórica – baseada em métodos exploratórios de fontes secundárias, visando ao debate dos temas centrais da investigação;
b) estudo empírico – fundamentado em métodos descritivos e analíticos, com vistas à interpretação do caso do processo de planejamento da paisagem de Curitiba, Paraná.

O produto final é constituído pela discussão conceitual das aplicações práticas da paisagem planejada na capital paranaense.

III. RESULTADOS

A **reflexão teórica** parte da definição de paisagem como uma determinada área do território, percebida pela população, cujas características resultam da ação e interação de fatores naturais e antrópicos (CoE, 2000).

Dentro desse contexto, Hardt (2000, p.15) a conceitua como:

> "...combinação dinâmica de elementos naturais (físico-químicos e biológicos) e antrópicos, inter-relacionados e interdependentes, que em determinado tempo, espaço e momento social, formam um conjunto único e indissociável, em equilíbrio ou não, e em permanente evolução, produzindo percepções mentais e sensações

ISSN 1809-3957

estéticas como um “ecossistema vivo” (HARDT, 2000, p.15)..

A mesma autora classifica os componentes da paisagem em:

a) ambientais – divididos entre sistema natural e cultural, que são determinados a partir do predomínio de componentes do ambiente de cada um desses sistemas, os quais podem ser compostos por fatores fixos, móveis ou mutáveis;
b) estéticos/perceptivos – de caráter subjetivo, relacionados às questões sensitivas e perceptivas da paisagem (HARDT, 2000, p.15).

Para Rezende e Dias (2005, p.7), a gestão urbana provém do ato de administrar, de gerir atividades relacionadas a um conjunto de recursos, procurando unir essa função ao planejamento, sendo relativa à cidade como um todo, buscando melhores condições de vida a partir da eficiência de serviços urbanos e da qualidade da infraestrutura. Para os mesmos autores, habitação, trabalho, lazer e circulação devem ser aspectos garantidos nesse procedimento.

Segundo Hardt (2006), o planejamento urbano é um processo, constituindo um meio para atingir um fim, não sendo único, mas contínuo e dinâmico pela necessidade de atualizações e revisões constantes.

Sua primeira fase – referenciação – compreende o estabelecimento de referências para atividades a serem desenvolvidas (base referencial), por meio da definição de conceitos e critérios, da determinação de objetivos, da delimitação de informações vinculadas às características do objeto a ser planejado; e da instrumentação de métodos compatíveis e técnicas adequadas à pesquisa, proposição implementação e revisão do processo (HARDT, 2006).

Hardt (2006) indica as etapas fundamentais para a segunda fase – desenvolvimento – como: descrição, proposição e prescrição.

> “Compreendendo o delineamento de uma base descritiva, a primeira etapa é baseada no inventário (conhecimento dos dados) e na análise (compreensão das questões envolvidas), que constituem estudos setoriais dos diversos aspectos relacionados; como produto final, tem-se a inter-relação de todos esses aspectos em conjunto, sob a forma de diagnóstico conclusivo da situação atual (qualificação das questões), apontando as principais condicionantes, deficiências e potencialidades, que, em síntese, determinam a fragilidade e a qualidade atual do ambiente metropolitano.
>
> Consistindo na formulação de propostas alternativas de soluções para os problemas diagnosticados e de valorização das potencialidades levantadas, que, após selecionadas, considerando-se inclusive diversos fatores intervenientes (e.g.: recursos humanos, materiais, financeiros, técnicos, tecnológicos, temporais etc.), a proposição é composta por diretrizes que definem o modelo básico para a gestão, cujas metas devem estar vinculadas ao conceito de desenvolvimento sustentável.
>
> A prescrição comporta a elaboração de prognósticos a partir de projeções que configuram diversas bases prescritivas (sem e com propostas), que possibilitem a avaliação das propostas mais eficazes e a capacidade de suporte, ou seja, a quantidade de uso a que o espaço metropolitano pode ser submetido em um tempo específico (HARDT, 2006, p.167-168).

A mesma autora ainda esclarece que a implementação compreende a viabilização das propostas, as quais são concretizadas por meio da resolução executiva (e.g.: obras e ações concretas) ou política (e.g.: leis e atividades abstratas). Em qualquer uma das fases elencadas, é imperativo o tratamento sistêmico, com retroalimentações constantes e com participação dos atores envolvidos.

Nesse âmbito, o planejamento, voltado ao futuro, e a gestão, relacionada ao presente, permitem o direcionamento adequado do desenvolvimento (HARDT; HARDT, 2004).

Há que se destacar que a paisagem urbana reflete os resultados do planejamento e gestão do espaço da cidade, sendo, portanto, imprescindível a sua abordagem aprofundada quando da execução dessas atividades.

O **estudo empírico** sobre Curitiba evidencia que as decisões de planejamento moldaram a sua paisagem. Seus resultados já foram considerados exemplos em grandes centros, principalmente por abordar integradamente questões como espaço público, patrimônio histórico, transporte, meio ambiente e desenvolvimento urbano. Com base em informações disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba (IPPUC), Benvenutti (2014) expõe que a repercussão foi resultante de um processo técnico criativo, inovador e politicamente neutro, levando à cidade qualidades funcionais e estéticas que possibilitariam seu desenvolvimento harmonioso e ordenado.

No início do século XX, Curitiba era administrada por Cândido de Abreu, em seu segundo mandato (1913-1916). Com a experiência de ter participado do projeto da nova capital de Minas Gerais, criou uma Comissão Especial para Melhoramentos Urbanos, com a intenção de retificar ruas, instalar bondes elétricos e propagar a arquitetura eclética nos sobrados, prédios públicos e palacetes, ações que demonstravam a preocupação com o conforto dos cidadãos e o cuidado estético com o meio urbano (CARVALHO, 2013).

Aos poucos, porém, obras de infraestrutura foram mais valorizadas que as medidas de embelezamento. "A importância da eficiência começa a superar a da beleza [...] Passa-se assim da 'cidade bela' para a 'cidade eficiente', da cidade do consumo para a cidade da produção" (VILLAÇA, 1999, p.198-199).

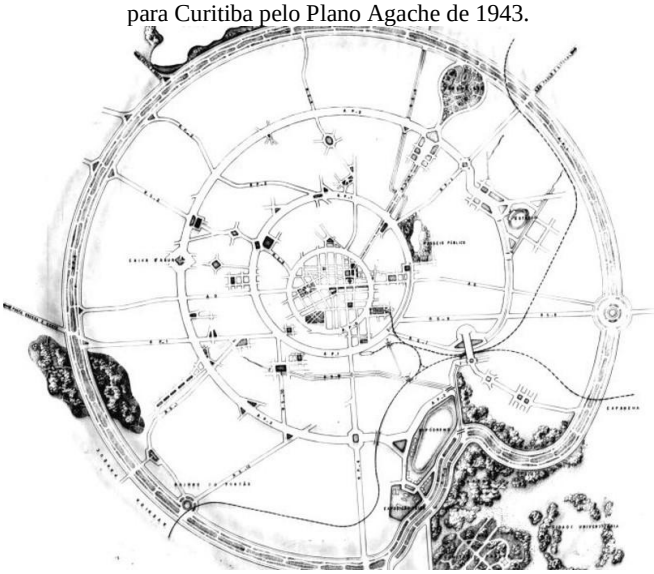
Por volta de 1965, o Departamento de Urbanismo de Curitiba, visando organizar uma cidade em meados de sua industrialização, dispunha do Plano Agache (1941-43), o qual detinha um pensamento avançado em relação à urbanização presente na região, pois se tratava de uma época que precedia as premissas do Movimento Moderno. Criado por Alfred Agache (1875-1959), o plano refletia as experiências do autor para cidades como Camberra (Austrália), Chicago (Estados Unidos) e Rio de Janeiro (Brasil), entre muitas outras, tendo como principal referência, o Plano de Paris (1850) elaborado por Eugène Haussmann (1809-1891) (GNOATO, 2006).

O plano incluía a definição de medidas de saneamento e a delimitação de áreas para habitação, serviços e indústrias, bem como a reestruturação viária na cidade, além do estabelecimento de diretrizes e normas técnicas para ordenamento do seu crescimento físico (CARVALHO, 2013). Conforme Gnoato (2006), as propostas mais

ISSN 1809-3957

relevantes do Plano Agache foram a organização da cidade em centros funcionais, o conceito da sua divisão em zonas, a elaboração do código de edificações e a estruturação de articulado sistema de avenidas concêntricas, radiais e perimetrais (Figura 1) .

Figura 1 – Representação esquemática do sistema viário em círculos concêntricos e avenidas radiais e perimetrais propostas para Curitiba pelo Plano Agache de 1943.



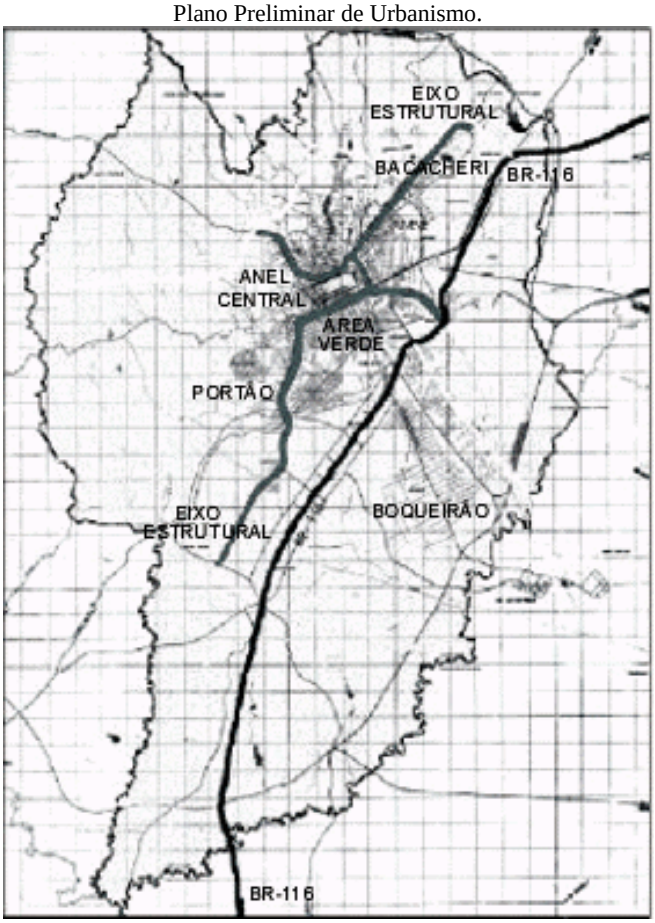
Fonte: CABRAL (2011).

> "Se executado integralmente, Curitiba seria uma cidade de largas avenidas, que corresponderia aos seus anseios de metrópole, com "uma fisionomia de capital de estado", conforme está registrado no escopo do trabalho de Alfred Agache [...]. Em contrapartida, a ausência de vias de tráfego mais largas na área central da cidade impossibilitou uma melhor circulação de veículos. O ambiente de discussão de urbanismo na cidade foi o legado mais importante de Alfred Agache" (GNOATO, 2006, s.p.).

A partir de transformações urbanas planejadas na década de 1970, quando foram executadas as principais diretrizes do Plano Preliminar de Urbanismo – elaborado em 1965 pela empresa Serete, associada ao escritório do urbanista Jorge Wilheim –, foram implantadas soluções indutoras de uma nova configuração paisagística da capital paranaense. Nessa época, seu crescimento aparentava a seleção de migrantes, privilegiando a sociedade de classes média e alta, enquanto as populares estariam concentradas em outros municípios da região metropolitana (SOUZA, 2001).

Em meados dos anos 1970, durante o segundo mandato de Jaime Lerner como prefeito, foi incentivada identificação com a cidade, característica importante para o sucesso do planejamento estratégico (CARVALHO, 2013). As metas prioritárias do Plano Preliminar de Urbanismo eram o reordenamento, a modernização e o desenvolvimento econômico. Nesse contexto, foram executados os chamados "eixos estruturais lineares" (Figura 2), que associam soluções específicas de vias – diferentes fluxos, de transporte coletivo – elevado carregamento – e de uso misto do solo – alta densidade (SOUZA, 2001). O sistema viário trinário (Figura 3) consiste em uma via principal de tráfego lento – onde estariam locadas galerias comerciais regularizadas pelo denominado "Plano Massa" – e por onde circulariam as linhas de ônibus expressos. As paralelas à central se caracterizariam como "rápidas", com sentidos opostos (centro-bairro e bairro-centro) (GNOATO, 2006).

Figura 2 – Mapa de esquema viário proposto para Curitiba pelo Plano Preliminar de Urbanismo.



Fonte: Adaptada de Souza (2001).

Figura 3 – Vista aérea do sistema trinário de Curitiba.

Fonte: Adaptada de URBS (2015).

Sintetizando vários depoimentos, Fernandes et al. (2013, p.6-7) afirmam que Curitiba tem sua imagem relacionada à paisagem planejada de acordo com diversos estudos, acrescentando que:

> "...as paisagens urbanas são muito heterogêneas, variam de cidade para cidade e dentro da mesma cidade, e também estão relacionadas à percepção individual. A interpretação da paisagem é um importante elemento a considerar, pois será o reflexo do lugar observado desde a perspectiva do observador. A observação pressupõe uma identificação do lugar e com o lugar, deve buscar significar a compreensão do lugar por parte do observador. Será mais do que a simples

ISSN 1809-3957

> perspectiva, já que pressupõe um critério de análise de conteúdos representados, ou seja uma ordem, uma composição."

Carvalho (2013) comenta que, nas últimas duas décadas, houve poucas mudanças no pensamento e na prática urbanística curitibana. Para o autor, mesmo com notáveis contradições, Curitiba ainda sustenta sua imagem, o que confirma a colocação de Hardt et al. (2008, p.2) de que a:

> "paisagem urbana é resultante da ação espontânea ou planejada do homem [...], estando diretamente relacionada às ações de planejamento urbano e à morfologia dos espaços, que condicionam sua qualidade visual e ambiental."

Perante a necessidade de conservação – ou recuperação – de adequados padrões de qualidade paisagística, a minuta legal de revisão do atual Plano Diretor de Curitiba (IPPUC, 2015), ora em discussão em diversos fóruns, dedica uma seção (integrante do Capítulo IV – Da Paisagem e do Uso do Espaço Público) à paisagem urbana; porém, seu conceito não deveria ser restrito à uma parte específica desse processo, mas, ao contrário, ser estruturante de todo o seu conteúdo.

IV. CONCLUSÃO

Apesar de dinâmica, a paisagem urbana deve proporcionar sensações únicas na formação dos espaços, devendo ser considerada como elemento de qualificação da cidade.

Inquestionavelmente, a atual paisagem de Curitiba é fruto dos diversos planos urbanos desenvolvidos ao longo da sua história. Os aqui citados foram, de certa forma, capazes de estruturar o ambiente urbano por meio das características das zonas urbanísticas, usos do solo, sistema viário, transporte coletivo e infraestrutura, dentre outros fatores. Vale ressaltar, entretanto, que a revisão do plano diretor pode comprometer, em parte, as condições paisagísticas da capital paranaense, pois, apesar da inclusão de um capítulo específico sobre o tema, ainda não é considerado o conceito amplo da paisagem como resultado visual da sobreposição de ações no espaço. Nesse contexto, essa temática deveria assumir o formato de plano especial de referência para os demais previstos para os diversos setores pertinentes.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENVENUTTI, Alexandre Fabiano. **Planejamento urbano em Curitiba:** interpretações sobre a produção da cidade. In: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – ENANPARQ, III, São Paulo, 2014. **Anais...** São Paulo, 2014. p.1-10.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 05 out. 1988.

BRASIL. Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Estatuto da Cidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

CABRAL, Themys. **Os desenhos de Curitiba.** 2011. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/caderno-g/os-desenhos-de-curitiba-ee64b5kc2zotz1haskcigzyvi>. Acesso em: 27 out. 2015.

CARVALHO, André de Souza. Urbanismo em Curitiba: mudanças e transformações no pensar da cidade. In: Encontro Nacionais da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ENANPUR, XV, Recife, 2013. **Anais...** Recife, 2013. p.1-17.

CoE – Consiglio d'Europa. **Convenzione europea del paesaggio.** Firenze, 2000.

FERNANDES, Diogo Luders; SOUZA, Thiago Alves de; TONON, Luciana Maria Pinheiro; GÂNDARA, José Manoel Gonçalves. A paisagem urbana e a formação da imagem turística da cidade de Curitiba: a percepção de visitantes e visitados. In: Seminário de Pesquisa em Turismo do Mercosul, VII, Caxias do Sul, 2012. **Anais...** Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul – UCS, 2012. p.1-19.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas.** 2.ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.

GNOATO, Luís Salvador Petrucci. Curitiba, cidade do amanhã: 40 anos depois. **Arquitextos**, São Paulo: Portal Vitruvius, ano 06, n.072.01, s.p., maio, 2006.

HARDT, Letícia Peret Antunes. **Subsídios à gestão da qualidade da paisagem urbana:** aplicação a Curitiba – PR. 2000. 323f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

HARDT, Letícia Peret Antunes. Gestão do desenvolvimento metropolitano sustentável. In: SILVA, Cátia Antônia da; FREIRE, Desirée Guichard; OLIVEIRA, Floriano José Godinho de. (Orgs.) **Metrópole:** governo, sociedade e território. Rio de Janeiro: DP&A, 2006. p.157-170.

HARDT, Letícia Peret Antunes. **Paisagem Planejada:** efetividade dos planos diretores municipais. 2014. Curitiba: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, 2014. (Projeto de pesquisa)

HARDT, Letícia Peret Antunes; HARDT, Carlos. Subsídios à formulação de políticas de gestão do desenvolvimento metropolitano sustentável. In: **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS**, II, Indaiatuba, 2004. Indaiatuba: 2004. p.11-12.

HARDT, Letícia Peret Antunes; CARVALHO, Guilherme Ribeiro; AFONSO, Taís Maros; HARDT, Carlos. Grandes Projetos Urbanos: impactos do Plano Serete sobre a morfologia e a paisagem do ambiente construído de Curitiba, Paraná. In: Encontro da Associação Nacional e Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade – ANPPAS, IV, Brasília, 2008. **Anais...** Brasília, 2008. p.1-18.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba**. Proposta da lei de revisão do Plano Diretor de Curitiba**. Curitiba, 2015.

REZENDE, Denis Alcides; DIAS, Natália Costa. Indicadores para gestão ambiental urbana: modelagem e mapeamento. In: Seminário Gestão de Negócios do Centro

Universitário FAE – UniFae, 2, Curitiba, 2005. **Anais eletrônicos...** Curitiba, 2005. p.1-13.

SOUZA, Nelson Rosário de. Planejamento urbano em Curitiba: saber técnico, classificação dos citadinos e partilha da cidade. **Revista de Sociologia e Política**, Curitiba: Universidade Federal do Paraná – UFPR, n.16, p.107-122, jun. 2001.

ULTRAMARI, Clovis; REZENDE, Denis Alcides. Planejamento estratégico e planos diretores municipais: referenciais e bases de aplicação. **RAC – Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro: . Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração – ANPAD, v.12, n.3, p.717-739, jul.-set. 2008.

URBS – Urbanização de Curitiba. **Rede Integrada de Transporte.** Disponível em: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte/19>. Acesso em 27 set. 2015.

VILLAÇA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos (Org.) **O processo de urbanização no Brasil.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EdUSP, 1999. p.198-199.

VI. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro à pesquisa sobre Paisagem Planejada.

VII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

EXTERIORIDADE DE REDE E EFEITO MANDA NO MERCADO DE AÇÕES: O CASO DA MUNDIAL S.A.

PAULO DE OLIVEIRA LIMA JÚNIOR[1]; LUIZ GONZAGA DE CASTRO JÚNIOR[2]; ANDRÉ LUIZ ZAMBALDE[2]; KLEDILSON ENDRIGO DE SOUZA FERREIRA[3]
1 – CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
plima@nepomuceno.cefetmg.br

***Resumo** - O efeito manada é uma ação correlacionada de investidores sem racionalidade provocando variações anormais nos preços dos ativos e influência em retornos esperados. Pesquisadores investigam se os agentes seguem o comportamento de massa, imitando irracionalmente o comportamento de outros quando negociam ativos financeiros. Este trabalho verifica se a organização dos investidores em grandes redes virtuais formadas por blogs, microblogs e redes sociais sobre investimentos, formam um ambiente propício à exterioridade de rede que por sua vez contribuiu para variação anormal em um ativo específico. Para tal, o trabalho investiga, por uma pesquisa descritiva e experimental, a relação entre a variação anormal de volume de negociações e preço de um ativo, ocorrida no ano de 2011, e a variação de ocorrência de um termo na web referente a este ativo no mesmo ano. Procura, desta forma, mostrar que o monitoramento da web pela extração de dados contribui para a construção de um cenário com eminência de efeito manada com base em dados que refletem o comportamento humano e fenômenos como a evidência de exterioridade de rede.*

***Palavras-chave:** Efeito Manada. Economia da Informação. Exterioridade de Rede.*

I. INTRODUÇÃO

O efeito manada é uma ação correlacionada irracional que provoca variações anormais em mercados, questiona a Teoria de Mercados Eficientes, aumenta a complexidade para desenvolvimento de modelos econômicos e exige estudos que consideram características psicológicas e comportamentais dos agentes além de dados quantitativos. Estudos como Cont e Bouchaud (2000) e Almeida (2011), apontam que mercados emergentes são mais suscetíveis a este comportamento de massa, principalmente pelo perfil dos novos investidores.

No Brasil, o ingresso de novos investidores no mercado de ações foi significativo com a popularização da BM&FBovespa e facilidade de acesso por ferramentas computacionais de negociação *online* (*Home-Brokers*). O número de investidores, do tipo pessoa física, ativos na bolsa passou de aproximadamente 85 mil em 2003 para mais de 600 mil em 2010.

O meio de acesso ao mercado por novos investidores são as corretoras de valores, que oferecem ferramentas e informações para decisão sobre comprar ou vender ativos financeiros. Assim como a negociação na BM&FBovespa é realizada por pregão eletrônico via Internet, a relação das corretoras com os investidores ocorre também predominantemente via web, seja na execução de operações ou na disseminação de informação via e-mail, site, *chats*, fóruns de discussão e vídeos. Além disso, existe uma crescente rede virtual de investidores que produzem e disseminam informação em sites, fóruns e comunidades virtuais dedicadas ao tema, e as usam para tomar decisão de compra e venda de ações.

Neste contexto de rede, Shapiro e Varian (2003) destacam que um efeito denominado exterioridade de redes passa a ter um papel importante, pois surge quando um participante da rede afeta outros gerando um *feedback* positivo ou negativo. Desta forma, o valor de um produto para um usuário depende do número de outros usuários, o que leva a uma economia de escala devido a demanda proporcionada pelo *feedback*. Considerando isto, é pertinente investigar se o ambiente virtual de investidores é cenário propício para comportamento de massa, potencializado à medida que a disseminação de dados avança e influencia a tomada de decisão dos investidores através de *feedbacks*.

O aumento das redes virtuais de investidores em ações aliado aos avanços em tecnologia de recuperação da informação na web contribuem para trabalhos que buscam verificar se os dados extraídos da rede têm alguma relação com a variação dos ativos no mercado financeiro ou contribuem para decisões no mercado de ações. Estes trabalhos abrangem desde a relação entre volume de mensagens, volatilidade e volume de negócios (ANTWEILER e FRANK, 2004) até a extração de opiniões de mensagens publicadas na web (BOLLEN *et al.*, 2011), (DAS e CHEN, 2007) e criação de índices de sentimento na tentativa de relacionar com índices de mercado.

A maior parte dos estudos e aplicações é voltada para o mercado americano e consideram índices de preços e não as ações de uma empresa específica. Apesar de uma parte apontar uma relação significativa entre dados da web e índices, volume ou volatilidade, não exploram explicitamente a atividade de investidores na web como um dos fatores para a causa do efeito manada.

No mercado emergente brasileiro, a evidência significativa de efeito manada é observada principalmente em ações de empresas com baixa liquidez e menor valor de mercado. Um caso expressivo ocorreu com as ações da empresa Mundial S.A. em Julho de 2011. As ações subiram aproximadamente 1200% de Junho a Julho e voltaram a cair para o mesmo valor de antes da variação. Esta volatilidade não é explicada por análises quantitativas tradicionais.

Diante disso, o objetivo do trabalho é verificar evidência de exterioridade de rede na web e sua relação com a variação anormal nas ações da Mundial S.A. no período

ISSN 1809-3957

citado. Para isso, apresenta um estudo estatístico em busca de relação entre as séries temporais que representam os fenômenos variação de volume de negócios com as ações da empresa Mundial S/A e ocorrências na web do termo MNDL4 – código das ações preferenciais da empresa na BM&FBovespa em 2011.

O experimento considera a série temporal de volume de negócios das ações preferenciais da empresa Mundial S.A em 2011 durante o período em que foi observada a variação anormal significativa no preço da ação. E como dado extraído da web, utiliza a série temporal com o número de ocorrências do termo MNDL4 em 2011. Como ocorrências foram consideradas o resultado da pesquisa pelo termo através do site de buscas Google no ano de 2011, o número de vezes que as pessoas procuraram pelo termo também no Google em 2011 e o número de mensagens citando o mesmo termo em dois dos principais fóruns de discussão sobre o tema no país, no mesmo ano.

O trabalho se justifica pela relevância por melhor compreensão sobre a influência do comportamento dos investidores no mercado de capitais brasileiro bem como para contribuir com o debate sobre eficiência do mercado e necessidade de estudos independentes de indicadores tradicionais de volume, volatilidade e preço para delinear fenômenos comportamentais como o efeito manada.

A seção II apresenta como referencial teórico Finanças Comportamentais e Hipótese de Mercados Eficientes, na seção III Recuperação da Informação e trabalhos nesta linha e na seção IV o conceito de Economia da Informação. O desenvolvimento do trabalho é apresentado na seção V e os resultados e conclusões nas seções VI e VII respectivamente.

II. FINANÇAS COMPORTAMENTAIS E A HIPÓTESE DE MERCADOS EFICIENTES

A principal sustentação na Teoria de Finanças Moderna é a Hipótese de Mercados Eficientes – HME (FAMA, 1970). Esta pressupõe que o preço de um ativo reflete todas as informações disponíveis, que as informações e expectativas são homogêneas e que todos os agentes são racionais e maximizam sua utilidade esperada em função da sua aversão ao risco.

Entretanto, o fenômeno denominado Efeito Manada (CONT e BOUCHAUD, 2000) diverge desta teoria, pois é uma ação correlacionada de investidores sem racionalidade provocando variações anormais nos preços dos ativos e influência em retornos esperados. É um fenômeno frequente no mercado financeiro, investigado em diferentes níveis (SCHARFSTEIN e STEIN, 1990) e (NAKAGAWA e UCHIDA, 2011). A construção de modelos de predição e estratégias operacionais é um desafio para economistas e investidores devido à complexidade do fenômeno que não é explicado completamente com a utilização de análises tradicionais com dados macroeconômicos, microeconômicos e financeiros das empresas, mas envolve também o comportamento irracional dos agentes de mercado. Assim, o tema é objeto de estudos em Finanças Comportamentais, onde pesquisadores investigam se os agentes seguem o comportamento de massa, imitando irracionalmente o comportamento de outros quando negociam ativos financeiros.

Borges *et al*, (2010) ressaltam que 58% dos trabalhos no mercado brasileiro aceitam a HME em sua forma fraca enquanto 58% dos trabalhos apontam para ineficiências e reforça a existência de diferentes graus de eficiência. Rostagno *et al*. (2006) apontam que o mercado de ações brasileiro possui ineficiências. Segundo Damodaran (2006), os testes de eficiência de mercado devem buscar descobrir o quanto o mercado é eficiente, e não simplesmente se ele é ou não eficiente. Portanto, é uma questão em discussão.

Os trabalhos em Finanças Comportamentais saem dos pressupostos da HME principalmente da perfeita racionalidade dos agentes e, conforme Almeida (2011), buscam incorporar os aspectos psicológicos das pessoas no processo de avaliação e precificação de ativos financeiros.

Kutchukian (2010) apresenta uma série de trabalhos que apontam graus de ineficiência do mercado e irracionalidade dos agentes, principalmente pela ação de amadores que exibem comportamento de manada. Seu trabalho, aplicado a gestores de fundos de ações, confirma que a informação e as expectativas dos investidores não são homogêneas, e que os investidores são influenciáveis pelas decisões de outros investidores. Este comportamento é observado tanto para investidores profissionais como para amadores que atuam diretamente no mercado de ações. Cont e Bouchaud (2000) concluem que investidores amadores exibem comportamento de manada, e este comportamento influencia o preço das ações.

Estes trabalhos indicam que os investidores não tomam decisões baseados apenas em utilidade esperada e expectativas de fluxos de caixa futuros, mas também com base nas decisões de outros investidores. Eventos, e as notícias geradas por eles, têm impacto na variação do preço das ações. Porém a interpretação do evento no ato não é um elemento confiável de análise, pois determinar qual a atitude após a divulgação envolve subjetividade e imprecisão quanto à direção do movimento, valores e prazo. Entretanto, os eventos que geram notícias são um dos fatores criadores de expectativas nos investidores. Esta expectativa leva os investidores a decidirem compra ou venda.

Neste sentido, a reação das pessoas aos eventos é um fator importante para decidir a direção dos preços das ações. A ação dos investidores é um fenômeno explícito em um gráfico de variação dos preços e volume no tempo. Mas não há o registro e medida, de forma automática, da expectativa dos investidores em relação a uma ação. E, uma vez registrada, sua relação com a variação do preço e volume de negócios não é diretamente estabelecida. À medida que notícias, relatórios, e diversos tipos de documentos são publicados diariamente na web por agentes de mercado, avanços em mineração de dados da web principalmente em mineração de opinião e análise de sentimento procuram extrair opinião e expectativa das pessoas em textos da web (ANTWEILER e FRANK, 2004), (DAS e CHEN, 2007), (BOLLEN *et al.*, 2011) e (GEROW e KEANE, 2011).

III. RECUPERAÇÃO DE DADOS NA WEB E APLICAÇÕES NO MERCADO DE AÇÕES

Milhões de páginas na web sobre diferentes temas constituem um repositório de dados de escala mundial que cresce exponencialmente em diferentes formas, entre elas: redes sociais, blogs, microblogs e fóruns de discussão. Este ambiente é propício à recuperação de dados, que inicialmente se concentra em processamento de informações textuais, mineração e recuperação de informação fatual, como buscas na web e classificação de texto, e tem

ISSN 1809-3957

avançado para mineração de opinião ou análise de sentimento.

Estes últimos são definidos por Liu (2010), como o estudo computacional das opiniões, avaliações e emoções das pessoas, expressas em texto, relativas a entidades, eventos e seus atributos. Esta abordagem é adequada em sistemas onde é necessário saber a opinião de outros para a tomada de decisão. Entretanto, são vários os desafios para a construção de sistemas computacionais para este fim (DEY e HAQUE, 2009), (LIU, 2010), (PANG e LEE, 2008), como subjetividade e ambiguidade de textos em linguagem natural, informalidade e ruídos: erros gramaticais, pontuação imprópria, abreviações, gírias e palavras erradas o que aumenta a complexidade de extração da informação.

Pesquisas nesta área exploram buscas sintáticas e semânticas com diferentes níveis de classificação de opiniões, como identificar a polaridade: positiva ou negativa, (DAS e CHEN, 2007), (TURNEY, 2002), (DAVE *et al.*, 2003), (PANG e LEE, 2008), reconhecer a opinião em classes mais específicas como raiva e aversão e sua intensidade (WILSON *et al.*, 2004), (YU e HATZIVASSILOGLOU, 2003), (WILSON *et al.*, 2005) e como proposto por Choi *et al.* (2005), identificar também a fonte da opinião para sistemas que respondem a questões da forma: "O que *X* pensa sobre *Y*?".

A complexidade varia em cada nível de classificação promovendo o crescimento de pesquisas e a necessidade de formalização do problema científico, para direcionar diferentes trabalhos na área. São muitas as aplicações, Pang e Lee (2008) destacam no contexto político em busca de intenções de votos, nos negócios para capturar satisfação de clientes com produtos, no governo para delinear a opinião pública sobre um projeto e no mercado financeiro.

Trabalhos aplicam recuperação da informação na web, mineração de opiniões e análise de sentimento ao mercado de ações em busca de correlação entre o movimento dos preços e a expectativa dos investidores em relação aos eventos, fatos e notícias sobre determinada empresa. Bollen *et al.* (2011) utilizaram um sistema semi-automático de mineração de opiniões para determinar sentimentos específicos como tensão, confusão, vigor e fadiga a partir do microblog Twitter e encontraram correlação com períodos do índice americano Dow Jones.

Das e Chen (2007) desenvolveram um Índice de Sentimento a partir de métodos híbridos para a extração de opiniões sobre ações de fóruns utilizando cinco algoritmos com metodologia diferente de classificação de mensagens: *Naive Classifier, Vector Distance Classifier, Description-Based Classifier, Adjective-Adverb Phrase Classifier* e *Bayesian Classifier*. O método foi aplicado para 24 ações do setor de tecnologia da bolsa americana que compõem o Índice MSH (Morgan Stanley High-Tech Index) em 145.110 mensagens publicadas no período de Julho a Agosto de 2001. Os resultados mostram uma relação significativa entre o Índice de Sentimento e o Índice MSH normalizados, entretanto, aponta que é difícil inferir um poder preditivo do Índice de Sentimento em movimentações diárias de ações individuais. O resultado do Índice de Sentimento para ações individuais não foi estatisticamente significativo.

Lopes et al.(2008) propõem uma aplicação no mercado brasileiro utilizando *PMI (Poitwise Mutual Information)* para extrair de notícias a opinião expressa sobre empresas listadas na BM&FBovespa como nível 1 em governança corporativa. Antweiler e Frank (2004) apresentaram forte relação entre volume de mensagens, volatilidade e volume de negócios em ações da bolsa americana. Gerow e Keane (2011) mostram resultados de análise de ocorrências de determinados verbos e substantivos em relatórios financeiros publicados na web pelo New York Times, Financial Times e BBC, indicando sua relevância para rastrear movimentos do índice Dow Jones e para previsão de bolhas. Wolfram (2011), com técnicas de processamento de linguagem natural, conclui que a extração de dados do microblog Twitter promove uma vantagem pequena, mas significativa para a previsão de mercados.

A maioria destes trabalhos são aplicações no mercado americano e têm como foco um índice e não ações individuais, bem como não procuraram explicar evidencias de fenômenos como exterioridade de rede e efeito manada, mas se concentram em predição de movimentação de preços. A aplicação proposta em (LOPES *et al.*, 2008) é para o mercado brasileiro, mas considera a mineração em notícias e não incluem veículos onde estão expressas opiniões do público em geral. Wolfram (2011) considera a periodicidade intradiária e é restrito ao microblog Twitter.

Estas considerações sugerem novas pesquisas na área, que se fundamentam em conceitos de economia da informação e tratamento estatístico adequado.

IV. ECONOMIA DA INFORMAÇÃO

Shapiro e Varian (2003) ressaltam que a Economia da Informação, movida pela economia de rede, baseada em grandes redes virtuais, possui um efeito denominado exterioridade de rede. As exterioridades surgem quando um participante do mercado afeta outros gerando um *feedback* positivo ou negativo. Shapiro e Varian (2003) apresentam exemplos de *feedback* para aparelhos eletrônicos, mas trazendo para o mercado de ações, e considerando que os investidores usufruem cada vez mais do avanço da tecnologia da informação com ferramentas de recuperação e disseminação da informação em grandes redes virtuais formadas por blogs, microblogs e redes sociais sobre investimentos, temos um ambiente suscetível à propagação de *feedbacks* e cenário propício ao efeito manada.

Mineração de opiniões em mensagens publicadas na web surge como uma alternativa para estudar o fenômeno da exterioridade de rede e sua relação com efeito manada. Entretanto, antes desta tarefa que exige avanços na computação diante da ambiguidade da língua, ruídos nos dados, e outros desafios para extração semântica em dados textuais, é importante verificar se uma busca sintática é capaz de evidenciar exterioridade de redes e sua relação com efeito manada. E se a ocorrência na web reflete a atividade de investidores em um tema denotado por uma ou mais palavras ou termos específicos.

Neste sentido, pretende-se neste trabalho verificar se há uma relação entre a atividade de investidores na web e reflexos no mercado, antes de extrair expectativa positiva, negativa ou neutra dos investidores.

V. PROCEDIMENTOS

O trabalho verifica se o aumento de ocorrência e procura de termos na web, referentes às ações de uma empresa, tem relação com a atividade dos investidores e possível exterioridade de rede contribuindo para efeito manada observado no ativo.

ISSN 1809-3957

O foco é a empresa Mundial S.A. para a qual foi observada uma variação anormal de preço e volume de negócios em um determinado período no ano de 2011. Portanto o trabalho não busca uma generalização, mas sim um estudo de caso.

O termo utilizado para busca de ocorrências é o código que representa a ação da empresa na BM&FBovespa. Assim, o trabalho descreve a variação anormal de volume de negócios de uma ação através da variação da ocorrência e pesquisas pelo código da ação na web. Três fontes foram consideradas para compor o dado proveniente da web sobre a empresa em 2011:

- Ocorrências do código em dois fóruns de destaque nacional específicos sobre ações;
- Número de consultas pelo código realizadas através da máquina de busca do Google;
- Resultado da consulta pelo código feita na máquina de busca do Google;

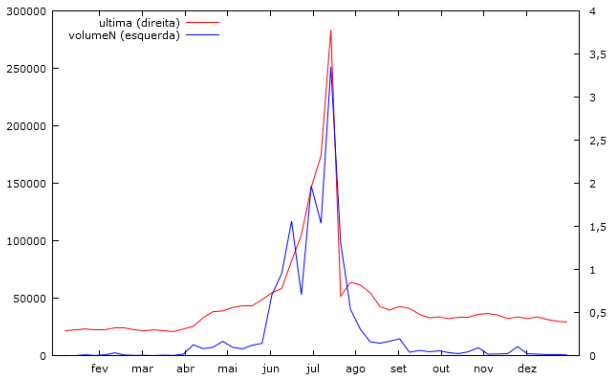
O volume de negócios foi considerado por representar diretamente a atividade dos investidores no ativo.

O experimento foi dividido em 3 etapas principais que compreendem coleta, tratamento e análise dos dados. As próximas seções descrevem as etapas.

Levantamento de Dados da Empresa

A Mundial S.A. é uma empresa do setor de Tecidos, Vestuário e Calçados, subsetor Acessórios. Suas ações preferenciais são negociadas na BM&FBovespa desde 2007 representadas pelo código MNDL4. O gráfico apresentado na Figura 1 mostra a variação de preços (ultima) e volume de negócios (volumeN) no ano de 2011.

Figura 1- Variação de preço e volume em MNDL4



Nota-se uma alta acentuada com início no mês de abril e ponto máximo no mês de julho, voltando à estabilidade após uma queda abrupta em julho. Percebe-se também que o volume de negócios aumenta no mesmo período, e tem seu ponto máximo alguns dias antes da queda.

O gráfico representa a série temporal com variação de preços disponível publicamente no site da BM&FBovespa, ajustada para dividendos e desdobramentos. O dado utilizado para o experimento é a série semanal, onde o preço é representado pelo fechamento do último dia de pregão da semana, e o volume é a soma do volume de negócios na semana.

É explicita a convergência das curvas de volume de negócios e preços. Percebe-se que há um aumento de volume em fevereiro e um aumento súbito mais significativo no início de abril. Visualmente percebe-se também que o aumento súbito no preço tem início em seguida, meados de abril. A partir daí segue uma movimentação abrupta com ponto máximo em julho, tanto no volume quanto no preço. Este fenômeno é o foco de estudo deste trabalho.

O balanço patrimonial, demonstrativo de resultados trimestrais do ano e outros indicadores usados em análise fundamentalista não apresentam variações significativas que justifiquem a variação apresentada no período em questão, conforme dado disponível em: http://www.fundamentus.com.br/balancos.php?papel=MNDL4&tipo=1.

Houve variação negativa significativa no Resultado Financeiro do segundo para terceiro trimestre, porém a dimensão de variação nos indicadores do 2º para o 3º trimestre de 2011, período onde ocorreu a variação anormal no preço e volume, ocorreu em outros momentos sem impactar da mesma forma.

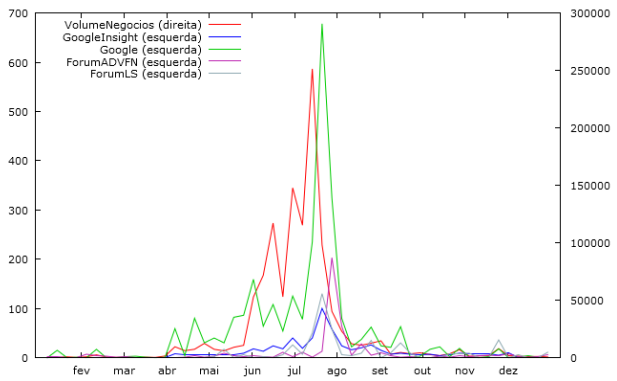
Dados da Web

O dado extraído da web para o estudo é a ocorrência do termo MNDL4 em três diferentes fontes: site de pesquisa Google, Google Insight e fóruns sobre ações. No caso do Google, é o resultado de uma pesquisa pelo termo MNDL4 em sua máquina de busca, classificado por data, entre 01/01/2011 e 31/12/2012. A pesquisa retornou 2620 resultados: links onde o termo aparece (sites de notícias, blogs, fóruns, etc) e a data de publicação.

Também foram pesquisados os fóruns principais dos sites www.leandrostormer.com.br (1) e www.advfn.com (2), ambos com mais de setenta mil membros cadastrados e milhares de mensagens publicadas diariamente. Foi realizada uma busca pelo termo MNDL4 nestes fóruns. Os resultados contem cada tópico onde ocorreu o termo e os respectivos comentários gerados pelo tópico, no ano de 2011. O resultado é composto por 413 manifestações de investidores sobre o tema no fórum (1) e 458 ocorrências do termo no fórum (2).

Foi desenvolvido um algoritmo para buscar e contar de forma automática as ocorrências por dia nos resultados das pesquisas, exibido em HTML, e gerar as séries temporais ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Séries com ocorrências extraídas da web.



O dado consultado pelo Google Insight representa o número de pesquisas pelo termo MNDL4 realizadas em 2011 pelo buscador do Google em relação ao número total de pesquisas pelo termo ao longo do tempo. Os dados são normalizados e disponibilizados no site: http://www.google.com/insights/search/#q=mndl4&date=1%2F2011%2012m&cmpt=q.

Todas as séries são semanais, cada semana representada pelo valor de fechamento do último dia de

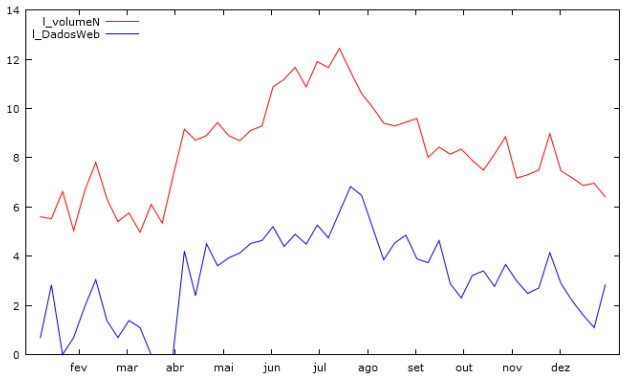
ISSN 1809-3957

pregão da semana. As mensagens publicadas são contadas de sábado a sexta-feira.

Tratamento dos Dados

As séries temporais foram somadas e a série resultante representa a frequência total do termo na web em diferentes meios no ano de 2011. A série resultante foi suavizada por logaritmo assim como a série com o volume de negócios, apresentadas na Figura 3 respectivamente como l_volumeN e l_DadosWeb.

Figura 3: Séries suavizadas por logaritmo.



O modelo tem como variável dependente o volume de negócios e variável independente os dados da web. Portanto, temos a equação (1):

$$VN = \alpha + \beta\ WEB + u \qquad (1)$$

Onde, em (1), VN é o volume de negócios e WEB representa as ocorrências do termo MNDL4 na web.

Os problemas comuns em séries temporais são heterocedasticidade e autocorrelação, uma vez que o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) é afetado por autocorrelação serial, a equação foi ajustada pelo modelo de ajuste linear Cochrane-Orcutt para correlação serial.

VI. RESULTADOS

Para a análise estatística foi utilizado o software GRETL, gratuito e disponível para download em: http://sourceforge.net/projects/gretl/files/latest/download.
O resultado da aplicação do modelo é exibido na Tabela 1:

Tabela 1 – "Cochrane-Orcutt" usando as observações 2011/01/14-2011/12/30 (T = 51). Variável dependente: 1, Volume N rho = 0,838549

	Coeficiente	**Erro Padrão**	**Razão-t**	**p-valor**
Const	7,43071	0,801406	9,2721	<0,00001
l_DadosWeb	0,294418	0,104164	2,8265	0,00679

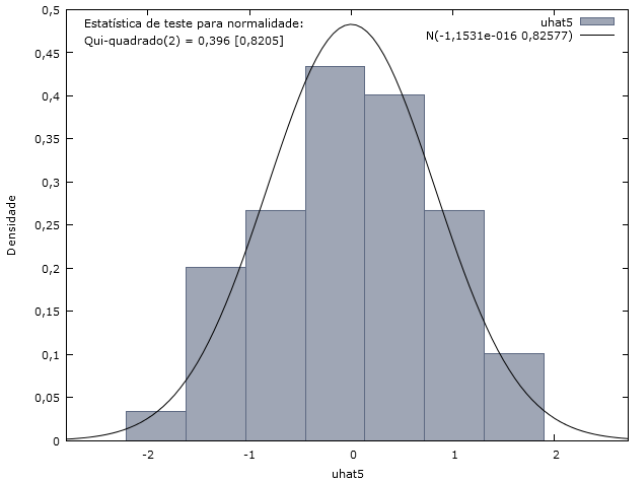
Estatísticas baseadas nos dados Rô-diferenciados:

Média dependente	var. 8,364763	D.P. dependente	var. 1,923055
Soma Quadrados	resíd. 33,41310	E.P. da regressão	0,825772
R-quadrado	0,819576	R-quadrado ajustado	0,815894
F(1, 49)	7,989003	p-valor(F)	0,006794
Rô	-0,245255	Durbin-Watson	2,395230

Os resultados mostram que o modelo pode ser explicado pela variável independente em 81,95% dos casos (R^2 = 0,819576) com nível de significância aceitável dado pelo teste F = 7,9890003 e sem autocorrelação conforme teste de Durbin-Watson na região de aceitação: 2,395230. Os parâmetros são estatisticamente diferentes de zero e compõem a equação: VN = 7,4 + 0,29WEB

O teste de normalidade dos resíduos aponta que o erro tem distribuição normal conforme ilustra Figura 4, com hipótese nula: "o erro tem distribuição normal" e estatística: Qui-quadrado(2) = 0,395677, com p-valor = 0,820502.

Figura 4: Normalidade dos resíduos.



VII. CONCLUSÃO

A análise mostra evidencia empírica significativa da relação entre os dados extraídos da web e variação anormal de volume de negociações das ações preferenciais da empresa Mundial S.A. no período estudado. A correlação resultante do modelo indica uma explicação expressiva do movimento pelos dados extraídos da web, o que valida a utilização do volume de procura pelo código da empresa na web medido pelo Google Insight, de ocorrências do código na web resultado de busca no Google e em fóruns específicos sobre investimentos em ações.

A contagem de ocorrências e procura por termos sugere exterioridade de rede, não de forma explicita com polaridade do *feedback*, o que suscita novos trabalhos utilizando mineração de opiniões e análise textual, mas consideramos suficiente para ser um dos fatores que evidenciam o efeito manada no caso estudado. Desta forma a metodologia utilizada se mostrou satisfatória para delinear o cenário de sua eminência em um ativo de baixa liquidez no mercado brasileiro. O trabalho contribui como uma abordagem que considera fatores comportamentais.

O resultado encontrado justifica ampliar o estudo para outras empresas, negociadas na BM&FBovespa, que tiveram variação anormal no preço das ações em circunstâncias semelhantes, na busca pela possibilidade de generalização da metodologia e explicação do fenômeno com componentes comportamentais que servirão de base também para construção de ferramentas para complementar análise de mercados. Exige também aprimorar a metodologia de extração de dados na web, pela inclusão de mais fontes de dados e técnicas que considerem os avanços em mineração de opiniões.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. P. *O comportamento manada em mercados acionários latino-americanos*. (2011). [dissertação], Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

ANTWEILER, W.; FRANK, M. Z. Is all that talk just noise? The information content of internet stock message boards. *The Journal of Finance*, v. 59, n. 3, p. 1259-1294, 2004.

BOLLEN, J. *et al.* Modeling public mood and emotion: Twitter sentiment and socio-economic phenomena. In: Proceedings of the Fifth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. 2011. p.450-453.

BORGES, C. A. F. *et al.* Hipótese da Eficiência de Mercado: Um Estudo Exploratório no Mercado de Capitais Brasileiro. *Gestão & Regionalidade*, v. 25, n. 75, 2010.

CHOI, Y. *et al.* Identifying sources of opinions with conditional random fields and extraction patterns. In: Proceedings of the conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing. Association for Computational Linguistics, 2005. p.355-362.

CONT, R.; BOUCHAUD, J.-P. Herd behavior and aggregate fluctuations in financial markets. *Macroeconomic dynamics*, v. 4, n. 2, p. 170-196, 2000.

DAMODARAN, A. *Mitos de Investimentos*. 1. ed.: Financial Times BR, 2006. p.

DAS, S. R.; CHEN, M. Y. Yahoo! for Amazon: Sentiment extraction from small talk on the web. *Management Science*, v. 53, n. 9, p. 1375-1388, 2007.

DAVE, K. *et al.* Mining the peanut gallery: Opinion extraction and semantic classification of product reviews. In: Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web. ACM, 2003. p.519-528.

DEY, L.; HAQUE, S. M. Opinion mining from noisy text data. *International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR)*, v. 12, n. 3, p. 205-226, 2009.

FAMA, E. F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.

GEROW, A.; KEANE, M. T. Mining the web for the voice of the herd to track stock market bubbles. In: Proceedings of the Twenty-Second international joint conference on Artificial Intelligence-Volume Volume Three. AAAI Press, 2011. p.2244-2249.

KUTCHUKIAN, E. *O efeito manada nos fundos de investimento no Brasil: um teste em finanças comportamentais*. (2010). Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2010.

LIU, B. Sentiment analysis: a multifaceted problem. *IEEE Intelligent Systems*, v. 25, n. 3, p. 76-80, 2010.

LOPES, T. J. P. *et al.* Mineração de Opiniões aplicada à Análise de Investimentos. In: Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web. ACM, 2008. p.117-120.

NAKAGAWA, R.; UCHIDA, H. Herd Behaviour by Japanese Banks after Financial Deregulation. *Economica*, v. 78, n. 312, p. 618-636, 2011.

PANG, B.; LEE, L. Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and trends in information retrieval*, v. 2, n. 1-2, p. 1-135, 2008.

ROSTAGNO, L. *et al.* Estratégias de Valor e de Crescimento em ações na Bovespa: uma análise de sete indicadores relacionados ao risco. *Revista de Contabiliade e Finanças*, v. 42, p. 7-21, 2006.

SCHARFSTEIN, D. S.; STEIN, J. C. Herd behavior and investment. *The American Economic Review*, p. 465-479, 1990.

SHAPIRO, C.; VARIAN, H. R. *A economia da informação: como os princípios econômicos se aplicam à era da internet*. Tradução de INOJOSA, R.: Editora Campus Ltda., 2003. p.

TURNEY, P. D. Thumbs up or thumbs down? Semantic orientation applied to unsupervised classification of reviews. In: Proceedings of the 40th annual meeting on association for computational linguistics. Association for Computational Linguistics, 2002. p.417-424.

WILSON, T. *et al.* OpinionFinder: A system for subjectivity analysis. In: Proceedings of HLT/EMNLP on Interactive Demonstrations. Association for Computational Linguistics, 2005. p.34-35.

WILSON, T. *et al.* Just how mad are you? Finding strong and weak opinion clauses. In: Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence. Menlo Park, CA; Cambridge, MA; London; AAAI Press; MIT Press; 1999, 2004. p.761-769.

WOLFRAM, M. S. A. *Modelling the Stock Market using Twitter*. ed. 2011.

YU, H.; HATZIVASSILOGLOU, V. Towards answering opinion questions: Separating facts from opinions and identifying the polarity of opinion sentences. In: Proceedings of the 2003 conference on Empirical methods in natural language processing. Association for Computational Linguistics, 2003. p.129-136.

IX. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

MEIOS DE HOSPEDAGEM DO MUNÍCIPIO DE FERREIRA GOMES, AMAPÁ, BRASIL

HEITOR GOMES DOS SANTOS[1]; BRENO MARQUES DA SILVA E SILVA[1]; LUZIMAR REVELLO AZEVEDO[1]
1 –Universidade do Estado do Amapá (UEAP)
silvabms@hotmail.com.br

Resumo - No Estado do Amapá cresce cada vez mais a demanda por meios de hospedagens. Uma das dificuldades do setor turístico é o desconhecimento da oferta de vagas nos hotéis, pousadas e cama e café. O presente trabalho tem como objetivo avaliar os meios de hospedagens no município Ferreira Gomes, Amapá, Brasil. Para avaliação dos meios de hospedagens, foi aplicado questionário estruturado abordando vários temas relacionados aos hotéis, pousadas e cama e café (15 meios de hospedagens). Foram incluídos no diagnóstico, os meios de hospedagens que disponibilizavam vagas, independente da quantidade. Apenas quatro entre os 10 meios de hospedagens estão inscritos no CADASTUR, conforme exigido pela atual legislação. As mudas são produzidas com baixa diversidade de espécies, predominância de sacos de plásticos como recipiente e pouco controle técnico e gerencial sobre a produção. Os dados demonstram que a atividade ainda tem muito a evoluir no município de Ferreira Gomes, sendo necessárias políticas públicas visando fortalecer os meios de hospedagens já existentes, estimular o turismo e, consequentemente, a demanda por meios de hospedagens.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Turismo é um dos setores da economia que vem se destacando cada vez mais no contexto sócio-econômico. As atividades turísticas devem ser planejadas de forma sustentável, visando atrair, receber e acolher o turista, proporcionando-lhe bem-estar, garantindo lhe segurança e satisfação. A atividade turística requer uma infra-estrutura básica como estradas, meios de transporte, água, esgoto. Exige, também, uma estrutura específica para servir de apoio ao turista em sua estada: os meios de hospedagem. Incluem-se, neste setor, pousadas, albergues, motéis, flats, apart-hotéis, hotéis, dentre outros empreendimentos de diferentes categorias que variam desde unidades mais simples às mais elegantes e sofisticadas, atendendo aos mais variados perfis de turistas. São estruturas que acolhem o viajante e devem buscar a sua satisfação por meio de seus serviços. Tanto que o nível do atendimento oferecido ao turista pelos meios de hospedagem pode ser um fator decisivo para sua opção em retornar ao local visitado. As estruturas hoteleiras, que podem ser sintetizadas como "casas de hospitalidade", oferecem aos turistas bens intangíveis que se traduzem em descanso, bem-estar, conforto, cortesia e segurança (Ávila e Valadão-Júnior, 2006).

As empresas de hospedagem desempenham, então, o papel de grandes aliadas ao desenvolvimento turístico. São responsáveis por dar suporte ao turista, acolhendo-o e concedendo-lhe estadia e alimentação pela sua estrutura física e de funcionários que devem ser engajados na tarefa de bem-servir. As palavras de Castelli (2001) fundamentam este argumento: A indústria hoteleira não pode mais ser considerada como uma atividade marginal, mas como um elemento de grande significado dentro de uma estratégia e de uma política do desenvolvimento turístico de uma região ou país. Efetivamente não existe, hoje em dia, desenvolvimento turístico, comercial ou industrial sem uma hotelaria forte, tanto em seus aspectos de confortabilidade como naqueles referentes à qualidade dos serviços, através de mão-de-obra especializada.

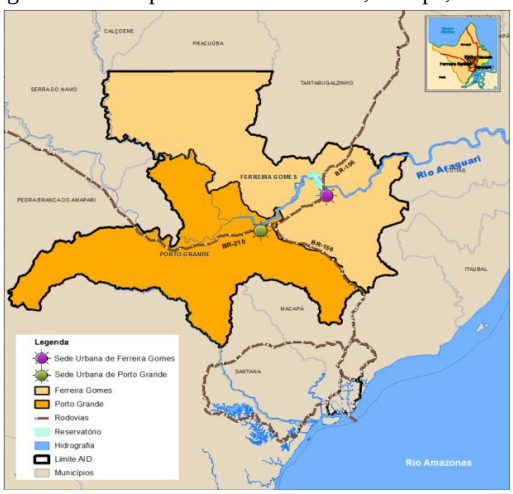
Andrade *et al* (2001) afirmam, sob ponto de vista mercadológico, que a evolução da hotelaria, sendo a espinha dorsal do Turismo, passou a trabalhar a demanda por segmentos de mercado, processo que mostrou ser mais adequado para a orientação do crescimento hoteleiro.

Para a definição de ações, investimentos e políticas públicos do Setor de Turismo em Ferreira Gomes, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os meios de hospedagens no município Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.

II. PROCEDIMENTOS

Durante o julho de 2014 a junho de 2015, o diagnóstico da rede de meios de hospedagem foi realizado no municípios de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil (Figura 1). As florestais de terra firme são a fitofisionomia dominante. Entretanto, há ocorrência floresta de várzea, floresta de transição e cerrado em Ferreira Gomes e Porto Grande, Amapá, Brasil (IEPA, 2008).

Figura 1. Município de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil



Fonte: ECOTUMUCUMAQUE (2013).

ISSN 1809-3957

O clima é caracterizado por temperatura elevada com médias anuais em torno de 28° C. As menores temperaturas ocorrem nos meses de junho e julho (22°C) e as maiores nos meses de setembro a novembro (30°C). A média de precipitação pluviométrica é de 2.700 mm, sendo o período mais chuvoso de dezembro a julho. A umidade relativa é alta, com médias de 85% (INMET, 2012). A cobertura vegetal do Amapá permite o estabelecimento de quatro regiões ecológicas distintas, sendo: floresta densa tropical, formação pioneira, cerrados e floresta de transição. Os solos do Amapá de forma geral são ácidos e de baixa fertilidade, e as classes de maior representatividade são: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Gleissolos (ALVES; ALVES ;MOCHIUTTI, 1992).

A localização e o verificação dos registros dos meios de hospedagem foi realizada por meio de consulta ao CADASTUR (Sistema Cadastro Nacional de Turismo) do MTur (Ministério do Turismo), SETUR (Secretaria de Estado do Turismo) e Secretaria Municipal de Turismo de Ferreira Gomes (SEMTur).

Para o diagnóstico, foram considerados apenas os meios de hospedagem que atendem ao público, independente das acomodações, desde que sejam permanentes, ou seja, possuem atendimento regular, contínua ao longo dos anos.

Para a localização e caracterização dos demais meios de hospedagem, foi empregado o método de *snowball sampling* (bola de neve) (COLEMAN, 1958).

Durante as visitas aos meios de hospedagem, foram realizados os registros fotográficos da infra-estrutura e entrevistas com o responsável/gerente e/ou proprietário, utilizando um questionário estruturado por áreas temáticas relacionadas à cadeia produtiva do turismo (Anexo I).

A tabulação e a análise descritiva dos dados coletados com os questionários foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel 2010. Para as análises descritivas, foram avaliadas as variáveis qualitativas e quantitativas, sendo calculado as porcentagens, média, soma e respectivos desvios padrões (ZAR, 1999).

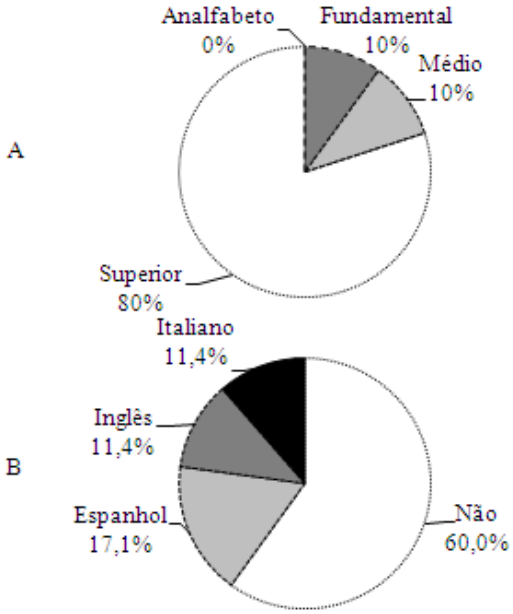
Em seguida, a interpretação dos resultados foi baseada em bibliografia técnica e científica sobre os meios de hospedagem no Brasil (BRASIL, 2008/2010).

III. RESULTADOS

Em Ferreira Gomes, os meios de hospedagens eram compostos por dois hóteis e 13 pousadas. Entretanto, 1/3 dos meios de hospedagem estavam alugados para o uso direto e/ou indireto da Hidrelétrica da Ferreira Gomes Energia S/A. Dos demais 2/3 dos meios de hospedagem, apenas 40% estavam registrados no CADASTUR, de acordo com Brasil (2008/2010).

A maioria dos meios de hospedagens eram gerenciados por portadores de nível superior. Entretanto, 60% dos proprietários e/ou colaboradores dos meios de hospedagens não apresentaram domínio de outros idiomas e, os demais 40%, dominavam aproximadamente 17,1, 14,2 e % o espanhol, inglês e italiano, respectivamente (Figura 2).

Figura 2. A. Escolaridade dos proprietários. B. Domínio de idioma pelos proprietários e/ou colaboradores dos meios de hospedagens de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.



Cerca de 64 pessoas (proprietários e/ou colaboradores) trabalharam diretamente nos dez meios de hospedagens localizados em Ferreira Gomes, sendo que todos mantiveram recepcionista (proprietários e/ou colaboradores) e camareira, assim como, na maioria dos mesmos havia lavadeira (60%). Enquanto, apenas 30% disponibilizaram copeiro/garçon e/ou cozinheiro.

Apesar da falta de incentivo e de acesso aos recursos financeiros em órgãos de fomento e de treinamento proporcionados por órgãos federal, estadual e/ou municipal (Figura 3), os meios de hospedagem apresentaram cerca de 185 acomodações e aproximadamente 555 vagas, sendo que todos disponibilizavam quarto de casal, bem como, a maioria dos mesmos mantinham quarto duplo (90%), quarto triplo (80%) e quarto simples (70%). No entanto, somente 40% de meios de hospedagens apresentavam ao menos uma de suas acomodações com acessibilidade, de acordo com MTur (2011). Da mesma forma, Silva e Gonçalves (2006) observaram, em Balneário Camboriú (SC), um grande despreparo dos empresários, gerentes e funcionários daquela parcela de informantes escolhida para esta pesquisa, bem como a falta de projetos de construção adaptados à recepção de pessoas com necessidades especiais.

De acordo com Aldrighi (2007), uma das formas de estabelecer o valor de uma empresa é por intermédio da percepção dos clientes e que ela esta relacionada a performance pessoal do colaborador, já que tratamos de uma prestação de serviço, os meios de hospedagem precisam treinar as equipes para ser profissional, introduzido conceitos de qualidade e de hospitalidade, sem padronizar em excesso, perdendo assim a naturalidade do acolhimento.

A presença de banheiro e estacionamento estavam presentes em todos os meios de hospedagens. Entretanto, os meios de hospedagens com piscina, bar, lanchonete, restaurante, quadra de esportes, sala de ginástica e sala de jogos eram poucos em Ferreira Gomes (Tabela 1). De acordo com o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (2000), o hotel é um prestador de serviço, com fornecimento de hospedagem, segurança, alimentação e demais serviços inerentes ao bem receber,

ISSN 1809-3957

assim dispõe, atualmente, não só de hospedagem e café da manhã, mas diversos serviços que agregam valor, tais como, restaurantes, *room-service*, eventos, *spas*, dentre outros. Estes serviços possibilitam que o hóspede passe mais tempo no empreendimento e usufrua de diversos serviços em um mesmo ambiente.

Tabela 1. Infraestrutura de uso comum dos meios de hospedagem de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.

Instalações	Frequencia (%)
Banheiro	100,0
Bar	30,0
Churrasqueira	70,0
Estacionamento	100,0
Guarda bagagens	10,0
Lanchonete	30,0
Piscina	30,0
Quadra de esportes	10,0
Recepção	70,0
Restaurante	30,0
Sala de ginástica	20,0
Sala de jogos	10,0

A presença de ar-condicionado, atador de rede, chuveiro elétrico e televisão estavam presentes em todos os meios de hospedagens. Entretanto, os meios de hospedagens com ducha higiênica e telefone eram poucos em Ferreira Gomes (Tabela 2).

Tabela 2. Equipamentos dos quartos dos meios de hospedagem de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.

Equipamentos	Frequencia (%)
Ar-condicionado	100,0
Atador de rede	100,0
Chuveiro elétrico	100,0
Ducha higiênica	10,0
Frigobar	90,0
Internet	60,0
Telefone	30,0
Televisão	100,0

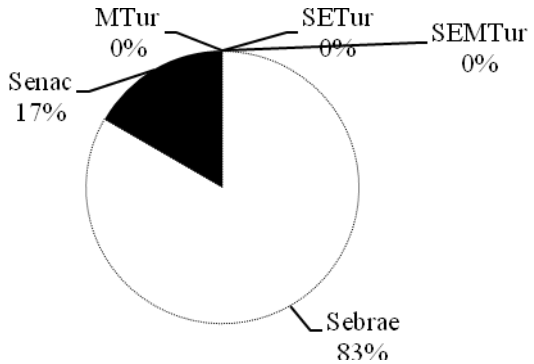
Em Ferreira Gomes, a maioria dos meios de hospedagens disponibilizam café da manhã. Entretanto, a minoria disponibiliza almoço e/ou jantar (Tabela 3). Provavelmente, a baixa disponibilidade do serviço de alimentação esteja relacionada com a pequena infraestrutura de restaurante (Tabela 1) e a presença de cozinheiro (30%). De forma semelhante, de acordo com Cruz e Borges (2006), 100% dos meios de hospedagens de pequeno porte de Águas de São Pedro (SP) não servem refeições (almoço e/ou jantar), adotando somente o regime de café da manhã.

Tabela 3. Serviços disponibilizados pelos meios de hospedagem de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.

Serviços	Frequência (%)
Almoço	20,0
Café	70,0
Garçon	20,0
Jantar	20,0
Lavanderia	60,0
Passeio de ecoturismo	10,0
Telefonia	10,0

A minoria dos meios de hospedagens de Ferreira Gomes ofereceram serviços de garçon, telefonia e passeios turísticos (Tabela 3). Paradoxalmente, Ferreira Gomes está localizada as margens do Rio Araguari e cercada pela Floresta Amazônica, o bioma com as maiores diversidades faunísticas e florísticas da Terra (IEPA, 2008; ECOTUMUCUMAQUE, 2013)(Figura 1). Desta forma, o potencial do ecoturismo é incomparável, porém a oferta de passeios turísticos é infinitamente inferior as possibilidades naturais de Ferreira Gomes.

Figura 3. Treinamento para os proprietários e/ou colaboradores dos meios de hospedagens de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.

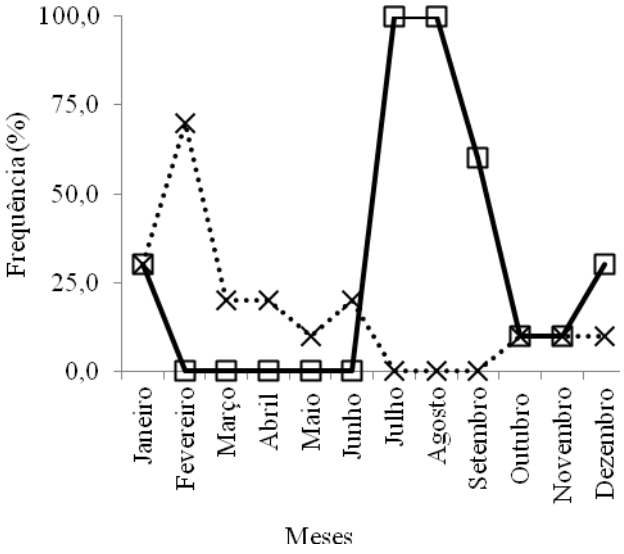


Durante o ano, os proprietários dos meios de hospedagens citaram apenas o Carnaguari, carnaval fora de época, realizado em agosto ou setembro, com apoio da Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes, Governo do Estado do Amapá e iniciativa privada de Ferreira Gomes, contribuindo para o aumento de turistas, pois a lotação total dos maios de hospedagens em Ferreira Gomes. Para diversos municípios e estados brasileiros, o turismo de eventos são importantes, pois ao atrair pessoas de outras cidades, estão incentivando a economia e enriquecendo a vida cultural (COUTINHO e COUTINHO, 2007). De acordo com Silva (2003), em um momento que é necessário contornar os efeitos da 'alta e baixa estação', visando fomentar o turismo em diferentes épocas do ano, para existir um maior equilíbrio da demanda, o Turismo de Eventos apresenta-se como uma solução ideal para os destinos turísticos.

Os meses de alta estação para os meios de hospedagens de Ferreira Gomes estavam entre julho e setembro e, em seguida, janeiro e dezembro. Enquanto, o mês de baixa estação foi fevereiro e, em seguida, o mês de janeiro (Figura 4). Em dezembro, janeiro e julho, a alta estação está relacionada com o período de férias. Enquanto, a alta em agosto e dezembro se deve ao Carnaguari.

ISSN 1809-3957

Figura 4. Alta (□) e baixa (×) estação para os meios de hospedagens de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil.



A divulgação da maioria dos meios de hospedagens estavam restritas a comunicação pessoal (100%) e distribuição de folhetos (70%). Apesar do custo baixo e divulgação maciça nas mais diversas classes sociais, somente 30% dos meios de hospedagens de pequeno porte se utilizavam da internet para a propagação e divulgação de seus estabelecimentos e serviços. Ao contrário, a internet é o principal meio de divulgação dos Águas de São Pedro (SP) (CRUZ e BORGES, 2006).

IV. CONCLUSÃO

A maioria dos meios de hospedagens não atendem as normais do Ministério do Turismo do Brasil.

O Carnaguari é o único evento atrator de turistas para o aumento da lotação dos meios de hospedagens de Ferreira Gomes.

Julho, agosto e setembro são os meses com maiores lotações. Enquanto, fevereiro é o mês com menor lotação dos meios de hospedagens de Ferreira Gomes.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIGUI, M. **Meios de Hospedagem**. São Paulo: Aleph, 2007.

ALVES, R. N. B.; ALVES, R. M. M.; MOCHIUTTI, S. **Diagnóstico da agropecuária amapaense.** Macapá: Embrapa Amapá, 1992. (Documentos, 3)

ANDRADE, N.; BRITO, P.L.; JORGE, W.E. **Hotel: planejamento e projeto**. 2. ed. São Paulo: Senac, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HOTÉIS (ABIH). 2004. Disponível em: <http://www.abih.com.br/principal>. Acesso em: 25/07/2015.

ÁVILA, L.R.; VALADÃO-JÚNIOR, V.M. Estratégias de marketing nos meios de hospedagem: um estudo de multicasos no setor hoteleiro de Uberlândia - MG. **Turismo - Visão e Ação**, v. 8, n. 3 p. 379-396, 2006.

BRASIL. **Decreto. n. 7,381, de 2 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei n. 11.771, de 17 de setembro de 2008, que dispõe sobre a Política Nacional de Turismo, define as atribuições do Governo Federal no planejamento, desenvolvimento e estimulo ao setor turístico, e dá outras providencias. Brasília, Ministério do Turismo. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7381.htm> Acesso em: 27/07/2015.

BRASIL. **Lei n° 11.771 de 17 de setembro de 2008**. Dispõe sobre a Política Nacional de Turismo, define as atribuições do Governo Federal no planejamento, desenvolvimento e estímulo ao setor turístico; revoga a Lei no 6.505, de 13 de dezembro de 1977, o Decreto-Lei no 2.294, de 21 de novembro de 1986, e dispositivos da Lei no 8.181, de 28 de março de 1991; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 set. 2008. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11771.htm>. Acesso em: 27/07/2015.

CASTELLI, G.. **Administração hoteleira**. Caxias do Sul: EDUCS, 2007.

COLEMAN, J.S. Snowball sampling: problems and techniques of chain referral sampling. **Humam Organization**. v. 17, p. 28-36, 1958.

COUTINHO, H.P.M.; COUTINHO, H.R.M. Turismo de eventos como alternativa para o problema da sazonalidade turística. **Revista Eletrônica Aboré.** Ed. 03, p. 1-13, 2007.

CRUZ, M.A.A.; BORGES, M.P. Os meios de hospedagens de pequeno porte em Águas de São Pedro (SP) e sua importância para o mercado local. **Turismo - Visão e Ação**, v. 8, n. 2, p. 273-282, 2006.

ECOTUMUCUMAQUE. **Plano Básico Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Cachoeira Caldeirão.** v. 3. Programas Meio Sócio-econômico. 2013. 36p.

IEPA. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE**. Macapá: IEPA, 3ª edição 2008. 140p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia apresenta dados históricos sobre clima das principais cidades brasileiras. Disponível em: . Acesso em: 10 de julho de 2014.

SILVA, N.C. Turismo de eventos. **Revista Turismo**, Brasília, v. 3. p. 01- 06. Maio 2003.

SILVA, Y.F.; GONÇALVES, P.S. A estrutura hoteleira do Balneario do Camboriú para turistas portadores de necessidades especiais. **Turismo - Visão e Ação**., v. 8, n. 1, p. 9-29, 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

AS ETAPAS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO POR COMPETÊNCIAS: DIAGNÓSTICO DA EAD DA INSTITUIÇÃO "MAIS EDUCAÇÃO"

CÉLIA CARLI[1,2]; DURVAL CORDAS[2]
1 – INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ; 2 – CENTRO PAULA SOUZA
celinha.carli@gmail.com dcordas@terra.com.br

Resumo - A pesquisa que deu origem a este artigo teve por objetivo identificar os elementos fundamentais para proposição de um modelo de gestão por competências para uma instituição pública denominada no estudo de "Mais Educação". A metodologia utilizada foi o paradigma teórico proposto por Carbone, Brandão e Leite (2009); destacou-se o planejamento estratégico como fator importante para a implantação eficiente da gestão por competências. O estudo de caso do tipo qualitativo utilizou como métodos de coleta de dados a pesquisa em documentos institucionais, a pesquisa bibliográfica, observações pessoais e entrevista semiestruturada com servidores e funcionários terceirizados da educação a distância (EaD) da "Mais Educação". Apresentou, como resultado, o fato de, por ser uma instituição nova (cinco anos de existência), ainda faltarem algumas etapas a serem desenvolvidas para a implantação da gestão por competências; apesar de possuir um desenho de suas estratégias principais, a instituição carecia ainda da definição de ações importantes para a gestão por competências, como o mapeamento das funções dos servidores, a identificação das competências organizacionais, o mapeamento das competências individuais, para finalmente poder calcular o gap de competências existente na EaD da instituição. O trabalho possibilitou a abertura de caminhos para novas pesquisas dentro da instituição.

Palavras-chave: Competência individual. Competência organizacional. Planejamento estratégico.

I. INTRODUÇÃO

Com as grandes transformações sociais, econômicas e políticas que vêm ocorrendo no Brasil e no mundo e com o crescimento constante de novas tecnologias, o mundo corporativo e as instituições de ensino estão passando por grandes processos de mudança.

Neste cenário, a educação a distância (EaD) vem ganhando destaque. Para oferecer uma educação a distância de qualidade, a instituição deve estar preparada para esse mercado, com infraestrutura adequada e uma força de trabalho capacitada e motivada, apta a responder prontamente aos desafios que esse tipo de educação proporciona.

A área de gestão de pessoas tem um papel fundamental neste processo, uma vez que é responsável pelo desenvolvimento, pela captação e pela manutenção das pessoas nas instituições.

Diante desta realidade, no mundo organizacional e acadêmico estão sendo discutidos e implantados modelos de gestão por competências, que têm por finalidade alinhar os objetivos estratégicos da instituição com as ações da área de gestão de pessoas, tendo como foco atingir os resultados e as metas da organização.

A gestão por competências tem direcionado as políticas e práticas de recursos humanos (RH) em grande parte das organizações modernas, inclusive na esfera pública.

É o Decreto nº 5.707, de 23 de fevereiro de 2006, que institui a Política e as Diretrizes para o Desenvolvimento de Pessoal da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, e regulamenta dispositivos da Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990. Esse decreto descreve a gestão por competências como a *gestão da capacitação* orientada para o *desenvolvimento do conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias* ao desempenho das funções dos servidores (BRASIL, 2006).

A instituição que no estudo aqui relatado foi denominada "Mais Educação" foi criada em dezembro de 2008 por meio da Lei nº 11.892 (BRASIL, 2008). Atendia na época do estudo mais de 40 mil estudantes nos cursos de modalidade presencial e a distância, possuindo autonomia administrativa e pedagógica.

Na "Mais Educação" estava em desenvolvimento a execução e a gestão de projetos de EaD, aliados às novas tecnologias de informação e comunicação (TICs). Apresentou-se assim um terreno fértil para a implantação de sistemas de gestão administrativa e de gestão de pessoas. Como uma instituição nova, carecia ainda de pesquisas e práticas na áreas administrativa e de gestão de pessoas. Assim, foi objeto de um estudo de caso qualitativo, que abrangeu o período de dezembro de 2012 a dezembro de 2013, tendo como objetivo geral identificar os elementos fundamentais para a proposição de um modelo de gestão por competências para a "Mais Educação", utilizando o modelo teórico proposto por Carbone, Brandão e Leite (2009). O estudo foi realizado no âmbito do curso de pós-graduação MBA EaD Excelência em Gestão de Projetos e Processos Organizacionais do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, de São Paulo (SP), em convênio com o Programa Brasil Profissionalizado, do Setec/MEC.

A expressão "gestão por competências" refere-se a um modelo de gestão. Na literatura sobre o assunto, esse modelo recebe diferentes denominações, como "gestão de competências" (PRAHALAD; HAMEL, 2005), "gestão de desempenho baseada em competências" (SANTOS, 1999) ou "gestão de pessoas baseada em competências" (FLEURY; FLEURY, 2000).

Com a Revolução Industrial e o surgimento do taylorismo (caracterizado pela ênfase nas tarefas, objetivando o aumento da eficiência no nível operacional), o termo competência foi incorporado à linguagem organizacional, sendo utilizado para qualificar a capacidade

ISSN 1809-3957

de uma pessoa de desempenhar de maneira eficiente suas atividades.

As competências humanas ou profissionais são entendidas como combinações sinérgicas de conhecimentos, habilidades e atitudes, expressas pelo desempenho profissional em determinado contexto ou em determinada estratégia organizacional (CARBONE; BRANDÃO; LEITE, 2009).

Para Brandão e Guimarães (2001), a gestão por competências tem como objetivo orientar as medidas para planejar, captar, desenvolver e avaliar a organização nos níveis individual, grupal e organizacional, visando à obtenção dos objetivos organizacionais. Segundo os autores, a gestão por competências é um processo contínuo, partindo de uma etapa inicial que seria a formulação da estratégia organizacional; depois, definem-se os indicadores de desempenho no nível corporativo e metas, com base nos objetivos definidos na estratégia; e, por último, são identificadas as competências necessárias para a concretização dos objetivos organizacionais.

A partir dessas definições, pode-se afirmar que para o mapeamento das competências individuais faz-se necessária uma etapa preliminar.

Conforme Carbone et al. (2005), montar um modelo de gestão por competências em uma organização significa mapear as competências organizacionais e individuais que a organização precisa ter para superar seus desafios estratégicos.

Partindo das ideias destacadas, foram traçados os procedimentos metodológicos do estudo aqui relatado.

II. PROCEDIMENTOS

Com a finalidade de efetuar um diagnóstico do momento em que se encontrava a "Mais Educação" em relação à gestão por competências, foi realizado um estudo de caso, utilizando como técnica de coleta de dados a entrevista semi estruturada, a qual teve como público-alvo 30 professores, 6 técnicos administrativos e 50 funcionários terceirizados da EaD da "Mais Educação". O estudo foi realizado no período de dezembro de 2012 a dezembro de 2013. O modelo proposto por Carbone, Brandão e Leite (2009) serviu de base para o diagnóstico.

As entrevistas foram conduzidas no sentido de verificar, segundo a percepção dos servidores e funcionários terceirizados, o que precisaria ser feito para a proposição de um modelo de gestão por competências para a EaD da "Mais Educação".

Além da entrevista, foram utilizadas outras fontes de dados, como a consulta ao Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) e aos Relatórios de Gestão, a pesquisa bibliográfica e observações locais.

A pesquisa teórica baseou-se em vários autores que enfocam os conceitos da gestão por competências, como Prahalad e Hamel (2005) e Durand (1998), que fazem menção a competências organizacionais e humanas.

Também para Carbone, Brandão e Leite (2009), as competências podem ser classificadas como humanas — denominadas também individuais ou profissionais — e organizacionais, que se referem a atributos e capacidades da organização em sua totalidade ou de suas unidades produtivas.

Já Brandão e Guimarães (2001) afirmam que as competências humanas afetam as competências organizacionais e ao mesmo tempo são influenciadas por estas.

O estudo teve como base a teoria da competição baseada em competências. Segundo Carbone, Brandão e Leite (2009), essa teoria procura incorporar diferentes aspectos da administração que antes eram tratados de forma independente, como, por exemplo, a combinação da perspectiva dos processos organizacionais com as perspectivas sobre dotações de recursos.

Os autores entendem as competências humanas como combinações sinérgicas de conhecimentos, habilidades e atitudes expressas pelo desempenho profissional dentro de determinado contexto organizacional, que agregam valor a pessoas e organizações.

Segundo Zarifian (1999 apud CARBONE; BRANDÃO; LEITE, 2009), as competências humanas são reveladas quando as pessoas agem ante as situações profissionais com as quais se deparam.

Para Brandão e Guimarães (2001), a gestão por competências tem como objetivo orientar as medidas para planejar, captar, desenvolver e avaliar a organização nos níveis individual, grupal e organizacional, visando à obtenção dos objetivos organizacionais. Segundo os autores, a gestão por competências é um processo contínuo, partindo de uma etapa inicial que é a formulação da estratégia organizacional; depois são definidos os indicadores de desempenho no nível corporativo e metas com base nos objetivos definidos na estratégia; feito isso, são identificadas as competências necessárias para a concretização dos objetivos organizacionais.

Para Carbone et al. (2005), o passo inicial para a montagem de um modelo de gestão por competências em uma organização é o mapeamento das competências organizacionais e individuais de que a organização necessita para superar seus desafios estratégicos.

Segundo Brandão e Guimarães (2001), em seguida deve-se realizar o diagnóstico ou mapeamento das competências (organizacionais e humanas), devem ser identificadas as lacunas (*gaps*) existentes entre as competências necessárias à obtenção do desempenho esperado e as competências já disponíveis na organização.

O propósito principal de uma organização pública, como a que é objeto do estudo aqui relatado, é o desenvolvimento social, econômico e profissional do lugar em que está inserida. Para atingir seus propósitos, a organização pública deve tomar suas decisões baseadas em planejamento, o qual tem como base as informações do plano de governo. Para entender o planejamento estratégico no setor público, é necessário, assim, entender os conceitos de estratégia, planejamento, planejamento estratégico e administração estratégica.

Ansoff (1990) define estratégia como regras e diretrizes para decisões que orientem o processo de desenvolvimento de uma organização.

Já o planejamento, segundo Certo e Peter (2005), é o desenvolvimento sistemático de programas de ações destinados a alcançar os objetivos de negócios estabelecidos de comum acordo por meio da análise, da avaliação e da seleção das oportunidades previstas.

Quando se fala em estratégia é necessário entender que o planejamento no setor público é feito, como já dito, com base nas informações do plano de governo. O plano de governo serve como base para direcionar a criação do

ISSN 1809-3957

planejamento estratégico nas esferas municipal, estadual e federal.

Conforme Luz (2012), o motivo para que uma organização realize o planejamento estratégico está fortemente ligado a sua razão de existir, à razão de ser da organização.

Segundo Hannan e Freeman (1984 apud LUZ, 2012), as organizações são criadas para que sejam capazes de gerar produtos coletivos — isto é, que atendam às necessidades, aspirações e desejos de algum grupo social —, com uma dada qualidade e de forma repetida e confiável, e é preciso que obedeçam às instituições (regras e procedimentos) socialmente aceitas, para realizar sua ação organizacional.

Ainda segundo Luz (2012), essas duas qualidades das organizações — confiabilidade e responsabilidade social — determinam a relevância que uma organização possui para seu ambiente externo (contexto). Quanto maiores são sua confiabilidade e responsabilidade social, maior é essa relevância e, portanto, maior é sua sustentabilidade institucional.

A formulação de uma estratégia, do planejamento estratégico é essencial para que a organização mantenha sua relevância no ambiente em que está inserida.

Albrecht (1994 apud SIMÕES; BELEZIA; PETEROSSI, 2013) afirma que é necessário saber quem é a organização, no que ela é boa, qual é a sua lógica de negócios e qual é a sua premissa de criação de valor para o cliente, traduzindo tudo isso em uma visão de sucesso e em um caminho para chegar até ele, a missão da organização.

Para Luz (2012), as instituições de ensino atendem a vários grupos sociais, e têm o dever de primar pela qualidade, pela responsabilidade e pela confiabilidade do bem que fornecem à sociedade — a educação.

Segundo Albrecht (1994 apud SIMÕES; BELEZIA; PETEROSSI, 2013), a visão pode ser definida como uma imagem compartilhada daquilo que os atores de uma organização esperam que ela seja ou venha a ser, expressa em termos de sucesso aos olhos dos *stakeholders*[1], e a missão deve ser uma declaração simples e convincente de qual caminho é seguido para se chegar à visão, definindo-se quais são os clientes e os meios que a organização utilizará para entregar valor a eles.

Albrecht (1994 apud SIMÕES; BELEZIA; PETEROSSI, 2013) observa que os líderes devem levar as pessoas a aderirem à visão e à missão, e que essa é a premissa-chave para se atingirem os objetivos e as metas da organização; segundo o autor, é função do líder perceber os impactos que mudanças globais e locais provocam na organização e como esta deve reagir a elas, na velocidade demandada. Ele afirma, ainda, que poucos enunciados de visão e missão são verdadeiramente poderosos e significativos, não possuindo o poder de envolver as pessoas.

Para Prahalad e Hamel (2005, o gerenciamento por competências representa, assim, a redescoberta da possibilidade de a organização influenciar de maneira significativa o próprio sucesso, não apenas adaptando-se ao que ocorre em seu ambiente externo, mas também construindo internamente condições favoráveis à sua alavancagem.

[1] Qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou ser afetado pela conquista dos objetivos de uma empresa. Por exemplo: acionistas, credores, gerentes, empregados, consumidores, fornecedores, comunidade local e o público em geral (FREEMAN, 1998).

Com relação às organizações públicas, a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 165, criou o Plano Plurianual (PPA) e a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), os quais prescrevem o estabelecimento de objetivos, metas e prioridades para a administração pública, como regra a ser seguida por todas as organizações públicas, localizadas nas diferentes esferas e poderes.

O PPA e a LDO institucionalizaram as práticas de planejamento e gestão orçamentária, alavancadas pelos atos normativos formais. Também motivaram, no âmbito da gestão pública, o desenvolvimento do perfil gerencial e a disseminação do planejamento estratégico como ferramentas de gestão, as quais se difundiram e vêm sendo utilizadas pelas organizações públicas, em diversas instâncias, para garantir a conciliação entre os planos de ações setoriais e entre a estratégia governamental instituída e a consolidada pelo Estado.

III. RESULTADOS

Com base nos dados qualitativos, verificou-se que, de acordo com o PDI da “Mais Educação”, a relevância e a atualidade do planejamento estratégico governamental o caracterizam com um forte pilar no âmbito da governança pública, principalmente pelo momento atual e pelo cenário encontrado de necessidade de implantação dessa ferramenta em uma nova instituição pública de ensino, pesquisa e extensão, para facilitação do atendimento de compromissos, acordos e metas firmados com o Governo Federal.

Inicialmente, quando se fala de planejamento na “Mais Educação”, deve-se considerar, em exercícios anteriores, a elaboração de planos de gestão anuais, documentos estes que organizaram e alinharam metas da instituição, vinculando orçamento aprovado na Lei Orçamentária Anual a projetos da gestão e a políticas institucionais.

O projeto atual de construção do planejamento estratégico na “Mais Educação” iniciou-se em 2011 com a contratação de facilitador/consultor externo à instituição. Depois disso houve mudanças estruturais e de gestão que anestesiaram o seguimento das etapas. Em maio de 2012, o projeto foi retomado com considerável consistência e contínuo acompanhamento por sua pró-reitoria de planejamento e desenvolvimento institucional.

Neste sentido, na “Mais Educação” foi criado através de uma Portaria Interna um Comitê Estratégico Central, o qual definiu o modelo de implantação, construção de metodologia, desdobramento e acompanhamento do planejamento estratégico como uma fundamental ferramenta de gestão e planejamento transparente da instituição.

As etapas do projeto do planejamento estratégico na “Mais Educação” foram divididas em: *estratégica* (instituição como um todo), composta de diagnóstico institucional, identidade institucional, diretrizes organizacionais, objetivos estratégicos; *tático* (unidades), formado de objetivos, estratégias, projetos (orçamento) e planos de ação; *operacional*, relacionada a competências, procedimentos, fluxogramas, atividades.

No ano de 2012, a etapa consolidada e aprovada pelo conselho superior da instituição foi a identidade institucional.

Outra etapa iniciada em 2012, mas ainda em fase de execução, é o diagnóstico institucional. Os trabalhos já realizados e a perspectiva para os desdobramentos possuem vinculação e observância em competências constitucionais,

ISSN 1809-3957

legais ou normativas, como Constituição Federal, PPA, Lei 11.892/2008 (BRASIL, 2008), Termo de Acordos e Metas (TAM), Lei 9.394/96 (BRASIL, 1996), Acórdão 1.233/12 TCU-Plenário, IN 04/2010 MPOG e documentos institucionais (Regimento, Estatuto, PDI).

Na época do estudo, a instituição estava num novo momento de profissionalização da administração pública, com a obrigação da oferta de bens e serviços que atendessem cada vez mais e de forma mais plena à sociedade brasileira.

O planejamento estratégico apresentava-se como uma fase inicial na "Mais Educação", como alternativa para que esse novo modelo de profissionalização começasse a dar resultados.

Sendo o planejamento estratégico uma ferramenta das empresas privadas, ainda estava sendo adaptado às necessidades das instituições públicas, no qual era ainda um processo mais lento.

Na época da pesquisa, ainda estavam sendo definidas as diretrizes organizacionais e os objetivos estratégicos da "Mais Educação"; no nível tático, não havia definição de objetivos, estratégias, projetos e planos de ação para a Instituição. No nível operacional, ainda não havia o mapeamento de competências de cargos, procedimentos, atividades de trabalho. À época da pesquisa, a instituição contava com poucos servidores. Em dezembro de 2013 foi realizado novo concurso para suprir o quadro, que em muitas unidades era deficitário.

Com relação à EaD, observou-se que ainda não havia avanços nos objetivos e metas propostos. A EaD, em 2013, não possuía instalações adequadas, todos os projetos estavam sendo revistos, tendo ainda como agravante a demissão de 177 funcionários contratados por meio de organizações da sociedade civil de interesse público (Oscips), tendo os servidores efetivos, em número reduzido, de dar continuidade aos trabalhos realizados pelos funcionários demitidos.

Quanto ao quadro de metas e objetivos, não havia políticas para a área de gestão de pessoas da unidade. Também os objetivos e metas estabelecidos estavam mais voltados à implantação de sistemas informatizados, à área pedagógica e às relações externas; não estavam listados objetivos quanto ao desenvolvimento e à capacitação de competências das pessoas.

Observou-se também que a área de gestão de pessoas da instituição "Mais Educação" vinha implantando algumas ações, como programas de capacitação para servidores. No entanto, não ocorria a avaliação das competências individuais por cargo e nem a definição de competências organizacionais, tampouco o mapeamento das atividades que competem a cada cargo.

Também não havia alinhamento das ações da pró-reitoria de gestão de pessoas com os grupos de trabalho de gestão de pessoas existentes nas diversas unidades, como, por exemplo, na gestão de pessoas de sua diretoria de educação a distância.

Quanto às competências organizacionais, estas não se encontravam enunciadas em nenhum documento. Também em entrevista com servidores foi identificado que estes não sabiam relacionar quais seriam as competências organizacionais essenciais para que a instituição atingisse seus objetivos.

Embora o planejamento estratégico seja fundamental para a proposição da gestão por competências, pode-se observar que pelo fato de a instituição em estudo ser nova (tinha, na época apenas cinco anos de existência) ainda carecia do desenvolvimento de novos projetos institucionais. Tanto as estratégias quanto as metas precisavam ser redefinidas constantemente, a fim de levá-la a atingir seus objetivos.

Os objetivos estratégicos da área de gestão de pessoas também precisavam estar alinhados aos da instituição, que deveriam ser fruto de um planejamento estratégico de médio e longo prazo. Esse pensamento deveria permear todas as unidades, como exercício contínuo, necessitando da criação de uma cultura nesse sentido.

Como observa Drucker (1984, p. 133), o planejamento estratégico refere-se a um "processo contínuo de, sistematicamente e com maior conhecimento possível do futuro contido, tomar decisões atuais que envolvem riscos". Os riscos estão presentes em todos os ambientes organizacionais. Cabe aos gestores traçar os rumos das instituições.

Com relação à análise das respostas das entrevistas, realizadas com 30 professores, 6 técnicos administrativos e50 funcionários terceirizados da EaD da "Mais Educação", pôde-se inferir que a gestão por competências foi apontada como importante para levar a EaD a atingir seus objetivos, e que haveria um caminho ainda a ser percorrido.

IV. CONCLUSÃO

Com base no estudo, concluiu-se que seria necessária a definição prévia de alguns elementos fundamentais na organização para a proposição da gestão por competências, como a estratégia organizacional, a missão, a visão e os objetivos organizacionais, os indicadores de desempenho organizacionais e o diagnóstico das competências individuais e organizacionais.

Pode-se observar que o planejamento estratégico é a espinha dorsal da organização; sem um planejamento adequado , torna-se difícil a inserção de práticas novas e a proposição da gestão por competências.

Cabe aos gestores e aos servidores olharem para dentro da instituição a fim de enxergá-la em seus processos internos e relacionamentos externos, e repensarem suas práticas administrativas e de gestão.

Identificar em que fase do planejamento estratégico está a instituição e também as etapas que têm de ser percorridas para a proposição da gestão por competências na instituição "Mais Educação" apresentou-se como um começo.

O trabalho não se encerra aqui. É necessário o desenvolvimento de novos projetos que façam avançar as etapas para que o planejamento estratégico e a gestão por competências se tornem uma realidade próxima para a Instituição.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, K. **Programando o futuro**. São Paulo: Makron Books, 1994.

ANSOFF, H.I. **A nova estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 1990.

BRANDÃO, H. P.; GUIMARÃES, T. A. Gestão de competências e gestão de desempenho: tecnologias distintas ou instrumentos de um mesmo constructo? **Revista de**

ISSN 1809-3957

Administração de Empresas, v. 41, n. 1, p. 8-15, 2001.

BRASIL, República Federativa do. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. BRASIL, República Federativa do. Ministério da Educação. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 26 out. 2015.

_____. Presidência da República. Decreto 5.707, de 23 de fevereiro de 2006. Institui a Política e as Diretrizes para o Desenvolvimento de Pessoal da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, e regulamenta dispositivos da Lei 8.112, de 11 de dezembro de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5707.htm>. Acesso em 26out. 2015.

_____. Congresso Nacional. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Seção 1,n.253, 30 dez. 2008.

CARBONE, P. P.; BRANDÃO, H. P.; LEITE, J. B. D. **Gestão por competências e gestão do conhecimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2009.

CARBONE, P. P.; BRANDÃO, H. P.; ZIMMER, M. V.; GUARÇONI, C. P.; MARQUES, F.; VIANA, H.; ALMADA, V. F. Gestão do desempenho por competências: integrando a avaliação 360º graus, o *balanced scorecard* e a gestão por competências. In: ENANPAD, Brasília. **Anais**... Anpad, 2005.

CERTO, S. C.; PETER, J. P. **Administração estratégica**: planejamento e implantação da estratégia. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

DRUCKER, P. F. **Introdução à administração**. São Paulo: Pioneira, 1984.

DURAND, T. Forms of incompetence. In: **Fourth International Conference on Competence-Based Management**. Oslo: Norwegian School of Management, 1998.

FLEURY, A.; FLEURY, M. T. L. **Estratégias empresariais e formação de competências**: um quebra-cabeça caleidoscópico da indústria brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.

FREEMAN, E. R. A stakeholders theory of the modern corporation. In:HARTMAN, L. P.**Perspectives in business ethics**. New York: McGraw-Hill International Editions, 1998.

HANNAN, M.T., FREEMAN, J. Structural inertia and organizational change.**American SociologicalReview**, n. 49, p. 149-164, 1984.

LUZ, D. C. Planejamento para a Competitividade: aula 1. São Paulo: Unidade de Pós-Graduação, Extensão e Pesquisa, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2012. Apostila. (MBA EaD Excelência em Gestão de Projetos e Processos Organizacionais.)

PRAHALAD, C. K.; HAMEL, G. **Competindo pelo futuro**: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã. 19. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

SANTOS, F. C. A. **Estratégia de recursos humanos**: dimensões competitivas. São Paulo: Atlas, 1999.

SIMÕES, E. A.; BELEZIA, E. C.; PETEROSSI, H. G. **O planejamento estratégico em instituições de Educação Profissional.** In: ARAÚJO, A. M.; LAURETTI, I. M.; SIMÕES, E. A.; BELEZIA, E. C. (Org.). Gestão e avaliação da Educação Profissional. Juiz de Fora: Fadepe, 2013. v. 3, p. 83-100.

ZARIFIAN, P. **Objective competence**. 2nd. ed. Liasson: Paris, 1999.

VI. COPYRIGHT

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

.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

DIFERENCIAL COMPETITIVO ATRAVÉS DA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO: UNIVERSIDADE CORPORATIVA DE UMA INSTITUIÇÃO FINANCEIRA X

DIANA BEATRIZ ALMEIDA[1]; ANTONIO VINÍCIUS OLIVEIRA FERREIRA[2]
1 – INSTITUTO CAMILLO FILHO; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ;
dianabeatrizalmeida@gmail.com; vinicius@gncapital.com.br

***Resumo** – Desde 1990, a Gestão do Conhecimento ganhou espaço nas grandes organizações como uma das principais ferramentas para o ganho e a manutenção da competitividade. O conhecimento se posiciona como o combustível para a inovação. Assim, este artigo busca identificar a aplicabilidade e a importância da educação corporativa na Instituição Financeira X. Aborda, ainda, a relevância da criação da Universidade Corporativa como um meio estratégico para promover o conhecimento e o desenvolvimento de competências por meio da educação continuada, bem como sua diferenciação dentro do segmento. A pesquisa é qualitativa, de caráter descritivo, com estudo de caso realizado em uma Instituição Financeira X, que proporcionou uma análise crítica dos dados gerados desde a introdução da educação corporativa até os resultados obtidos com a implantação do programa. Ao final da pesquisa, percebeu-se o desafio da geração de conhecimento como oportunidade para melhores resultados no médio e longo prazos.*

***Palavras-chave:** Universidade Corporativa. Inovação. Competitividade.*

I. INTRODUÇÃO

Em uma economia na qual a imprevisibilidade, a incerteza e a instabilidade predominam, o conhecimento surge como uma fonte certa de vantagem competitiva duradoura. Desde o século XX, a Gestão do Conhecimento visa promover inovação, criatividade e subjetividade nas empresas, com a finalidade de gerar riquezas a partir do seu conhecimento ou capital intelectual.

A empresa criadora do conhecimento busca a inovação, recriando o mundo de acordo com uma visão ou um ideal determinado. No momento em que a organização adota a Gestão do Conhecimento, os seus valores, como também o conhecimento tático de seus colaboradores, são preservados e compartilhados. A estrutura organizacional deixa de ser verticalizada e passa a integrar todos os níveis organizacionais, tornando-se uma estrutura orgânica na busca de um objetivo comum.

Segundo Nonaka e Takeuchi (2008):

> "Apoiar e sustentar a criação do conhecimento é muito mais difícil do que parece e pode, com frequência, torna-se uma fonte de tensão na organização (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p. 119)".

Adotar a Gestão do Conhecimento é, acima de tudo, uma mudança de cultura organizacional, visto que os antigos hábitos do modelo reducionista, da Teoria da Escola Clássica da Administração, que se expressavam através de métodos mecanicistas, dão lugar a um modelo em que as pessoas e instituições são interdependentes, interligadas, fazendo parte de um todo, baseado no conceito de holismo.

Poucos administradores captam a importância de gerir o conhecimento, e muito menos sabem como administrá-lo. O motivo é que não conseguem compreender o que é o conhecimento como uma vantagem competitiva. A empresa já não é vista como uma máquina, e sim como um organismo vivo, com identidade, valores e objetivos em comum. Ocorre a compreensão compartilhada do que a empresa visa, onde quer chegar, e busca-se um ambiente de constante estímulo à criatividade.

Nesse contexto, surgem as Universidades Corporativas que, através das Comunidades Virtuais, promovem o conhecimento e o desenvolvimento de competências por meio da educação continuada. A educação corporativa tem como intenção aparelhar as atividades estratégicas da Gestão do Conhecimento e as ações de capacitação formal e profissional dos empregados.

Dentro de um cenário de mudança e dinamismo que caracteriza a nova economia, as Universidades Corporativas tornaram-se uma ferramenta voltada para as estratégias da organização, para aumentar e consolidar a excelência de atuação implementando um modelo que permita às empresas, de forma ágil, contínua e eficiente, proporcionar condições para que os funcionários desenvolvam e instalem as competências desejadas, baseadas nos princípios, valores e código de ética organizacionais.

Essa pesquisa tem como objetivo ressaltar a importância das Universidades Corporativas, como um instrumento provedor da Gestão do Conhecimento dentro das empresas, viabilizando o acesso aos meios de informação necessários à aprendizagem e desenvolvendo eventos de capacitação e formação de pessoas, utilizando as práticas mais avançadas da educação continuada e fornecendo o melhor atendimento aos clientes como vantagem competitiva no mercado.

Para isso, busca-se analisar o processo de implantação e atuação da Universidade Corporativa de uma Instituição Financeira X, bem como a relação entre trabalho e educação a partir de uma conduta de atuação para uma prática educacional, com base num modelo estratégico de gestão por competências. Para este fim, de forma qualitativa, levantam-se os avanços gerados após a implantação do programa, assim como a percepção geral dos funcionários, sob o enfoque ocupacional destes quanto à estratégia do conhecimento.

ISSN 1809-3957

II. PROCEDIMENTOS

Esta pesquisa é qualitativa, de caráter descritivo, com estudo de caso realizado em uma Instituição Financeira X, que proporcionou uma análise crítica dos dados gerados desde a introdução da educação corporativa até os resultados obtidos com a implantação do programa.

Triviños (1987) considera que:

> "Há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, e que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Ou seja, esta pesquisa não requer necessariamente o uso de métodos e técnicas estatísticas e o ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados. Os procedimentos metodológicos conduzem aos chamados estudos de caso (TRIVIÑOS *et al* 1987 *apud* ALVARENGA, 2008, p. 152)".

Optou-se, nesse estudo, pela realização de uma pesquisa de cunho qualitativo, pois o objetivo geral é descrever e analisar como se configura a estratégia da Gestão do Conhecimento na Instituição Financeira X, bem como enfatizar a sua importância nas organizações.

Gil (2010) explica que as pesquisas descritivas têm como objetivo:

> "[...] a descrição das características de determinada população. Podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis (GIL, 2010, p. 27)".

Já Yin (2005) afirma que a necessidade de se fazer o estudo de caso parte do desejo de se compreender fenômenos sociais complexos. Em resumo, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas da vida real (YIN, 2005, p. 20).

Quanto aos instrumentos de coleta de dados, foi utilizada a entrevista estruturada, que, conforme Gil (2010):

> "A entrevista é a que apresenta maior flexibilidade. Tanto é que pode assumir as mais diversas formas. Pode ser totalmente estruturada quando se desenvolve a partir de uma relação fixa de perguntas (GIL, 2010, p. 105)".

A princípio, para a estruturação dessa entrevista, foram contempladas em seu roteiro perguntas acerca do perfil do entrevistado, informações sobre a organização e, por último, sobre a Universidade Corporativa.

Quanto às informações a respeito da organização, previamente, foi realizada uma pesquisa por meio eletrônico (*site* da organização) na perspectiva de identificar a missão, visão, valores, negócios e estratégia organizacional. Através de documentos que foram disponibilizados pela Instituição Financeira em estudo, foi possível identificar os métodos e as competências utilizadas no programa da Universidade Corporativa, assim como os resultados obtidos com o sistema da educação continuada.

III. RESULTADOS

Até meados de 1970, muitas empresas ainda adotavam as teorias da Escola Clássica da Administração, que defendiam a produção em larga escala, baixo custo e maior lucratividade. Não havia a preocupação com a qualidade dos serviços ou a satisfação do cliente, tudo poderia ser interpretado e solucionado através de métodos mecanicistas, em que os fenômenos eram previsíveis e pré-determinados. Já em 1990, no pós-industrialismo, houve uma explosão informacional, pois as organizações passaram a investir mais em equipamentos que coletavam, processavam, analisavam e disseminavam informações, ao mesmo tempo em que gastavam menos com equipamentos típicos da Era Industrial (MAXIMIANO, 2000).

Assim, no século XX, começa a Era do Conhecimento, na qual ocorreu a necessidade de mudança. A percepção de que a informação e o conhecimento eram os principais fatores de diferenciação para a competitividade fez com que as empresas investissem no capital intelectual como estratégia para alcançar os objetivos organizacionais e liderar o mercado. Nessa perspectiva, surgiu o termo Gestão do Conhecimento como uma nova sistemática de trabalho no ambiente corporativo (NONAKA, 2008).

A Gestão do Conhecimento, mesmo de forma muito tímida, começou a se desenvolver no Brasil no século XXI como investimento em educação e capacitação contínuas. Nesse cenário, as Universidades Corporativas, através das Comunidades Virtuais, surgem como ferramenta para difundir o conhecimento dentro das empresas. Segundo Meister (1999), a educação corporativa é "um guarda-chuva estratégico para desenvolver e educar funcionários a fim de cumprir as estratégias empresariais da organização". Esses portais corporativos têm como função promover o processo de crescimento e desenvolvimento organizacional continuamente.

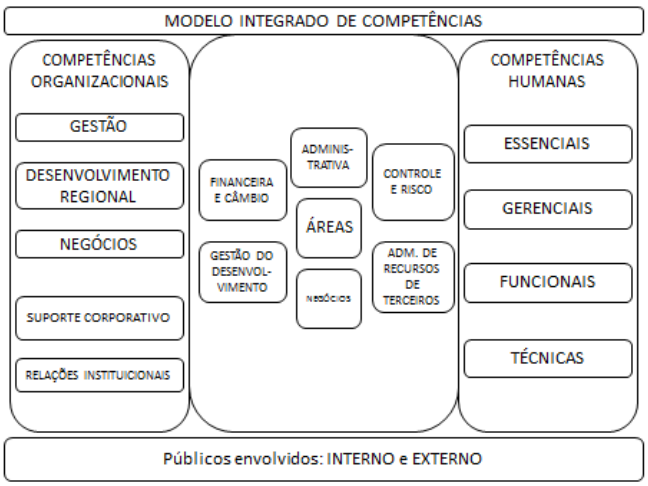
Um estudo realizado na Instituição Financeira X, de sociedade mista e capital aberto, que abrange o Nordeste do Brasil e o norte de dois estados do Sudeste do país, mostrou que, em 2008, houve uma renovação no seu quadro de funcionários, em que quase metade dos colaboradores tinha menos de cinco anos de carreira. Embora esse dado representasse benefício para a instituição, simbolizando a renovação do quadro funcional, ao mesmo tempo despertava a necessidade da criação de um projeto estratégico que desenvolvesse competências na organização.

Assim, em 2010, iniciou-se a implantação da Universidade Corporativa da Instituição Financeira X que, de acordo com as informações coletadas, tinha como missão promover a Gestão do Conhecimento e o desenvolvimento de competências por meio da educação continuada, objetivando o alcance de resultados sustentáveis, visando ser reconhecida como um centro de excelência na Gestão do Conhecimento e no desenvolvimento de competências na região Nordeste, baseada em valores tais como: disseminação da cultura organizacional, aperfeiçoamento contínuo, instituição como agente de transformação social, compromisso com o desenvolvimento sustentável, responsabilidade socioambiental, ética, agente de transformação social, cultura da instituição e alinhamento estratégico.

As competências da Universidade Corporativa X foram divididas em dois grupos, visando à sua categorização. São eles: (A) competências organizacionais; e (B) competências humanas. Cada um desses grupos ainda é subdivido em quatro categorias, como ilustrado na Figura 1.

ISSN 1809-3957

Figura 1 – Modelo Integrado de Competências.



Fonte: Instituição Financeira X (2010).

A partir da análise dessas competências, percebe-se que a Universidade Corporativa da Instituição Financeira X atua atendendo aos objetivos propostos na missão da organização, agrupados nos seguintes requisitos:

a) Preparação para atuar no cenário de desenvolvimento de negócios da instituição e maior competitividade;

b) Consolidar a identidade na região atuante e no Brasil;

c) "Atendimento proativo" orientado pela estratégia de negócio;

d) Necessidade de inclusão das lideranças nos vários papéis da educação corporativa; e

e) Garantir a cultura do autodesenvolvimento.

Para alinhar esses objetivos com o desempenho de cada profissional, foi criado um grupo de escolas de formação, que tem como objetivo prover soluções de aprendizagem nas diversas áreas da empresa, conforme sintetizadas abaixo:

ESCOLA DE GESTÃO: procura desenvolver as competências necessárias aos profissionais de forma a consolidar o modelo de gestão organizacional (processos, práticas e ferramentas) e formar, desenvolver e reter pessoas competentes, motivadas e comprometidas com os valores e princípios da organização e com suas práticas de Governança Corporativa.

ESCOLA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL: concede oportunidades educacionais dentro da Universidade e promove o desenvolvimento das competências necessárias à geração e disseminação do conhecimento na região de atuação da Instituição Financeira X, para dar suporte às suas ações e estratégias.

ESCOLA DE NEGÓCIOS: através desta escola de atuação, a empresa fomenta e desenvolve os conhecimentos necessários para que os seus profissionais exerçam efetivamente a atividade-fim da organização, no contexto da sua área de atuação.

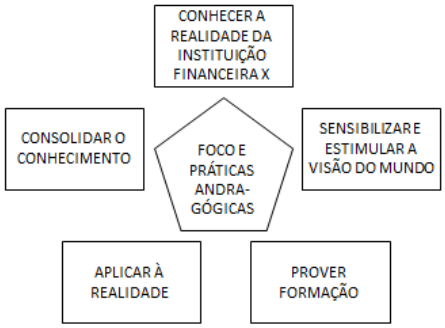
ESCOLA DE SUPORTE CORPORATIVO: com as soluções de aprendizagem guiadas no pensamento desta escola, a Instituição Financeira X fomenta e desenvolve os conhecimentos necessários para seus colaboradores exercerem efetivamente as atividades de suporte corporativo organizacional.

ESCOLA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS: busca consolidar as competências organizacionais que sustentam e reforçam a imagem da empresa e as ações com os *stakeholders*.

A Universidade Corporativa estudada sistematiza o seu processo de ensino-aprendizagem baseado na Teoria Geral da Educação por uma abordagem andragógica, que pode ser entendida como ciência de educar pessoas adultas, também conhecida como educação continuada ou teoria da formação permanente do homem. Nesse contexto, o ato andragógico é a expressão mais ampla e completa do conceito de aprendizagem voluntária.

Com a finalidade de gerar vantagem competitiva, a Instituição Financeira X realizou o alinhamento das competências organizacionais às humanas e definiu o programa de ações educacionais com base nos seus pilares e escolas de atuação, baseando-se no Modelo Andragógico de Aprendizagem, conforme a Figura 2.

Figura 2- Modelo de Abordagem Andragógica.



Fonte: Instituição Financeira X (2010).

A avaliação da Universidade Corporativa X consiste numa análise parametrizada, realizada com o intuito de (A) fornecer bases para o planejamento de ensino; (B) acompanhar o desempenho dos envolvidos no processo instrucional; (C) identificar necessidades de melhoria nas políticas e projetos educacionais; e (D) aumentar a efetividade desses programas. Para a análise da qualidade dos eventos de capacitação, são aplicadas avaliações de acordo com a carga horária do curso e do tipo de treinamento, chegando-se à categorização dos seguintes níveis ou tipos de avaliação, segundo o Modelo de Kirkpatrick (1996):

a) Avaliação de reação, adequada para o público de nível técnico;

b) Avaliação de aprendizagem, mais utilizada para os públicos de níveis técnicos e intermediários;

c) Avaliação de aplicação, mais utilizado para o público de nível gerencial e para os clientes; e

d) Avaliação de resultados, adequada para o público gerencial e que pode ser realizada tanto para avaliar os participantes da ação educacional quanto a área na qual esta ação foi direcionada.

A Tabela 1 mostra, de forma resumida, os principais aspectos e instrumentos que são utilizados na avaliação de resultados da Universidade Corporativa X: Fonte: Tabela de Instrumentos de Avaliação da Instituição Financeira X.

ISSN 1809-3957

Tabela 1 – Indicadores de resultados da Universidade Corporativa da Instituição Financeira X.

Nív.	O que?	Onde?	Como?	Quando?
Reação	Quantos participantes gostaram do programa?	Membros do programa	Questionário e discussão.	Durante o Programa
Aprendizado	O que e quanto aprender?	Membros do Programa	Testes e Provas	Antes, Durante e Depois
Aplicação	Estão aplicando o que aprenderam?	Gerências e Clientes	Pesquisa de Satisfação e Avaliação de Performance	Durante e de 2 a 6 Meses após o evento
Resultados	Implantaram novos projetos ou melhorias no negócio?	Gerências	Avaliação e Indicadores de desempenho	De 6 a 12 meses após o evento

Fonte: Adaptado de Kirkpatrick (1996).

Assim, é possível identificar todos os aspectos relacionados para a avaliação dos programas educacionais, que desembocarão no fortalecimento da estratégia competitiva e no reforço das competências essenciais para a instituição. No que se refere aos níveis de aceitação e credibilidade da Universidade Corporativa X, a avaliação de reação dos eventos ofertados no período de 2010 até 2014 demonstram uma aceitação acima da média por parte dos colaboradores.

Ainda nessa perspectiva, foi possível analisar os resultados gerados após a implantação do programa, na qual houve o aumento significativo do grau de instrução dos funcionários da empresa, como também aumento do número de oportunidades geradas com menor custo para a organização. Na Tabela 2 a seguir, é possível identificar a redução das despesas administrativas no período de 2010, quando houve a implantação da Universidade Corporativa na empresa, até 2012, quando os benefícios da educação corporativa já eram notáveis.

Tabela 2 – Despesas da Universidade Corporativa da Instituição Financeira X – Anos de 2010 a 2012.

DESPESAS ADMINISTRATIVAS	**2010**	**% de 2011**	**% de 2012**
Água, Energia e Gás	598,04	-100%	0%
Aluguel	6.359,41	-97%	-25%
Aquisição de Publicações	834,00	-67%	101%
Arrendamento de Equipamentos	1.663,18	-20%	-91%
Comunicações	2.147,55	27%	-48%
Depreciação	93.093,99	-10%	-54%
Diárias com Viagens a Serviço	98.581,56	-54%	-28%
Impostos e Taxas	0,00	0%	0%
Manutenção e Conservação de Bens	54.710,18	-54%	-75%
Material	12.982,80	-47%	-41%
Multas	4.089,26	-53%	-100%
Outras Despesas Administrativas	16.741,20	-56%	-21%
Promoções e Relações Públicas	2.690,00	-19%	-100%
Outras Despesas c/ Processamento de Dados	6.002,20	43%	-58%
Serviços de Terceiros	433.210,04	23%	-48%
Viagens/Passagens e Conduções	45.865,73	-33%	-67%
TOTAL	**779.269,14**	**-4%**	**-49%**
Quantidade de Empregados UC	20	-5%	21%
Quantidade de Colaboradores UC	35	0%	9%
Quantidade de Oportunidades	31.921	-34%	-42%
Quantidade de Empregados BNB	5.990	1%	-1%
Quantidade de Empregados Treinados	5.477	-15%	-46%
TOTAL/Quantidade de Oportunidades	24,41	45%	-12%
TOTAL/Quantidade de Empregados BNB	130,10	-5%	-49%
TOTAL/Quantidade de Empregados Treinados	142,28	13%	-7%

Fonte: Autores, 2015.

IV. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo geral identificar a forma pela qual o modelo de atuação da Universidade Corporativa da Instituição Financeira X contribui para a sua estratégia competitiva no longo prazo, por meio da Gestão do Conhecimento.

Com a pesquisa realizada na Instituição Financeira X, concluiu-se que a ideia desse novo modelo de educação

ISSN 1809-3957

corporativa surgiu da necessidade de modernizar as práticas do sistema de capacitação, uma vez que a sistemática até então utilizada não se mostrava consistente.

De acordo com as informações coletadas na pesquisa, o projeto da Universidade Corporativa teve como propósito "suprir lacunas no desenvolvimento de ações educacionais da empresa, desenvolvendo capacidade de captar, gerenciar, compartilhar, criar e assimilar conhecimento para a organização cumprir sua missão social e aumentar o nível de competências de seus funcionários", a partir de um modelo educativo que tem como objetivo orientar os seus colaboradores quanto à importância do conhecimento para o alcance do cumprimento das metas organizacionais.

O estabelecimento desse novo modelo de atuação proporcionou a utilização eficiente dos recursos com a melhoria contínua dos processos, diversificação das metodologias de ensino e auxílio da tecnologia. As principais ações que geraram a otimização dos recursos foram:

a) Implantação do plano prospectivo da educação corporativa – o planejamento antecipado se reverte em ganhos com a antecipação da oferta de capacitação e a diminuição de custos, além da maior eficácia no desenvolvimento das competências;

b) Menores custos de deslocamento;

c) Convocação antecipada de colaboradores em treinamento, que possibilita uma economia nos custos em cerca de 30%; e

d) Incremento dos títulos à disposição da Comunidade Virtual de Aprendizagem (CVA), plataforma de educação à distância da Universidade Corporativa, permitindo a capacitação com custos reduzidos.

O mais importante da otimização dos recursos foi a aderência à proposta andragógica implantada, garantindo a qualidade dos programas e o direcionamento das soluções educacionais às necessidades da instituição.

Além disso, foi possível identificar que a Instituição Financeira X desenvolve uma gestão por competência alinhada à sua estratégia competitiva, fazendo com que sua Universidade Corporativa contribua para o alcance da missão da organização, que é garantir o desenvolvimento da sua região de atuação.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. **Gestão do Conhecimento em Organizações.** São Paulo: Saraiva, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

KIRKPATRICK, D. **Evaluating training programs**: four levels. San Francisco: Berret- Koehler, 1996.

MAXIMIANO, A. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

MEISTER, J. C. **Educação Corporativa:** a gestão do capital intelectual através das universidades corporativas. São Paulo: Makron Books, 1999.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Gestão do Conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

YIN, K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução: Daniel Grassi, 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

VI. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

2-8	**ASSOCIATION OF TRICHLOROCARBANILIDE WITH SURFACTANTS IN CONTROL OF *Lactobacillus fermentum* CONTAMINANT OF ETHANOL FERMENTATION** Thaís Yumi Shinya; Douglas Fernandes Da Silva; Fabiane Fernanda De Barros Correa; Pedro De Oliva Neto
2-12	**PRODUCTION OF ENZYME COMPLEXES USING CELLULOLYTIC FILAMENTOUS FUNGI IN DIFFERENT CULTURE MEDIA** Douglas F. Silva; Ludmila M. Hergesel; Thais Y. Shinya; Fabiane Fernanda De Barros Correa; Ana Flavia Azevedo Carvalho; Pedro De Oliva Neto
4-2	**MINIMIZAÇÃO DA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO EM PROCESSOS DE FOTOATIVAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS** Pedro Henrique De Andrade Affonso; Edilmar Marcelino; Gabriel Cardoso; Gabriel Felipe Guimaraes; Rafael Matheus Nunes Teixeira; Rodrigo Ditt Lutti; Bárbara Marabeli Fernandes De Melo; Juan Victor Andrade Ponce; Rafael Plana Simões

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ASSOCIATION OF TRICHLOROCARBANILIDE WITH SURFACTANTS IN CONTROL OF *Lactobacillus fermentum* CONTAMINANT OF ETHANOL FERMENTATION

THAÍS YUMI SHINYA[1]; DOUGLAS FERNANDES DA SILVA[1]; FABIANE FERNANDA DE BARROS CORREA[1]; PEDRO DE OLIVA NETO[2]
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP - RIO CLARO);
2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP - ASSIS)
shinya.thais@gmail.com

Abstract *– The process of alcoholic fermentation by Saccharomyces cerevisiae for fuel ethanol obtaining is susceptible to bacterial contamination. Such contamination is responsible for death and loss of cell viability of the yeast, in addition to harming the fermentation process due to the use of the substrate and ethanol by the bacteria. The objective of this study was to investigate the synergistic effect of combinations of 3.4.4' Trichlorocarbanilide (TCC) with surfactants Benzalkonium Chloride (BC) and Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) in order to control the growth of contaminant Lactobacillus fermentum without affecting the viability of yeast S. cerevisiae. Minimum Inhibitory Concentration (MIC) tests were performed with different combinations of compounds. The test was carried out by serial macrodilution tubes inoculated with microorganisms and incubation at 30 °C. The growth readings were taken after 24 hours and 48 hours at spectrophotometer (λ = 600 nm). No difference was observed in inhibition between 24 and 48 hours of incubation. The greatest inhibition efficiency of the bacterium without affecting the yeast was observed for the combination of TCC+BC (1:1) with MIC of 2.5 ppm. In other concentrations of surfactant TCC+BC (1:2 and 0.5:2) MIC for the yeast was the same to the bacterium (2.5 ppm), which would be harmful to the fermentation process. Combinations with SDS had higher MIC (≥10 ppm). The use of TCC as an inhibitor of fermentation contaminant could be an alternative to antibiotics used for this proposal in view of the increasing resistance of bacteria to commercial products currently used.*

Keywords: *Minimum Inhibitory Concentration. Lactobacillus fermentum. Trichlorocarbanilide (TCC).*

I. INTRODUCTION

The production of fuel ethanol is carried out by converting the sugar to ethanol and carbon dioxide during fermentation process performed by *Saccharomyces cerevisiae*. Due to the high amount of nutrients and a favorable environment, the procedure becomes susceptible to the development of bacterial contaminants such as *Lactobacillus, Bacillus, Leuconostoc, Acetobacter, Clostridium, Enterobacter* and *Streptococcus* (AMORIM & OLIVEIRA, 1982; SERRA *et al*., 1979).

The contaminants causes death and reduction of yastes viability, produces toxins, compete for offered sugar decreasing the yield of ethanol produced, causing flocculation of the yeast which results in a decrease of conversion efficiency by reducing the speed of fermentation (ALTHERTUM *et al*., 1984; YOKOYA & OLIVA NETO, 1991; LUDWIG *et al*., 2001).

The control of these contaminants is achieved by adding antibiotics to the process being Kamoran HJ (Elanco) and Penicillin the most antibiotics used for the purpose. However, the concentration used for inhibition of the contaminants has increased over the years from 1 ppm to 4 ppm suggesting an increased resistance of bacteria to the antibiotics (OLIVEIRA *et al.*, 1996).

With the emergence of resistant strains it is necessary to discover new compounds that have antagonistic effect to undesirable microorganisms. In this way, a compound that had a positive effect on the control of contaminants from ethanol fermentation was the 3.4.4' Trichlorocarbanilide molecule. Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of 0.5 ppm was found for *Leuconostoc mesenteroides and Lactobacillus fermentum* with a high MIC for *Saccharomyces cerevisiae* demonstrating the potential of this molecule in the control of fermentation contaminants (OLIVA NETO & YOKOYA, 1998).

Given the few alternatives for antimicrobial control of contaminants of alcoholic fermentation, it becomes important to study new molecules for this purpose as well as the requirement for products with higher efficiency due to the increased resistance of bacteria to existing antibiotics. The present study tested the antimicrobial agent 3.4.4' Trichlorocarbanilide (TCC) and its associations with surfactants Benzalkonium Chloride (BC) and Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) to enhance its antagonistic effect to *Lactobacillus fermentum* without affecting the viability of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*.

II. MATERIAL AND METHODS

a) Microorganisms

It was used two strains of *Lactobacillus fermentum* (CCT 1396 and 0559) and two strains *of Saccharomyces cerevisiae* (CCT 4370 and FCLA M26). *L. fermentum* was cultivated in liquid MRS broth (Difco). *S. cerevisiae* was cultivated in liquid Formulated Media (FM), containing: 2% sucrose, 0.5% yeast extract, 0.1% ammonium sulfate, potassium phosphate 0.114%, 0.0017% manganese sulfate, 0.0028% of zinc sulfate and 0.024% magnesium sulfate. All tubes were incubated at 30 °C, pH 4.0 for 48 hours before macrodilution tests.

ISSN 1809-3957

b) Minimum Inhibitory Concentration

Minimum Inhibitory Concentration (MIC) tests was carried out by serial macrodilution tubes (JONES *et al*., 1985). The compounds were diluted (TCC in acetone and surfactants in water) and combined according to Table 1. Then they were added to the tube containing liquid medium corresponding to each microorganism (MRS or FM), pH 4. As some compounds are not thermo resistant, the solution was filtered through Millipore (0.22 µm) for sterilization. A serial dilution was done in tubes containing 4 mL of the corresponding medium, being the maximum concentration tested 40 µg/mL and minimum 1.75 µg/mL (concentration based on TCC). Therefore 4 mL of the standard inoculum of the bacteria or the yeast were added to the tube. The inoculum standardization was performed by adding sterile distilled water to the microorganism until obtaining an absorbance of 0,15 - 0,18 (wave lengh of 600 nm) corresponding to a concentration of 10^6 cells/mL (McFarland).

Table 1 – Combination of 3.4.4' Trichlorocarbanilide (TCC) with surfactants Benzalkonium Chloride (BC) and Sodium Dodecyl Sulfate (SDS).

Combination	TCC (µg/mL)	BC (µg/mL)	SDS (µg/mL)
1	20	0	0
2	20	0	20
3	20	0	40
4	20	0	2
5	10	0	80
6	20	20	0
7	20	40	0
8	10	40	0
9	20	20	20

After adding the inoculums, the tubes were incubated at 30 °C. Samples were taken at 0, 24 and 48 hours and reading of the growth occurred in spectrophotometer at 600 nm, using water as control. MIC was defined as the minimum concentration which was observed no growth of the microorganism (100% inhibition). As positive control a tube with the microorganism without the addition of TCC, BC or SDS was used. The calculation of inhibition percentage was calculated according to the following equation (1):

$$\% = 1 - (Abs_{24\ or\ 48\ h} - Abs_{0h} / Abs_{control\ final}) * 100 \qquad (1)$$

III. RESULTS AND DISCUSSION

MIC results are expressed in Table 2. There was no difference in inhibition between 24 and 48 hours, therefore all the results are expressed for the 48 hours samples.

The compound 3.4.4' Trichlorocarbanilide (TCC) unassociated with surfactants showed a MIC of 10 ppm for *L. fermentum* CCT 1396, 20 ppm for *L. fermentum* CCT 0559, and >40 for both strains of *S. cerevisiae*.

MIC of 0.5 µg/mL of TCC alone were found to *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus fermentum*, and >200 ppm for *S. cerevisiae* (OLIVA NETO & YOKOYA, 1998). This difference may be due to different strains used and difficult to solubilize TCC in the solvent employed.

Table 2 – Minimum Inhibitory Concentration (MIC) (µg/mL) of 3.4.4' Trichlorocarbanilide (TCC) with surfactants Benzalkonium Chloride (BC) and Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) against *Lactobacillus fermentum* and *Saccharomyces cerevisiae*.

Combination	*L. fermentum*		*S. cerevisiae*	
	CCT 1396	CCT 0559	CCT 4370	FCLA M26
1	10	20	>40	>40
2	10	20	>40	>40
3	20	20	40	20
4	20	20	>40	>40
5	20	20	20	20
6	2,5	2,5	20	10
7	2,5	2,5	2,5	2,5
8	2,5	2,5	2,5	2,5
9	2,5	2,5	2,5	2,5

Oliva Neto & Yokoya (2001) studied the effect of various antibiotics in bacteria of the genus *Lactobacillus* and *Leuconostoc* and to *Saccharomyces cerevisiae*. Sodium sulphite, sodium nitrite and copper sulfate were the most effective chemicals tested with MIC of 10-40 µg/mL, <117 µg/mL and 75-300 µg/mL respectively. Penicillin V acid (MIC of 0.1-0.2 µg/mL) and clindamycin (MIC from 0.05 to 0.4 µg/mL) were the most effective antibiotics against bacterial growth. Thiocyanate (MIC 1.2 - 5 µg/mL), bromofenate (MIC = 9-18 µg/mL) and n-alquildimethylbenzil ammonium chloride (MIC 1 - 8 µg/mL) affected the growth of *S. cerevisiae* in concentrations similar to *L. fermentum* and *L. mesenteroides*. Zinc and manganese ethylene-bis-dithiocarbamate and dimethylditilcarbamate showed no satisfactory inhibitory effect (MIC >50 µg/mL). The TCC showed a MIC value within the MIC of other antibiotics as shown by the authors, and can be an alternative to antibiotics used in control of contaminants of ethanol fermentation.

Haraszthy *et al.* (2006) tested the action of TCC in other bacterial species such as *Streptococcus aureus, Actinomyces viscosus, Bacillus subtilis, Moraxella catarrhalis, Fusobacterium nucleatum* and *Prevotella intermedia* and obtained MIC of 3.9 ppm, 0.3 ppm , 2 ppm, 0.1 ppm, 0.5 ppm, <0.001 ppm, respectively, confirming the effect of the antimicrobial molecule to various bacteria.

The combination of TCC with Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) did not potentiate the antagonistic effect on *L. fermentum* as the MIC was equal or superior to TCC alone. In combination 2, TCC+SDS (1:1), the MIC found was equal to those found to the TCC alone for the four microorganisms demonstrating that it did not enhanced the antimicrobial effect. In the 1:2 ratio (TCC+SDS), MIC was the same for bacteria although the association has been lethal to yeast (40 and 20 ppm). This increase of the surfactant in the combination also observed in combination 5 (TCC+DSD, 1:8) was lethal to the yeast. The decrease in SDS concentration (TCC+SDS, 1:0.1) worsened the MIC for *L. fermentum* ATCC 1396. These results contradict to those found by Oliva Neto & Yokoya (1998) who found a 10 times decrease combining TCC with SDS (1:0.1). Perhaps there was difficulty in TCC´s solubilization in the solvent employed. In the present work the SDS did not cooperated to increase the solubility of TCC, which would enhance antimicrobial potential and configure the synergism between molecules.

ISSN 1809-3957

The antimicrobial effect of TCC combined to Benzalkonium Chloride (BC) was potentiated. The surfactant enhanced the solubility of the antimicrobial, and decreased the MIC of *L. fermentum* from 20-40 ppm to 2.5 ppm. For the association TCC+BC (1:1) MIC for both bacterial strains were 2.5 µg/mL and ≥10 ppm for yeasts. However, other combinations (TCC+CBA, 1:2 and 1:4) were lethal to yeast, as the MIC were equal to both microorganisms (2.5 ppm) which would be detrimental to the ethanol production process. Oliva Neto & Yokoya (1998) found a MIC of 8 µg/mL for BC alone, both bacterium and yeast, which could explain why increasing concentration of surfactant in the formulation approached MIC between the evaluated microorganisms.

The combination TCC+BC+SDS (1:1:1) was lethal for both microorganisms at the same concentration (2.5 ppm) not being useful for contaminant control in alcoholic fermentation. In addition, the MIC is identical to that found for the TCC associations with the BC confirming that SDS did not act synergistically with the antimicrobial tested.

TCC has demonstrated antagonistic effect on contaminant bacteria *L. fermentum* of alcoholic fermentation. The antimicrobial compound could emerge as a new molecule in helping this control in view of the increasing resistance of bacteria to antibiotics used for such proposed although more tests must still be carried out.

IV. CONCLUSION

The association of 3.4.4' Trichlorocarbanilide (TCC) with surfactant Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) was not satisfactory. No potentiating action of the antimicrobial compound was observed and high concentrations of the surfactant were lethal *Saccharomyces cerevisiae* cells.

The best combination with the antimicrobial compound is Benzalkonium Chloride (BC) in combination 1:1 (v/v) yielding Minimum Inhibitory Concentrations (MIC) of 4 to 8 times less than for TCC alone for both *L. fermentum* strains without harming yeast at the same concentration.

The TCC showed antagonistic effect on *L. fermentum* contaminant of ethanol fermentation and could be used as an alternative to this control.

V. REFERENCES

ALTHERTUM, F.; CRUZ, M. R. M.; VAIRO, M. L. R.; GAMBASSI, P. M. Efeito dos microrganismos contaminantes da fermentação alcoólica nas microdestilarias. **Açúcar e Álcool**, v.3, n.1, p.42-49, 1984.

AMORIM, H V & OLIVEIRA A J. Infecção na Fermentação: Como Evitá-la. **Açúcar e Álcool**, v. 5, 1982.

HARASZTHY, V. I.; REYNOLDS, H. S.; SREENIVASAN, P. K.; SUBRAMANYAM, R.; CUMMINS, D.; ZAMBON, J. J. Media and Method-Dependent Variations in Minimal Inhibitory Concentration of Antiplaque Agents on Oral Bacteria. **Letters in Applied Microbiology**, n. 43, p. 256-261, 2006.

JONES, R. N.; BARRY, A. L.; GAVAN, T. L.; WASHINGTON II, J.A. Susceptibility Tests: Microdilution and Macrodilution Broth Procedures. *In*: eds. LENNETTE, E. H.; BALOWS, A.; HALOUSLER, W. J. JR; SHADOM, Y. (eds). **Manual of Clinical Microbiology**, American Society of Microbiology, 972p., Washington – DC, 1985.

LUDWIG, K. M.; OLIVA NETO, P.; ANGELIS, D. F. de. Quantificação de Floculação de *Saccharomyces cerevisiae* por Bactérias Contaminantes da Fermentação Alcoólica. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 21, n. 1, 2001

OLIVA NETO, P. & YOKOYA, F. Effects of 3,4,4´Trichlorocarbanilide on Growth of Lactic Acid Bacteria Contaminants in Alcoholic Fermentation. **Bioresource Technology**, v.63, p.17-21, 1998.

OLIVA NETO, P.; YOKOYA, F. Susceptibility of *Saccharomyces cerevisiae* and Lactic Acid Bacteria From the Alcohol Industry to Several Antimicrobial Compounds. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, n. 1, p. 10-14, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, A. J.; GALLO, C. R.; ALCARDE, V. E.; GODOY, A; AMORIM, H. V. **Métodos Para o Controle Microbiológico na Produção de Açúcar e Álcool**, p.89. Piracicaba: FERMENTEC/ FEALQ/ESALQ, 1996.

SERRA, G. E.; CEREDA, M. P.; FERES, R. J. F.; BERTOZO, M. T.; VICENTE, A. L. Contaminação da Fermentação Alcoólica: “Floculação do Fermento”. **Brasil Açucareiro**, v. 93, p. 26-31, 1979.

YOKOYA, F. & OLIVA NETO, P. Características da Floculação de Leveduras por *Lactobacillus fermentum*. **Revista de Microbiologia**, v. 22, n. 1, p. 12-16, 1991.

VI. COPYRIGHT

Copyright: The authors are solely responsible for the material included in the article.

VII. ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) for financial support.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PRODUCTION OF ENZYME COMPLEXES USING CELLULOLYTIC FILAMENTOUS FUNGI IN DIFFERENT CULTURE MEDIA

DOUGLAS F. SILVA[1, 2, 3], LUDMILA M. HERGESEL[1, 3], THAIS Y. SHINYA[1, 2, 3], FABIANE FERNANDA DE BARROS CORREA[1, 2, 3], ANA FLAVIA AZEVEDO CARVALHO [1, 3] E PEDRO DE OLIVA NETO[1, 2, 3]

1- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – CAMPUS ASSIS, LABORATÓRIO DE BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS; 2- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – CAMPUS RIO CLARO, DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA; 3- INSTITUTO DE PESQUISA EM BIOENERGIA - IPBEN/UNESP
douglasfsilva@gmail.com

Abstract – The attention and investment in the search for renewable bioenergy has been growing in Brazil in order to replace fossil fuels. The agro-industrial processes generate lignocellulosic residues, which may be used to obtain fermentable sugars by hydrolysis. The orange bagasse, as well as any lignocelulolósico residue undergoes the process of hydrolysis which can be performed by cellulolytic enzymes, which can be obtained from fungi, such as Trichoderma reesei. The objective of this study was the use of orange pulp in the production of cellulolytic enzymes, divided into two stages: 1st) compared Trichoderma reesei QM9414, Trichoderma reesei CCT2768 and a strain of Aspergillus isolated; 2nd) the best filamentous fungus was fermented in four different culture media. Para avaliar o potencial celulolítico dos diferentes fungos utilizados e dos meios cultivo estudados foi avaliado através das técnicas de FPase e CMCase . In fungi extract was also quantified proteases. At first the fungi were cultivated in liquid medium containing: 3% (m.v^{-1}) orange pulp; 0.4% (m.v^{-1}) - ammonium sulfate; 0.1% (m.v^{-1}) - $NH_4H_2PO_4$; 0.06% (m.v^{-1}) - KCL, in pH 4.5, 28 and 35 °C, 180 RPM for 7 days. Compared the three fungi, T. reesei QM9414 showed higher activities for FPase and CMCase with respectively 0.15±0.02 FPU/mL (28 °C) and 1.17±0.13 CMC/mL (28 °C) against 0.09±0.02 FPU/mL (35 °C) and 0.95±0.00 CMC/mL (28 °C) of T. reesei CCT2768. In the second step, the T. reesei QM9414 was fermented in four culture media with different supplementations (Medium A; Medium B; Medium C; Medium D) containing: 3% (m.v^{-1}) - orange pulp; 0.11% (m.v^{-1}) - K_2HPO_4; 0.1% (m.v^{-1}) - $(NH_4)_2SO_4$; 0.0017% (m.v^{-1}) - $MgSO_4x7H_2O$; 0.0028% (m.v^{-1}) - $ZnSO_4x7H_2O$; yeast extract (Medium B - 0.25% Medium C - 0.1% and Middle D - 0.01% (m.v^{-1})); $NH_4H_2PO_4$ (Medium B - 0%; Medium C and D - 0.1% (m.v^{-1})) and KCI (Medium B - 0% C and D means - 0.1%), pH 4.5, 28 and 35 °C, 180 RPM, for 7 and 10 days. The all culture medium were compared, Medium C had higher activities with 0.57±0:09 FPU/mL and 2.89±0.20 CMC/mL in 10 days of fermentation. The Medium A showed increased activity of proteolytic enzymes (1:16 ± 0:02 U/mL - 10 days of fermentation). It is concluded that among the cultivated fungi, T. reesei QM9414 and supplemented Medium C had a higher efficiency in producing cellulolytic enzymes, using as substrate the orange residue. Rising temperatures negatively influences the growth and production of the enzyme extract.

Keywords: Renewable Bioenergy, orange bagasse, Trichoderma reesei, cellulases and proteases.

I. INTRODUCTION

The need for power supply to the maintenance of the entire structure and operational dynamics of society is a crucial point in several areas, such as individual well-being even in industrial bioprocesses and the provision of services. The increased use of non-renewable energy sources along the years, caused changes in the economy, society and the environment. Thus, its scarcity by prolonged use, leads to an increase of the value of nonrenewable energy sources. Agriculture is an important basis for the Brazilian economy, with effects that reach the rest of the world (UENOJO & PASTORE, 2007). However, such agricultural products generate large amount of lignocellulosic agricultural residues, low added value, such as wheat bran, sugarcane bagasse, orange pulp, cotton waste (PANDEY *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2013), which may still cause environmental pollution when discarded inconveniently. But these can serve as rich sources of fermentable carbohydrates (CASTRO & PEREIRA, 2010). The organic residues which are rich in lignocellulosic biomass, can be used as substrates for the cultivation of fungi and lignocellulolytic and enzyme production (DASHTBAN *et al.*, 2009; CASTRO & PEREIRA, 2010; SILVA *et al.*, 2013).

The lignocellulosic biomasses may undergo hydrolysis processes by the action of enzyme complexes, mainly cellulolytic and xylan-degrading enzymes to release sugars, including glucose and who awakens greater industrial interest. And these enzymes may be obtained from fungi, such as Trichoderma reesei (AGBHEVOR *et al.*, 2004; FUJII *et al.*, 2010; NCUBE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013).

The objective of this study was the use of orange bagasse in the production of cellulolytic enzymes, divided into two stages: 1st) compared *Trichoderma reesei* QM9414, *Trichoderma reesei* CCT2768 and an isolated strain of *Aspergillus* spp; 2nd) the best filamentous fungus was fermented in four different media supplied by different concentrations of nutrients. To evaluate the cellulolytic potential of different fungi and the culture media studied, the techniques FPase (Cellulase Total) and CMCase (endoglucanase) were performed, and evaluation of the proteolytic activity was also made. The lignocellulosic agricultural residues are abundant economic sources of carbohydrates and energy. Due to the great demand for

ISSN 1809-3957

bioenergy, there was an increase in the search for efficient bioprocesses the use of such waste and getting their sugars.

II. PROCEDURE

The three fungal strains used are deposited in the collection of Industrial Biotechnology Laboratory cultures of the Faculty of Science and Letters Assisi - UNESP. In this study were used the micro-organisms *Trichoderma reesei* QM9414, *Trichoderma reesei* CCT2768 and *Aspergillus* spp (isolated). The culture media with different nutritional supplementation and lignocellulosic substrate (orange bagasse) used in the fermentation and production of the enzyme complexes are shown in Table 1. Fungi were grown in petri dishes containing PDA (45 $g.L^{-1}$ - Potato Dextrose Agar), after its growth, about 7 days, one of PDA circle of 10mm of diameter containing the microorganisms were transferred aseptically to each Erlenmeyer flasks containing 80 mL of the culture media studied. Thus, in the first step were compared *Trichoderma reesei* QM9414, *Trichoderma reesei* CCT2768 and *Aspergillus* spp (isolated), grown in liquid medium (Medium A - Table 1) containing: 3% ($m.v^{-1}$) - orange bagasse; 0.4% ($m.v^{-1}$) - ammonium sulfate ($(NH_4)_2SO_4$); 0.5% ($m.v^{-1}$) - yeast extract, in pH 4.5, 28 and 35 °C, 180 RPM for 7 days. In the second stage, the best fungus for the production of the enzyme complex was fermented an additional three enriched media (Table 1) containing 3% ($m.v^{-1}$) - orange bagasse; 0.11% ($m.v^{-1}$) - K_2HPO_4; 0.1% ($m.v^{-1}$) - $(NH_4)_2SO_4$; 0.0017% ($m.v^{-1}$) - $MgSO_4x7H^2O$; 0.0028% ($m.v^{-1}$) - $ZnSO_4x7H_2O$; yeast extract (Medium B - 0.25%; Medium C 0.1%; Medium D 0.01% - ($m.v^{-1}$)); $NH_4H_2PO_4$ (Medium B - 0%; Medium C - 0.1%; Medium D - 0.1% ($m.v^{-1}$)) and KCl (Medium B - 0%; Medium C - 0.1%; Medium D - 0.1% ($m.v^{-1}$)) in pH 4.5, 28 and 35 °C, 180 RPM. The samples were taken at the 7 and 10 days of fermentation to obtain the enzyme extract and quantification of cellulolytic and proteolytic activities.

In liquid fermentation of the first and the second stage of this study the collected samples were quantified for cellulolytic activities by FPase techniques (Cellulase Total) and CMCase (Endoglucanase) (MANDELS *et al.*, 1976), while the proteolytic was quantified by Azocasein technique (LEIGHTON *et al.*, 1973). The determination of AR in the samples used the method of DNS (3.5-dinitrosalicílico acid) (MILLER, 1959).

Figure 1a: Flow diagram of bioprocesses performed (1st. stage).

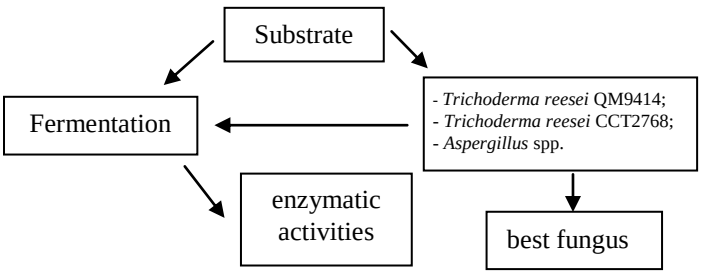


Figure 1b: Flow diagram of bioprocesses performed (2nd stage).

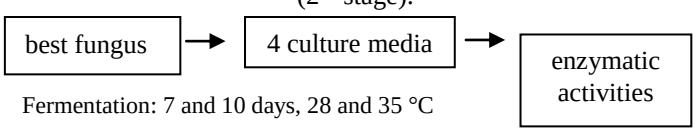


Table 1: Different substrates used in the production of enzyme complexes.

	Medium A[a]	Medium B[b]	Medium C[b]	Medium D[b]
orange bagasse [c]	3.0%	3%	3%	3%
K_2HPO_4[c]	-	0.11%	0.11%	0.11%
$(NH_4)_2SO_4$[c]	0.4%	0.10%	0.10%	0.10%
$MgSO_4x7H_2O$[c]	-	0.0017%	0.0017%	0.0017%
$ZnSO_4x7H_2O$[c]	-	0.0028%	0.0028%	0.0028%
Yeast extract[c]	0.5%	0.5%	0.10%	0.01%
$NH_4H_2PO_4$[c]	-	-	0.10%	0.10%
KCl[c]	-	-	0.06%	0.06%
K_2SO_4[c]	0.1%			

[a]Culture medium used in the first and second part of this study; [b]Culture medium used in the second stage of this work; [c]$m.v^{-1}$.

Tests for enzymatic activity were conducted in triplicate, and data were submitted to analysis of variance (ANOVA), and the means were compared by Tukey test, using the program GraphPad Instat - Version 3.05 (Rutgers University). The treatments were analyzed statistically and considered significant at $p<0.05$.

III. RESULTS

The cultivation of these microorganisms, aiming at the best producers of cellulolytic enzymes, used for the fermentation the Medium A (Table 1) and the results of quantification in the cellulase obtained is shown in Table 2.

Table 2: Comparison of different fungi for production of Cellulase Total (FPase - FPU/mL) and Endoglucanase (CMC/mL).

	FPU/mL (FPase)		CMC/mL (CMCase)	
Fungos*	28ºC	35ºC	28ºC	35ºC
T. reesei CCT2768	0.08± 0.03[a]	0.09± 0.02[a]	0.95± 0.00 [I]	0.94± 0.13[I]
T. reesei QM9414	0.15± 0.02[b]	0.11± 0.02[c]	1.17± 0.13 [II]	0.79± 0.11[III]
Aspergillus spp	0.07± 0.01[d]	0.07± 0.00[d]	0.7± 0.16 [III]	0.36± 0.07[IV]

*Medium A (Table 1) in 28 and 35 °C, pH 4.5, 180 RPM and 7 days of fermentation. Different Letters and numbers indicate they are statistically different ($p<0.05$).

The fungus with the highest enzyme activity for FPase technique was *T. reesei* QM9414 with 0.15±0.02 FPU/mL (28 °C) and 0.11±0.02 FPU/mL at (35 °C), higher than the results *T. reesei* CCT2768 (0.09±0.02 FPU/mL - 35 °C) and *Aspergillus* spp. (0.07±0.01 FPU/mL - 28 °C) ($p<0.05$) (Table 2). The CMCase technique fungus with higher enzyme activity was *T. reesei* QM9414 with 1:17±0.13 CMC/mL (28 °C), followed by *T. reesei* CCT2768 with 0.95±0.00 CMC/mL (28 °C) ($p<0.05$). However, both were much higher than the highest value of *Aspergillus* spp (0.7±0.16 CMC/mL - 28 °C) ($p<0.05$) (Table 2). The data show that the most promising fungus, both in technical FPase and CMCase was *T. reesei* QM9414 in 28 °C.

Based on the results presented in the previous step, the *T. reesei* QM9414 was fermented in four different media of cultures (Table 1) at pH 4.5 and temperatures of 28 and 35 °C. After fermentation (7 and 10 days) in the proposed means, enzyme complexes were quantified by FPase (Cellulase Total) and CMCase (Endoglucanase) techniques as well as proteases were quantified for the Azocasein technique. The results are shown in Table 3.

Table 3: Enzymatic activity of FPase (Cellulase Total - FPU/mL), CMCase (Endoglucanase - CMC/mL) and protease (U/mL) techniques in the fermentation at 28 to 35 °C, pH 4.5, with *T. reesei* QM9414.

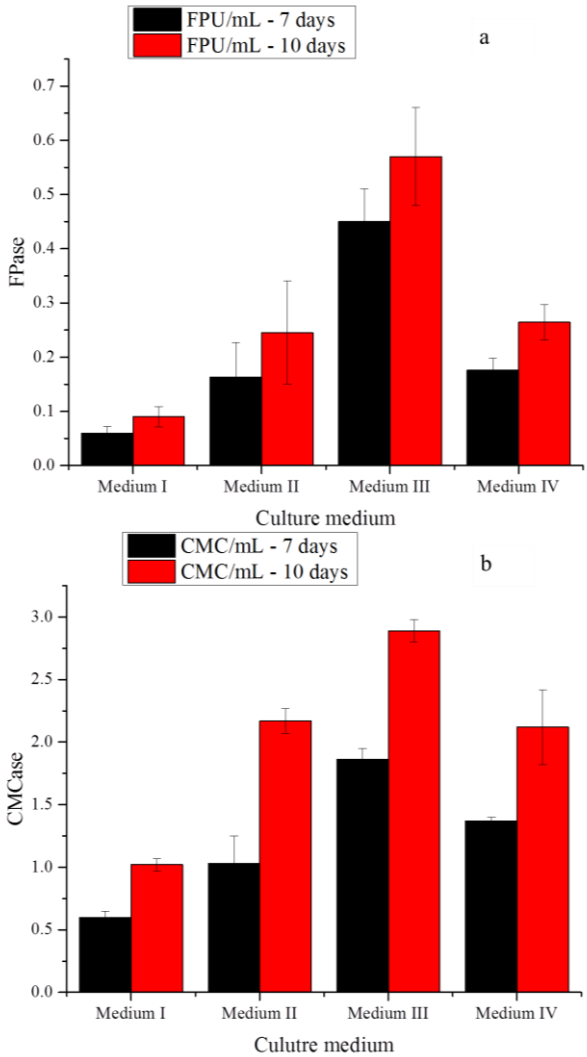
Medium		FPU/mL (Celulases Totais)		CMC/mL (Endoglucanase)		U/mL (Protease)	
		28 ºC	35 ºC	28 ºC	35 ºC	28 ºC	35 ºC
A	7 days	0.06±0.02^{a}	0.03±0.02^{a}	0.60±0.05^{I}	0.65±0.02^{I}	0.75±0.12^{m}	0.62±0.10^{m}
B		0.16±0.06^{b}	0.12±0.02^{b}	1.03±0.22^{II}	0.95±0.29^{II}	0.28±0.06^{n}	0.31±0.06^{n}
C		0.45±0.06^{d}	0.23±0.04^{c}	1.86±0.09^{III}	1.02±0.57^{II}	0.11±0.06^{o}	0.12±0.06^{o}
D		0.18±0.02^{b}	0.13±0.04^{b}	1.37±0.03^{IV}	1.26±0.09^{IV}	0.00±0.00	0.00±0.00
A	10 days	0.09±0.04^{b}	0.02±0.02^{a}	1.02±0.08^{II}	0.55±0.05^{I}	1.16±0.02^{p}	0.80±0.11^{m}
B		0.25±0.10^{c}	0.17±0.03^{b}	2.17±0.07^{V}	2.11±0.10^{V}	0.42±0.09^{q}	0.59±0.09^{q}
C		0.57±0.09^{e}	0.29±0.04^{c}	2.89±0.20^{VI}	2.13±0.09^{V}	0.21±0.02^{n}	0.23±0.05^{n}
D		0.26±0.03^{c}	0.20±0.04^{b}	2.12±0.80^{V}	2.09±0.30^{V}	0.00±0.00	0.00±0.00

Different Letters and numbers indicate they are statistically different ($p<0.05$).

The Medium C showed the highest activity values with 0.46±0.06 FPU/mL and 4.69±0.36 CMC/mL in 7 days of fermentation, 0.57±0.09 FPU/mL and 2.89±0.20 CMC/mL in 10 days of fermentation. A statistical analysis of comparison between the different times showed that there was a significant difference between the means of cellulolytic activity between the 7th and the 10th day where we got the peak enzyme production ($p<0.05$), indicating that a longer fermentation favors the growth of the fungi and production of enzyme complexes (figure 2a and 2b). However it is noteworthy that in longer times the nutritional reserves and the accumulation of toxic compounds would induce death of microorganisms, for the type of liquid fermentation studied in this study. The Medium A, which has low nutritional values, obtained the lowest results (0.06±0.02 FPU/mL and 0.60±0.05 CMC/mL) (Table 3), this fact demonstrates the need for nutritional supplementation for growth of microorganisms and production of enzyme complexes. Thus, the enriched Medium C achieved a gain of approximately 7.5 times the total cellulase and 7.6 times endoglucanase compared to Medium A. The same medium at 10 days of fermentation there was an increase of approximately 1.3 for both cellulolytic activity compared to 7 days of fermentation. Silva *et al.* (2013) managed to lower results, working with the *T.ressei* QM9414, sugarcane bagasse and sugarcane bagasse pretreated chemically (48 °C and 4% NaOH), 0.11±0.001 FPU/mL and 0.052±0.001 FPU/mL, respectively .

When compared to Medium C with Medium D, the need for protein supplementation became evident, since for reducing the concentration of 0.1% ($m.v^{-1}$) - Medium C to 0.01% ($m.v^{-1}$) - Medium D, of the yeast extract. Which affected the production of cellulolytic enzymes, falling 0.57±0.09 FPU/mL and 2.89±0.20 CMC/mL for 0.26±0.03 FPU/mL and 0.20±0.04 CMC/mL (28 °C to 10 days fermentation) ($p<0.05$) (Table 3 and figure 2). However the presence of $NH_4H_2PO_4$ (0.1% - $m.v^{-1}$) was shown to be crucial for a good enzyme production, since their addition in the culture medium did production of cellulolytic enzymes to rise up to 2.3 times to total cellulases and 1.7 times to endoglucanases (28 °C and 10 days of fermentation) (Table 3).

Figure 2: Comparison of cellulolytic activities for 7 and 10 days of fermentation (*T. reesei* QM9414): a) Cellulase Total (FPU/mL); b) Endoglucanase (CMC/mL).



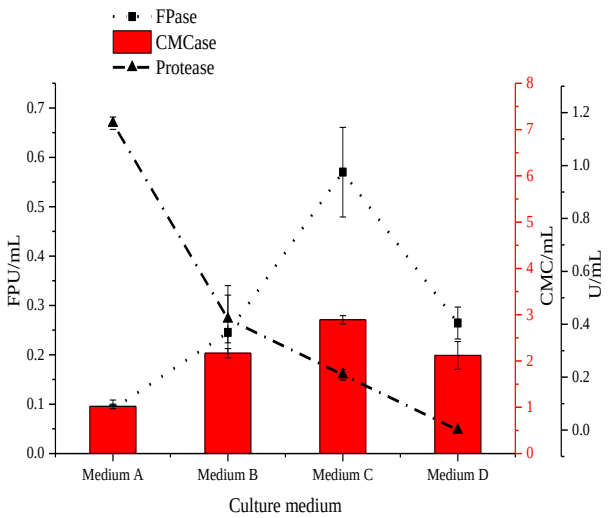
In this second phase of the study proteases were quantified in the *T. reesei* QM9414 extracts, it was evident that the higher the concentration of protein-rich compounds (yeast extract) higher production of proteolytic enzymes. So, even if the Medium A was lower than in the production of cellulases (0.06±0.02 FPU/mL and 0.60±0.05 CMC/mL), showed high results for this proteolytic enzyme complex with 0.75±0:12 and 1:16±0:02 U/mL, respectively 7 and 10 days of fermentation ($p<0.05$) when compared to other cultivation media (Table 2). The highest production of proteases was on the 10th day of fermentation (1.16±0:02 U/mL), but when the other analyzed enzyme activities are compared (comparing the other enzymatic activities analyzed - Cellulases Totals and Endoglucanase - Table 3) it is clear that these values are reversed (figure 3). Thus, the

ISSN 1809-3957

present study found that by decreasing the concentration of the yeast extract 0.5% to 0.01% (Table 1) decreases the production of protease and rises to produce cellulolytic enzymes (Table 3 and Figure 3).

The elevation of temperature has had a negative influence on the fermentation and production of enzyme complexes for all micro-organisms, media studied in both fermentation times (Table 2 and 3). The Medium C was obtained for 10 days fermentation 0.57±0.09 FPU/mL and 0.29±0.04 CMC/mL (28 °C), causing a drop of approximately 1.3 to 2 times the enzyme activity, comprising 0.29±0.04 FPU/mL and 2.13±0.09 CMC/mL ($p<0.05$) (Table 3). The same applies to the proteases produced in that the Medium A (28 °C) obtained 1.16±0.02 U/mL and the enzyme activity decreases to 0.80±0.11U/mL (35 °C) ($p<0.05$), both at 10 days of fermentation (Table 3). These results demonstrated that the temperature rise causes a loss of fungi yield growth, reflecting directly in the production of enzyme complexes.

Figure 3: Different enzymes produced (Cellulase Total, Endoglucanase and Proteases) for the four culture media studied, at 10 days of fermentation.



IV. CONCLUSION

The compilation of the results demonstrated that among the studied fungi and the culture media, the *T. reesei* QM9414 enriched Medium C had a higher efficiency in producing cellulolytic enzymes, using as substrate the orange residue. The compound $NH_4H_2PO_4$ can be used to replace yeast extract and supplement the culture medium with amine groups. With the Medium A, the microorganism obtained higher values of proteases, evidenced by the large amount of proteolytic activity. Rising temperatures had a negative influenced of the enzyme complex production. And for cellulolytic enzymes, bioprocess studied with the combination of orange bagasse with *T. reesei* QM9414 showed excellent gains in their production and procurement of these enzymes, this being a biotechnological innovation.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBHEVOR, F.A.; WEBER, J.. **Microbubble fermentation of *Trichoderma reesei* for cellulase prodution**. Process Biochesmistry. 40, 669-679. 2004.

CASTRO, A. M.; PEREIRA Jr., N.. **Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais**. Quim. Nova. 33, 181-188. 2010.

DASHTBAN, M.; SCHRAFT, H., Qin W.. **Fungal Bioconversion of Lignocellulosic Residues; Opportunities & Perspectives**. International Journal of Biological Sciences. 5, 578-595. 2009

FUJII, T.; MURAKAMI, K.; SAWAYANA, S.. **Cellulase Hyperproducing Mutants Derived from the Fungus *Trichoderma reesei* QM9414 Produced Large Amounts of Cellulase at the Enzymatic and Transcriptional Levels.** Biomass Technology Research Center, Nacional Institute Of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2-2-2 Hiro-suehiro, Kure, Hiroshima. Japan. 2010.

LEIGHTON, T.J.; DOI, R. H.; WARREN, R. A. J.; KELLN, R.A.. **The relationship of serine protease activity to RNA polymerase modification and sporulation in Bacillus subtilis**. J. Mol. Biol., v. 76, p. 103 – 122. 1973.

MANDELS, M.; ANDREOTTI, R.E.; ROCHE, C.. **Measurement of scarifying cellulose**. Biotechnol. Bioeng. Symp., v.6, p.1471, 1976.

MILLER, G.L.. **Use of de dinitrosalicylic acid reagent of determination of reducing sugar**. Analytical Chemistry. 31, 426-428. 1959.

NCUBE, T.; HOWARD, R.L.; ABOTSI, E.K.; van RENSBURG, E.L.J.; NCUBE I.. **Jatropha curcas seed cake as substrate for production of xylanase and cellulase by *Aspergillus niger* FGSCA733 in solid-state fermentation**. Industrial Crops and Products, 37, 118-123. 2012.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V.T.. **Biotechnological potential of agro-industrial residues: sugarcane bagasse**. Bioresource Technology. 74, 69-80. 2000.

SILVA, D.F.; CAMARGO, R.; KIYOHASHI, M.H., CARVALHO, A.F.A.; OLIVA-NETO, P.. **Pré-tratamento alcalino de bagaço de cana-de-açúcar e produção de enzimas celulolíticas pelo fungo *Trichoderma reesei* QM9414**; In: 27º Congresso Brasileiro de Microbiologia. 2013.

UENOJO, M.; PASTORE, M.G.. **Pectinases: aplicações industriais e perspectivas**. Quim. Nova, v.30 (2), p.388-394. 2007.

VI. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

VII. ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) for financial support.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

MINIMIZAÇÃO DA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO EM PROCESSOS DE FOTOATIVAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS

PEDRO HENRIQUE DE ANDRADE AFFONSO[1]; EDILMAR MARCELINO[2]; GABRIEL CARDOSO[1]; GABRIEL FELIPE GUIMARAES[1]; RAFAEL MATHEUS NUNES TEIXEIRA[1]; RODRIGO DITT LUTTI[1]; BÁRBARA MARABELI FERNANDES DE MELO[1]; JUAN VICTOR ANDRADE PONCE[1]; RAFAEL PLANA SIMÕES[1]
1 – UNESP – Univ. Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Campus de Botucatu;
2 – UNESP – Univ. Estadual Paulista, Faculdade de Medicina (FMB), Divisão Hemocentro, Campus de Botucatu.
rafael@fca.unesp.br

Resumo - As resinas compostas são os materiais mais utilizados em restaurações dentárias diretas. Os resultados estéticos das restaurações utilizando resinas compostas são excelentes, contudo, alguns comportamentos mecânicos durante e após o processo de polimerização são insatisfatórios, em especial, a elevada contração de polimerização. Vários trabalhos de pesquisa tem se dedicado a estudos para melhoria do processo de polimerização sugerindo a produção de novos compostos com características que possam minimizar os efeitos da contração, como a substituição das substâncias fotoiniciadoras e a adição de catalisadores da reação química. Outra grande parte dos trabalhos investiga influências dos parâmetros de polimerização, como a densidade de potência luminosa e o tempo de exposição para consignação da polimerização das resinas fotossensíveis. Contudo, ainda há poucos projetos que se dediquem ao estudo e melhorias nos aparelhos fotoativadores para promover uma padronização técnica-operacional para os cirurgiões ddentistas durante o processo de polimerização. Em face do exposto, o presente trabalho investigou a otimização do processo de fotoativação pela variação contínua da intensidade luminosa em função do tempo de exposição da resina à fonte de luz com o objetivo de minimizar os efeitos de contração de polimerização. Para tal, foi necessário o desenvolvimento de um aparelho fotoativador alternativo aos disponíveis convencionalmente, agregando funções para o controle digital de intensidade luminosa e possibilitando sua variação contínua durante o processo de polimerização. Esse aparelho foi construído utilizando um micro-controlador Arduino e uma interface computacional para operação do equipamento. Para encontrar uma função ótima de polimerização, foram utilizados resultados preliminares reportados por trabalhos científicos da área. A tensão de contração de polimerização foi avaliada de forma contínua durante a fotoativação em uma máquina de ensaios universal. A eficácia do processo de polimerização foi avaliada pela determinação de dureza Shore D da superfície da resina. Os resultados obtidos mostram que o processo de polimerização proposto reduziu em 45% a tensão de contração em comparação à técnica convencional de fotoativação, isso sem afetar a dureza da resina polimerizada.

Palavras-chave: Resinas Compostas. Fotoativação. Contração de Polimerização.

I. INTRODUÇÃO

As resinas odontológicas compostas surgiram no início dos anos 60 na tentativa de se obter um material restaurador estético que fosse superior aos utilizados nesse período. Atualmente as resinas compostas são os materiais mais utilizados em restaurações dentárias. Esse tipo de resina proporciona um resultado estético imediato de boa qualidade, porém, observam-se ao longo do tempo comportamentos insatisfatórios causados pela excessiva contração de polimerização e por alterações dimensionais bastantes significativas durante as trocas térmicas (JUNIOR *et al*., 2001). Com o passar do tempo, esses problemas podem ocasionar microinfiltrações na interface de adesão do dente com a resina composta, propiciando a recidiva da lesão de cárie e afetando a estética da restauração. (BRAUN *et al*., 1998).

Vários esforços têm sido realizados para minimizar os efeitos desse comportamento insatisfatório, especialmente no que se refere às investigações para aprimoramento da composição das resinas, dos elementos fotoativadores e dos agentes catalisadores do processo de polimerização (RÜTTERMANN *et al*., 2010).

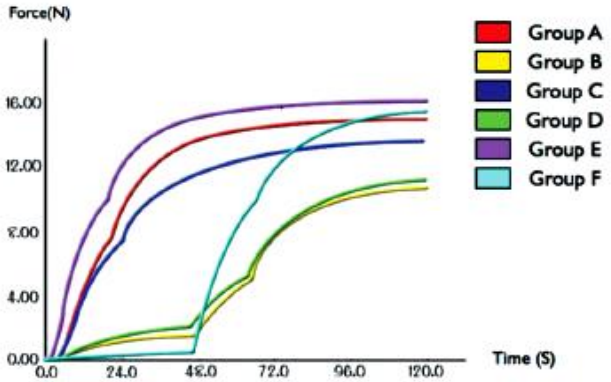
Atualmente, o processo de polimerização de resinas compostas é executado utilizando aparelhos fotoativadores com LED. Esses aparelhos são fabricados com LEDs denominados de segunda geração, os quais são fabricados dentro de especificações que atendem os procedimentos operatórios na área da Odontologia Restauradora, tendo por base o desencadeamento do processo de polimerização de sistemas resinosos a partir da emissão de luz com faixa espectral específica e com potência luminosa para polimerização do material restaurador (RUEGGEBERG, 2011). O espectro de emissão luminosa dos LEDs da segunda geração é adequado para a polimerização de resinas na qual o processo de polimerização é iniciado pela canforoquinona, que absorve energia luminosa em comprimentos de onda que variam de 450 nm a 500 nm (BHAMRA; FLEMING; DARVELL, 2010). Além disso, essa categoria de aparelhos ainda possui baixo consumo de energia elétrica (KURACHI *et al*., 2001).

Todos esses fatos culminaram em um período de grande difusão comercial de aparelhos fotoativadores com LED. Contudo, os equipamentos com LED disponíveis no mercado possuem comandos de controle muito limitados, os quais, quase que em sua totalidade, permitem ao operador apenas controles de tempo de ativação e modulação da densidade de potência com valores pré-determinados.

ISSN 1809-3957

Nesse contexto, é importante observar que a variação da intensidade luminosa pode alterar significativamente a contração da resina durante o processo de polimerização. O trabalho de Ishikiriama *et al*. (2012) faz um monitoramento da variação da força de contração em resinas polimerizadas sob diferentes condições de exposição à luz fotoativadora. A Figura 1 mostra os resultados para dois processos de polimerização com diferentes parâmetros, conforme segue: 1) técnica de *pulse delay* (grupos B, D, F), que consiste na ativação com luz durante 5 s com intensidade de 100 mW/cm^2, seguida de um intervalo de 40 s sem exposição à luz e, por final, ativação com luz durante 20 s com intensidade de 600 mW/cm^2 e; 2) pulso contínuo (grupos A, C, E): ativação com luz durante 20 s com intensidade luminosa de 600 mW/cm^2.

Figura 1 – Forças de contração de polimerização em função do tempo de ativação para os grupos A, B, C, D, E e F de resinas compostas. O experimento foi realizado a 23 º C ± 2 ºC.



Fonte: ISHIKIRIAMA *et al*., (2012).

Os resultados obtidos por Ishikiriama *et al*. (2012) mostram claramente que o padrão de variação da intensidade luminosa durante o processo de polimerização tem influência direta sobre a tensão de contração. Entretanto, esse tipo de estudo é limitado às funções dos aparelhos fotoativadores disponíveis no mercado. Para um estudo mais aprofundado da influência da intensidade luminosa e do tempo de exposição da resina à fonte de luz durante o processo de polimerização, foi desenvolvido um aparelho fotoativador com controles que permitem variar de forma contínua a intensidade luminosa durante o processo de fotoativação. Esse aparelho foi utilizado para fotoativar resinas por métodos convencionais (com intensidade luminosa constante) e um método variando a intensidade luminosa de acordo com uma função de minimização de contração obtida por tratamento matemático dos resultados obtidos para o método convencional. A avaliação da qualidade da resina polimerizada foi realizada pela determinação da dureza superficial das resinas polimerizadas pelos dois métodos.

II. PROCEDIMENTOS

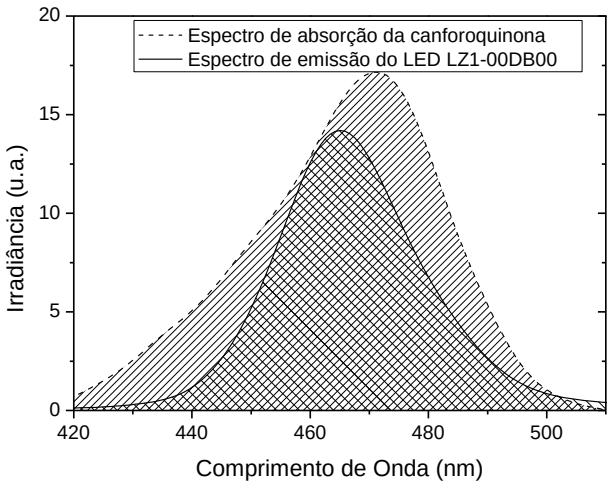
A. Desenvolvimento do aparelho fotoativador

O aparelho fotoativador é constituído basicamente por: um *software* para controle digital da intensidade luminosa do LED; um dispositivo micro-controlador que faz a comunicação entre o *software* controlador e a fonte luminosa e; um circuito eletrônico para modulação da tensão e intensidade de corrente elétrica que alimenta o LED.

Como dispositivo de interface entre o *software* controlador e o LED fotoativador foi utilizado o micro-controlador Arduino Uno. O *software* para gerenciamento do micro-controlador foi desenvolvido em linguagem Arduino, o qual permite o controle do tempo de ativação, assim como da função de variação da intensidade luminosa do aparelho.

Como fonte luminosa foi utilizado um LED de segunda geração do fabricante LED Engin, modelo LZ4-00D100. Esse LED possui espectro de emissão luminosa na região da cor azul (com pico de emissão em aproximadamente 470 nm), com potência total de 10W. O espectro de emissão do LED utilizado é adequado para a fotoativação da canforoquinona, conforme listrado na Figura 2.

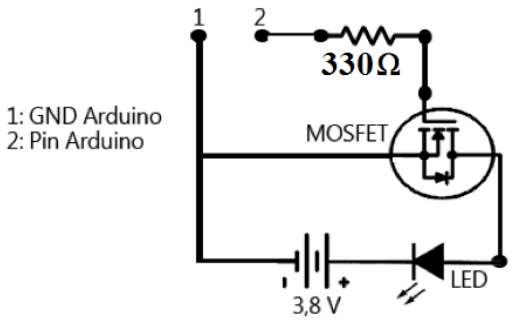
Figura 2 – Espectro de emissão luminosa do LED LZ1-00DB00 e espectro de absorção luminosa da canforoquinona.



Fonte: Adaptado de Jandt e Mills (2013).

O circuito auxiliar para modulação da tensão e corrente elétrica foi impresso em uma placa de fenolite através de um processo químico envolvendo a corrosão do material não protegido pelas trilhas impressas na placa. No circuito também foram utilizados: um MOSFET FQP30N06, uma resistência de 330 Ohms e uma bateria auxiliar de 3,8 V e 2400 mAh. A Figura 3 apresenta um esquema do circuito utilizado.

Figura 3 – Circuito auxiliar desenvolvido para controle da tensão e intensidade de corrente elétrica no LED.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

B. Monitoramento da tensão de contração

O monitoramento da tensão de contração foi realizado utilizando uma máquina de ensaios universal modelo Emic DL 500, da empresa Emic Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda. Para a utilização desse equipamento foi

ISSN 1809-3957

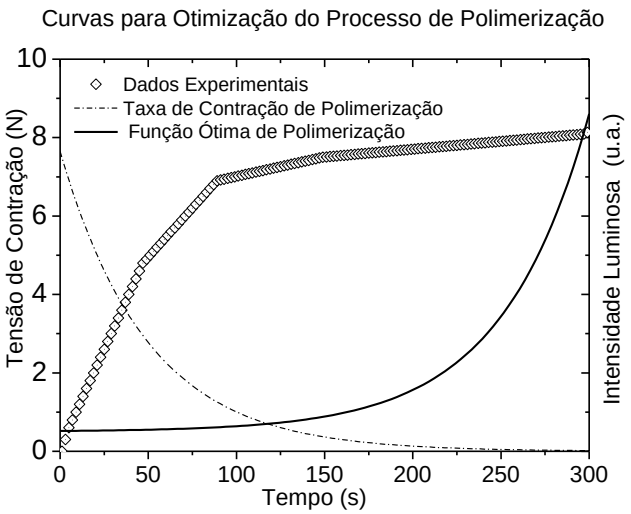
necessário o acoplamento de dois extensores metálicos de base retangular (6 mm x 2 mm). O extensor superior foi acoplado ao braço móvel ligado à célula de carga do equipamento. O extensor inferior foi acoplado à base fixa da máquina. A fenda entre os dois extensores, na qual a resina foi inserida, foi regulado com uma extensão de 1 mm, de forma que o corpo de prova a ser polimerizado teve as seguintes dimensões: 6 mm x 2 mm x 1mm. O monitoramento da tensão de contração foi realizado pelo *software* que controla e faz aquisição de dados do equipamento. A tensão de contração foi monitorada pelo equipamento durante 300 s a partir do início do processo de fotoativação. A resina utilizada para os ensaios no presente trabalho foi a resina composta universal NT Premium, Fill Magic, A2 Esmalte, da fabricante Coltene Whaledent.

C. *Determinação da função de minimização da tensão de contração e métodos de fotoativação utilizados*

Para os ensaios de polimerização foram utilizados dois processos de fotoativação. O primeiro processo consiste em utilizar uma fonte com intensidade luminosa constante de 300 mW/cm^2 durante os 30 s de fotoativação, sendo esse o processo convencional utilizado para fotoativação das resinas compostas e denominado neste trabalho como método convencional.

A partir de um pré-teste de monitoramento da tensão de contração utilizando o método convencional de polimerização, foi possível obter uma função de minimização da tensão de contração. Para executar este cálculo, a taxa de variação da tensão de contração da resina em função do tempo de polimerização foi determinada utilizando diferenciação simples. A curva inversa dessa variação foi escolhida como função ótima para o processo de ativação. A Figura 4 ilustra os resultados obtidos nos pré-testes. O segundo método de polimerização consistiu em utilizar o padrão da função ótima para minimização de contração (função exponencial crescente) durante 30 s para fotoativação das resinas, sendo este nomeado no presente trabalho como método de minimização.

Figura 4 – Curvas de dados experimentais da tensão de contração para o método convencional; taxa de contração de polimerização normalizada e; função de otimização da polimerização.



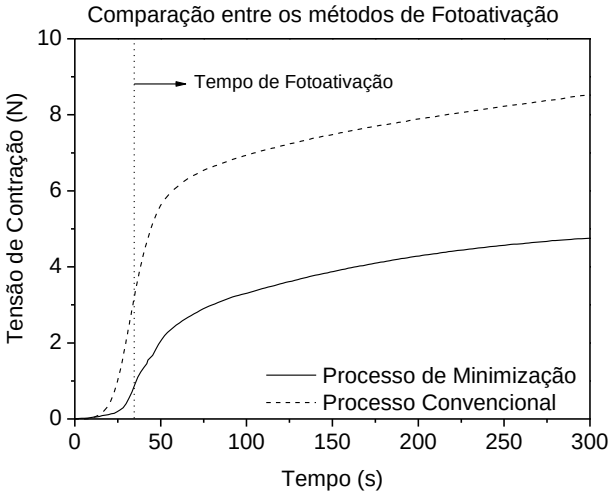
D. *Ensaios de Dureza*

Para os ensaios de dureza foi utilizada uma matriz de aço inoxidável com uma cavidade para inserção da resina com as mesmas dimensões utilizadas nos ensaios de tensão de contração (6 mm x 2 mm x 1mm). As resinas foram fotoativadas utilizando o método convencional e método de minimização, sendo que foram fabricados 5 corpos de prova para cada método. Esses cinco corpos de prova tiveram sua dureza superficial determinada em três pontos distintos utilizando um durômetro de escala Shore D do fabricante Zwick, modelo DIN 53505.

III. RESULTADOS

A Figura 5 apresenta as curvas de tensão de contração obtidas para o método convencional e o método de minimização de fotoativação.

Figura 5 – Curvas de tensão de contração em função do tempo para o método convencional e o método de minimização.

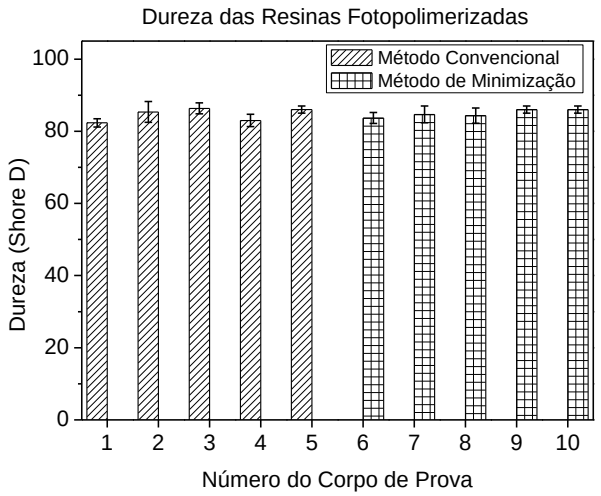


A Figura 5 mostra claramente que o padrão obtido para o método de minimização resultou em menor tensão de contração, tanto para o período de fotoativação (30 segundos iniciais do processo), assim como para o período subsequente à fotoativação. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o método de minimização de fotoativação pode estender a fase de polimerização denominada de pré-gel, fase na qual as moléculas de polímeros podem se deslocar no material em posições para compensar a tensão gerada pelo processo de polimerização. Destaca-se que a tensão de contração no final do monitoramento para o processo convencional foi de aproximadamente 8,5 N, enquanto que para o processo de minimização foi de 4,7 N. Sendo assim, a tensão na resina para o método de minimização foi aproximadamente 45% menor que para o processo convencional.

A Figura 6 apresenta os resultados de dureza superficial das resinas fotopolimerizadas pelo método convencional e pelo método de minimização. Os resultados mostram que não há diferença estatisticamente significativa na dureza das resinas fotopolimerizadas pelo método convencional e pelo método de minimização da contração de polimerização, denotando que não há prejuízo para o processo de fotoativação utilizando o método de polimerização proposto pelo presente estudo.

ISSN 1809-3957

Figura 6 – Dureza superficial das resinas fotopolimerizadas pelo método convencional e pelo método de minimização da tensão de contração de polimerização. A barra de erro apresentada em cada coluna corresponde ao desvio padrão da dureza nos três pontos diferentes de cada corpo de prova.



IV. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho revelam que aparelho fotoativador desenvolvido neste estudo (com funções de controle digital e contínuo da intensidade luminosa durante o processo de fotoativação) é mais eficiente que um aparelho convencional para a redução dos efeitos da contração de polimerização em resinas compostas utilizadas para restaurações dentárias.

A técnica de minimização da contração de polimerização apresentou uma redução de 45% da tensão final de contração sem causar prejuízos à dureza superficial das resinas fotopolimerizadas, mostrando-se uma técnica viável para aplicação prática em consultórios odontológicos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHAMRA, G. S.; FLEMING, G. J. P.; DARVELL, B. W. **Influence of LED irradiance on flexural properties and Vickers hardness of resin-based composite materials**. Dental Materials, v. 26, n. 2, p. 148–155, fev. 2010.

BRAUN, K. O. et al. **Use of microwave energy for processing acrylic resin near metal**. Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo, v. 12, n. 2, p. 173–181, abr. 1998.

ISHIKIRIAMA, S. K. et al. **The influence of "C-factor" and light activation technique on polymerization contraction forces of resin composite. Journal of applied oral science**. Revista FOB, v. 20, n. 6, p. 603–606, dez. 2012.

JANDT, K. D.; MILLS, R. W. **A brief history of LED photopolymerization**. Dental Materials, v. 29, n. 6, p. 605–617, jun. 2013.

JUNIOR, S. et al. **Odontologia estética: fundamentos e aplicações clínicas: restaurações indiretas sem metal: resinas compostas e cerâmica**. [s.l.] Santos, 2001.

KURACHI, C. et al. **Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices**. Dental Materials, v. 17, n. 4, p. 309–315, jul. 2001.

RUEGGEBERG, F. A. **State-of-the-art: Dental photocuring — A review**. Dental Materials, v. 27, n. 1, p. 39–52, jan. 2011.

RÜTTERMANN, S. et al. **Impact of replacing Bis-GMA and TEGDMA by other commercially available monomers on the properties of resin-based composites**. Dental Materials, v. 26, n. 4, p. 353–359, abr. 2010.

VI. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-3	**PLATAFORMA DE CONEXÃO MULTI-USUÁRIO DE BAIXO CUSTO E ALTO DESEMPENHO – WIFI MARKET** Mateus S. F. Lamas; Daniel F. Siqueira; João Filipe B. Carvalho; Marco A. Baleeiro; Humberto X. Araujo
3-1	**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS NATURAIS POR RECICLADOS NA RESISTÊNCIA E NA POROSIDADE DE UM CONCRETO PERMEÁVEL** Priscila Borges Alves; Antonio Anderson Da S. Segantini; Marco Antonio De Morais Alcântara
3-1	**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PROTÓTIPO DE TELHADO VERDE EXTENSIVO** Luane De Almeida Pinto; Joecila Santos Da Silva; Stéphane Calmant
3-1	**PLANO GERAL DE APROVEITAMENTO TURÍSTICO, EDUCATIVO, CIENTÍFICO E ECOLÓGICO: uma proposta para o parque estadual da Ilha Anchieta** Moraes-Santos, Eliana Cristina
3-4	**AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO E PESQUISA VISANDO NÍVEL A PELO RTQ-C** Ribeiro, R.B.P.; Zemero, B.R.; Tostes, M.E.L.; Bezerra, U.H.; Carvalho, C.C.M.M.
3-4	**ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO DE BARRAS PV NA CONVERGÊNCIA DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO DO FLUXO DE POTÊNCIA VIA INJEÇÃO DE CORRENTE** Cristina C. De Oliveira; A. Bonini Neto; Dilson A. Alves
3-4	**ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA BIM EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS E ETIQUETAGEM DO PROCEL: ESTUDO DE CASO SITUADO NA ZONA BIOCLIMÁTICA AMAZÔNICA** Bruno Ramos Zemero; Maria Emília De L. Tostes; Ricardo B. P. Ribeiro; Carminda Célia M. De M. Carvalho
3-4	**ANÁLISE DE ESTABILIDADE ROBUSTA DO CONTROLE DE CORRENTE DA PONTE MONOFÁSICA A TIRISTOR ALIMENTANDO UMA CARGA RL** Talita C. S. Rischter; Luis H. C. Ferreira; Enio R. Ribeiro
3-4	**APLICAÇÃO DE TCSC NA DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA: ESTUDO DE CASO** Íris De Jesus Moraes; Domingos Sávio Lyrio Simonetti; Edmilson Bermudes Rocha Júnior
3-4	**MODELAGEM DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DE UMA SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS** Emerson Felipe Araújo Magalhães; José Arnóbio De Araújo Júnior; Marcus Vinícius Americano Da Costa Filho; Robson Da Silva Magalhães
3-4	**PLANEJAMENTO ENERGÉTICO A LONGO PRAZO DE SISTEMAS HIDROELÉTRICOS DE GERAÇÃO** Andressa Pereira Oliveira; Luciana Martinez

3-4	**PROPOSTA DE AÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM O USO DE LÂMPADAS DE LED NO NAVIO PATRULHA GUARUJÁ P49** Suzane Cruz De Aquino; Thiago Costa Dos Santos; Maria Emília De Lima Tostes; Hito Braga De Moraes
3-4	**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICO ISOLADO E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA: ESTUDO DE CASO EM CONDOMINIO HORIZONTAL** Orlando Moreira Guedes Junior; Teófilo Miguel De Souza
3-4	**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO A LED** Dalmacio Almeida; Teófilo Miguel De Souza
3-4	**SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE POR ILUMINAÇÃO A LED EM UM CENTRO COMERCIAL NA CIDADE DE APARECIDA, SP** Evaldo Chagas Gouvêa; Teófilo Miguel De Souza
3-4	**UMA ANÁLISE PREVENTIVA E COMPARATIVA DO PROBLEMA FLUXO DE POTÊNCIA ÓTIMO COM RESTRIÇÃO DE SEGURANÇA** Marina Teixeira Costa; Edméa Cássia Baptista; Leonardo Nepomuceno
3-5	**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE FINOS DOS PRECIPITADORES** Santos, Guilherme Souza; Silva, José Antônio Da; Assunção, Teresa Cristina Bessa Nogueira
3-5	**AVALIAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS QUE NÃO INTERFEREM EM GRANDES ÁREAS AGRÍCOLAS** Maria Claudia Costa De Oliveira Botan; Adeylson Guimarães Ribeiro; Ana Paula Del Duca; Davi Fortes Galvão; Marcelo De Paula Corrêa
3-5	**SOBRE A GEOMETRIA DO PIVOT DE SCHIELE** Sílvio Antonio Bueno Salgado; Mateus Do Nascimento
3-8	**A TECNOLOGIA SENSORIAL COM APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE A SERVIÇO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA, EM CONSONÂNCIA À LEI Nº 13.146 DE 06 DE JULHO DE 2015.** Marcello Anderson Melo Buonafina; Mirian De Souza Alves; Alysson Ramirez De Freitas Santos; Jair Minoro Abe
3-8	**ADEQUAÇÃO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL À LEAN CONSTRUCTION - ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA - AL** Eraldo Albuquerque Oliveira; Ava Santana Barbosa; Cristiano Hora De Oliveira Fontes
3-8	**DOMÓTICA E INTERNET DAS COISAS APLICADAS PARA APOIO À PESSOAS IDOSAS** Fábio De Araújo Leite; Rodrigo Franco Gonçalves; Alan Kilson Araújo; Victoria Regia Cordeiro De Souza
3-8	**ESTUDO COMPARATIVO DO SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO DA OIT E AS NR´S** Linardy De M. Sousa; Pedro Luiz De O.C. Neto; Thaís R. Ibiapino; Carla S. P. Portela
3-8	**ESTUDO DO LEAN MANUFACTURING EM EMPRESAS DO RAMO AUTOMOBILÍSTICO** Marco Antonio Equi; Miroslava Hamzagic; Luiz Eduardo Nicolini Do Patrocinio Nunes; Carlos Alberto Chaves

3-8	**INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS NA GESTÃO LOGÍSTICA COMO FERRAMENTA DE MELHORIA ORGANIZACIONAL: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE MÓVEIS NO NORDESTE** Francisco Lurdilson De Sá Sousa; Marcos Venícius Alves Da Silva; Antônio Vinícius Oliveira Ferreira
3-8	**INTERNET DAS COISAS: POTENCIALIDADES PARA A GESTÃO PÚBLICA** Alan Kilson Ribeiro Araújo; Danilo Alves Do Nascimento; Fábio De Araújo Leite; Rodrigo Franco Gonçalves
3-8	**INTERNET DAS COISAS: UMA AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE INSTRUMENTOS REGULATÓRIOS** Alan Kilson Ribeiro Araújo; Fábio De Araújo Leite; Danilo Alves Do Nascimento; Rodrigo Franco Gonçalves
3-8	**PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE APLICADOS NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DO VESTUÁRIO EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE** Carla S. P. Portela; Thaís R. Ibiapina; Linardy De M. Sousa; Darlene S. Dos Santos; Pedro Luiz De O. Costa Neto
3-8	**QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO: UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA QVT EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL PÚBLICA** Cavalcante, Roberto M. F.; Rocha, André L.; Bandeira, Anselmo A.; Pontes, Karen V.
3-8	**REDUÇÃO DO TEMPO NECESSÁRIO PARA LANÇAMENTO DE UM VEÍCULO COM SUPORTE DE SIMULAÇÃO DIGITAL PARA REALIZAR ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA SUA COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO NACIONAL** Gomes, J. A.; Correa, V. A.; Nunes, L. E. P.; Gomes, J. A.; Lindgren, M. R. H. O.; Lindgren, P. C. C.
3-8	**TÉCNICA MULTI-AGENTE PARA CONSTRUÇÃO DE ÁRVORES DE FALHAS E SUA APLICAÇÃO NA COPA DO MUNDO FIFA 2014** Felipe Correia Gonçalves; Carolina De Azerêdo Amaro; Isabel Sartori; Marcelo Embiruçu
3-11	**UMA ANÁLISE DE CUSTO ENTRE O USO DE UM NAVIO DE PASSAGEIROS COMPARATIVAMENTE AO TRANSPORTE PÚBLICO RODOVIÁRIO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM** Suzane Cruz De Aquino; Alan Monteiro Borges; Maria Emília De Lima Tostes; Hito Braga De Moraes
3-13	**AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH POTENCIALMENTE BACTERICIDA** Erbereli, R.; Cesar, R.; Netto, A. M.; Rollo, J. M. D. A.
9-16	**NETWORK HARDWARE REVIEW FOR A LOCATION SYSTEM** Luiz Alberto Queiroz Cordovil Júnior; Moisés Pereira Bastos; Ana Carolina Oliveira Lima
9-16	**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE DADOS PROVENINENTES DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA LOCALIZADA EM ÁREA DE DIFÍCIL ACESSO** Kenny Anderson Queiroz Caldas; Moisés Pereira Bastos
9-16	**UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS TTP E FLEXRAY USANDO UM SIMULADOR DE TEMPO REAL** Moisés Pereira Bastos; Osamu Saotome; Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PLATAFORMA DE CONEXÃO MULTI-USUÁRIO DE BAIXO CUSTO E ALTO DESEMPENHO – WIFI MARKET

MATEUS S. F. LAMAS; DANIEL F. SIQUEIRA; JOÃO FILIPE B. CARVALHO; MARCO A. BALEEIRO; HUMBERTO X. ARAUJO
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
wifimarkett@gmail.com, hxaraujo@uft.edu.br

Abstract - Neste trabalho será apresentado conceito de conexão multiusuário de baixo custo e alto desempenho - WiFi Market. Tal plataforma pretende ampliar a qualidade de acesso à internet móvel para todos os usuários de dispositivos móveis, tendo em vista a insatisfação dos usuários para com o modelo atual. Trata-se de um aplicativo que irá intermediar o acesso de seus usuários para com os fornecedores de internet, que serão redes Wi-Fi compartilhadas dentro de uma plataforma de maneira segura, proporcionando uma nova experiência de conexão, prática e eficiente. Para que tal plataforma seja viável, atendendo grande parte da população foi estipulado um mínimo de redes a serem compartilhadas, proporcionando um melhor acesso a internet de qualidade para a sociedade.

Keywords: Wi-Fi. Compartilhamento. Internet. Plataforma de Conexão. Dispositivos Móveis.

I. INTRODUÇÃO

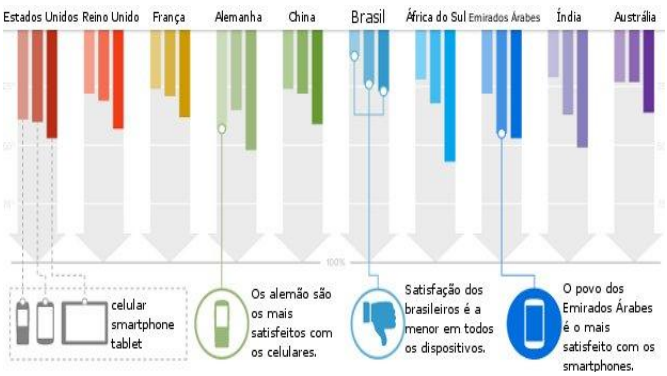
Em meados dos anos 90, empresas como Ericsson, Unwire Planet e Nokia desenvolveram um sistema operacional sem fio denominado WAP (*wireless application protocol*) e foram pioneiras no desenvolvimento de dispositivos móveis. A partir daí surgiu um novo conceito de mobilidade e uma série de novas tecnologias, como SMS e a internet 3G.

Contudo, ao passo com que esses serviços foram desenvolvidos e oferecidos como produto, surgiram também os primeiros clientes insatisfeitos. Não há comparação entre a qualidade dos serviços oferecidos há 20 anos, porém mesmo com todos os avanços tecnológicos ainda existe um contingente muito grande de insatisfação por parte dos clientes de telefonia móvel, principalmente em relação aos seguintes aspectos que foram enumerados através de um questionário realizado pelos autores:

- Sinal fraco em grande parte das localidades;
- Velocidade baixa de transmissão de dados;
- Limite de dados diário reduzido;
- Cobrança de pacotes caros, que em média obtida pela análise do principal pacote oferecido pelas empresas dominantes é de R$ 40,92 mensais por 600 MB.

Pacotes, os quais sempre que excedidos passam a ser onerosos, tornando a experiência com a conexão móvel ruim, e os clientes brasileiros os mais insatisfeitos do mundo, de forma que tal constatação pode ser observada através da Figura 1.

Figura 1 - Grau de satisfação dos usuários com dispositivos móveis em geral.



Devido a isso os clientes insatisfeitos optam por conexões mais eficientes como redes Wi-Fi para seus dispositivos móveis quando pretendem realizar tarefas, pesquisar informações ou solicitar serviços que necessitam maior demanda online. Atribuições que a cada dia passam a ser uma experiência mais eficiente e rápida quando feita por meio da internet, pois segundo Bill Gates, fundador da Microsoft, maior empresa de software do mundo, "A Internet auxiliará a obter livre fricção do capitalismo ao colocar comprador e vendedor em contato direto e providenciar mais informação para ambos sobre cada um." Perspectiva que vem se comprovando, tendo em vista que as empresas as quais melhor souberam utilizar dessa ferramenta estão dominando seus respectivos ramos, tais como: Facebook e Google em relação a difusão de informações, Airbnb maior empresa de hospedagem do mundo, Uber maior empresa de taxi do mundo e Alibaba e Amazon as maiores empresas varejistas do mundo.

Desta forma essa pesquisa tem como foco ressaltar a importância de estar conectado para a comunidade, apresentar uma nova alternativa de conexão para acabar com a insatisfação dos usuários de dispositivos móveis no Brasil, ao demonstrar as tendências do mercado de tecnologias relacionadas á conectividade e à internet. A partir da concepção de uma nova plataforma para dispositivos móveis que consiga arcar com a recente demanda online exigida pela sociedade por meio do aplicativo WiFi Market.

II. JUSTIFICATIVA

A internet é a principal fonte de informação e meio de comunicação do século XXI. Foi concebida durante a Guerra Fria devido a finalidades militares. Ao longo do

ISSN 1809-3957

tempo ela se modificou de diversas maneiras, na década de 1990 se tornou utilizável pela população deixando o foco militar, em 1997 o primeiro conceito de internet sem fio foi concebido, e mais tarde em 2003 foi chamado de wireless fidelity (Wi-Fi). Desde então exerce grande influência em diversos âmbitos da sociedade, tais como econômico, político e cultural.

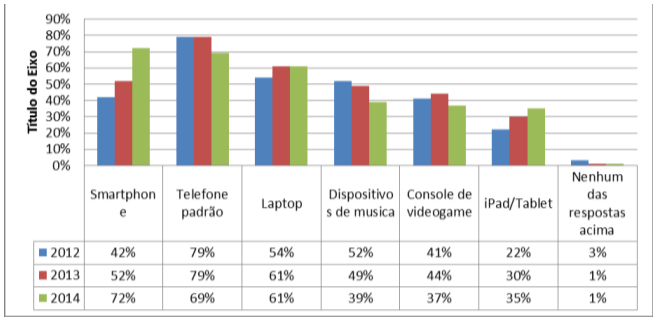
Devido a essa particularidade como meio de comunicação ela possui um caráter massivo e interativo, propiciando aos indivíduos como diz Clay Shirky em seu livro Lá Vem Todo Mundo, "uma nova maneira de se organizar sem a intermediação de empresas, partidos, e outras instituições, compartilhando informações, produzindo de maneira colaborativa e até planejando ações coletivas de grande porte". Como ocorreu nos eventos da primavera Árabe e nas manifestações nacionais contra o aumento da tarifa imposto pelo governo em 2013, que foram bem sucedidos devido à insatisfação dos cidadãos para com as decisões políticas e econômicas de seus respectivos países e a capacidade de organização dos mesmos para reivindicarem seus direitos que a internet os proporcionou.

Contudo, hoje o governo estimula seu uso, como exemplificado na lei Nº 12.965 como fundamento o respeito à liberdade de expressão e estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da internet no Brasil. Cita em seu primeiro capítulo, no artigo quatro, que a internet é um direito de todos, e que existe a fomentação a ampla difusão de tecnologias e modelos de acesso.

Com esse objetivo, de diminuição da exclusão social e de democratização do acesso a novas tecnologias, que cidades reconhecidas pelo seu elevado Índice de desenvolvimento humano como Barcelona, Paris, Helsinque e Taipei desenvolvem políticas públicas de inclusão digital por meio da disponibilização de internet gratuita e livre para população, em seus principais espaços públicos a fim de melhorar a qualidade de vida de seus habitantes além de propiciar uma melhor correlação entre os cidadãos e as empresas, que a cada dia estão mais dependentes deste meio de comunicação para familiarizar-se com seus consumidores, por tornar essa interação mais fácil e prática. Nesse contexto, diversas ferramentas são pensadas com base na sua utilização, como: Mercado Livre, Uber, Airbnb, Easy Taxy, entre outros, que passaram a dominar seus respectivos ramos.

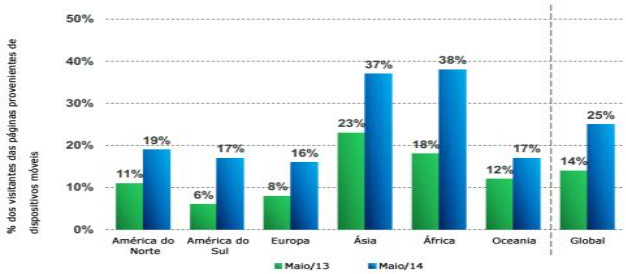
Com esse intuito importantes cidades Brasileiras estão desenvolvendo projetos semelhantes, como São Paulo que proporcionou acesso em praças e estações de metrô e Rio de Janeiro, que agora possui livre acessa a internet na orla de Copacabana. Entretanto essas medidas estão longe de atingir parte significante da população. Pois em virtude da popularidade e importância que a internet obteve, houve nos últimos anos um aumento exponencial de dispositivos adquiridos pela população capazes de se conectar com a internet móvel fornecida pelas operadoras sobrecarregando-as, tal como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Estatística dos dispositivos eletrônicos conectados a rede de dados.



Porém, como já dito, as operadoras se encontram sobrecarregadas, pois não se prepararam para demanda que iria surgir aos seus serviços, e a tendência mundial é que essa quantidade aumente:

Figura 3 - Uso de dispositivos móveis como porcentagem do uso da web.



Agravando a disponibilidade dos serviços, que atualmente são um dos piores do mundo de acordo com o grau de insatisfação dos clientes brasileiros apresentado na introdução deste trabalho, Sem uma solução a curto prazo para ao menos atenuar a situação. No entanto, segundo Bel Pesce, empreendedora brasileira de sucesso internacional, "Se você achar que algo não está indo bem, converse. Mas, não basta reclamar. Pense em soluções para os problemas."

A partir disso, resolve-se então criar este projeto com o intuito disponibilizar uma possível solução para remediar esta grave problematização, que afeta grande parte da população, e inclina-se a piorar de acordo com a tendência do mercado. Tendo em vista a fomentação dada pelo governo pretende-se expandir o acesso a conexão a partir de uma nova plataforma prática e segura para conexão de dispositivos móveis com a internet, que será desenvolvida a partir da interconexão de redes Wi-Fi compartilhadas pela da colaboração dos cidadãos da comunidade para assim propiciar a mesma uma conexão com a internet de melhor qualidade, ocasionando a melhora na qualidade de vida dela.

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é oferecer qualidade de acesso à internet, criando uma plataforma de compartilhamento de redes Wi-Fi, de forma a viabilizar o amplo acesso da internet de qualidade a população, ampliando o uso da internet com enfoque nos dispositivos móveis de maneira gratuita.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

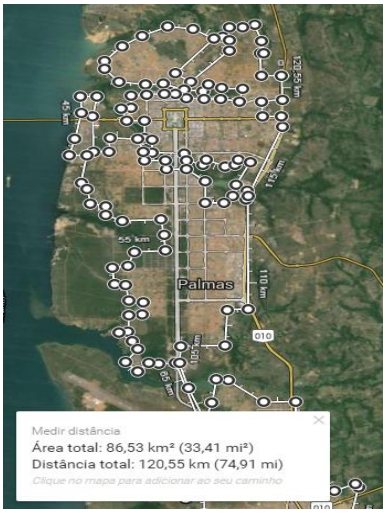
Para a viabilização do objetivo principal foram necessário algumas análises para encontrar o método mais adequado ao contexto deste trabalho.

O Estado do Tocantins é o segundo pior no parâmetro de redes abertas no país e com péssima distribuição

ISSN 1809-3957

demográfica, assim como em sua capital. Assim, a zona de cobertura deve ser cuidadosamente projetada de forma a garantir um melhor funcionamento da plataforma. A Fig. 4 apresenta um esboço inicial da área a ser utilizadas nos primeiros cálculos, a qual inclui toda área metropolitana de Palmas-TO.

Figura 4 - Área de cobertura inicial na cidade de Palmas-TO.



Um roteador tem em média o alcance de mais de 100 metro em locais abertos e sem obstáculos, algo que não ocorre na realidade. Com este desafio passamos a considerar o alcance médio com um raio de 50 metros. O cálculo da área de um círculo é dado pela seguinte expressão:

$$A = \pi . r^2 \quad (1)$$

Sendo *A* e *r* a área e o raio do círculo, respectivamente.

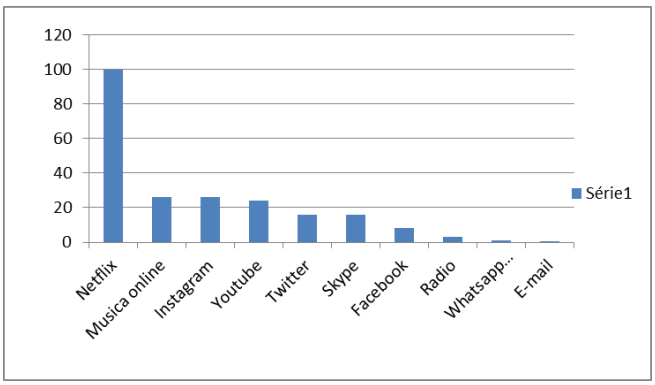
Assim, um quilômetro quadrado é igual a um milhão de metros, portanto a área de Palmas em metros quadrados é algo em torno de 86.530.000 m^2. Dividindo a área de Palmas pela área de cada Wi-Fi é possível afirmar que para cobrir toda a área serão necessárias cerca de 11.023 redes. Considerando que partes das redes podem abranger a mesma área, como por exemplo, em apartamentos e residências, acrescentamos 10% de erro resultando em 11.575 redes.

A população do Brasil em 2013 era de 200,4 milhões, nesta mesma época o número de conexões sem fio era de 26 milhões. Desta forma é possível concluir que para cada 7,70 habitantes existe uma rede wifi.

A população de Palmas atualmente é de aproximadamente 257.000 pessoas, e de acordo com dados pesquisados pelos autores, existem em Palmas aproximadamente 33.376 conexões. Sendo assim, para cobrir a cidade Palmas e tornar este projeto 100% abrangente é necessário que 34,68% das redes sejam compartilhadas.

Contudo alguns proprietários de redes Wi-Fi podem se sentir desconfortável em relação à divisão da capacidade de sua internet, acreditando que ela possa se tornar inapta a suprir suas necessidades diárias. Foi pensando nisso que se deu a análise de quanto às atividades populares no smartphone gastam do plano de dados a partir da Figura 5.

Figura 5 - Volume de dados consumido por atividade realizada.



Acima vemos as principais atividades atribuídas ao plano de dados pelos consumidores, e seus respectivos gastos durante 10 minutos. Para melhor verificação do gasto, o consumo dessas atividades foram divididos em Mb/s (Megabytes por segundo) e comparadas a velocidade média da internet disponível no Brasil que, é 2,9 Mb/s. Como é visto na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Megabytes pro segundo gastos por atividade em porcentagem referente á média nacional.

Atividade	MB em 10 minutos	MB/s	Porcentagem de uso Das atividades
Netflix	100	0,167	5,76%
Musica online	26	0,044	1,52%
Instagram	26	0,044	1,52%
Youtube	24	0,04	1,37%
Twitter	16	0,027	0.94%
Skype	16	0,027	0.94%
Facebook	8	0,014	0,48%
Radio	3	0,005	0,17%
Whatsapp	1	0,0016	0,05%
E-mail	0,5	0,0009	0,01%
	Media	0,03705	1,28%

Na Tabela 1 é possível verificar as atividades mais recorrentes para usuários de dispositivos móveis. Também analisando as porcentagens de uso da internet é explicito que estas atividades irão demandar uma pequena quantidade de dados (no máximo 10% da rede). Mesmo assim irá suprir uma boa quantidade de usuários sem atrapalhar o dono da conexão. Aplicativos menos recorrentes como o Netflix foram referidos, partindo de um pré suposto que não é possível calcular uma média usual de downloads pelo Whatsapp, e dessa maneira chegamos a uma porcentagem que se aproxima ao máximo possível da realidade.

A partir da capacidade respectiva de cada rede Wi-Fi, é possível calcular a quantidade de usuários que podem se conectar a ela sem que a mesma perca desempenho significativo, como está descrito na Tabela 2 a seguir.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 - Número máximo de usuários WiFi Market pela velocidade da internet.

Velocidade (Mb/s)	Número de Usuários	Dados Máximos (Mb/s)
1	2	0,1
2	5	0,2
5	7	0,5
10	10	1
15	10	1,5
20	10	2
30	10	3
60	10	6

Outro aspecto relevante é a segurança, compartilhar a internet para possíveis desconhecidos pode gerar algumas incertezas por parte de quem compartilha. Porém é necessário ressaltar que mesmo não compartilhada, a rede do usuário já corre sérios riscos, pois na internet existem inúmeros métodos para burlar a segurança da rede, os principais são conhecidos como *password crackers* que testam todas as senhas possíveis ate encontrarem a verdadeira, outra forma são aplicativos que compartilham internet de maneira diferente a qual nós propomos, no entanto eles mostram a senha da conexão deixando ela a mercê de qualquer um que quiser acessar a arquivos e não só este problema como as senhas que são gravadas nesses aplicativos podem mudar, tornando-os inseguros e ineficientes.

No aplicativo WiFi Market é possível ter maior segurança, porque o aplicativo não fornecerá a senha da conexão para outras pessoas. E quando instalado na sua internet os crackers não são funcionais, pois cada aparelho só pode errar tentando acessar uma conexão no máximo cem vezes, tornando estes programas espiões ineficaz, pois são necessárias milhares de tentativas para os mesmos encontrarem a combinação correta.

Dentro do contexto de aplicativos inseguros e internets móveis ineficientes apresentados e considerando internets banda larga ociosas, ou não, pretende-se tomar proveito dessas redes sem que haja queda no desempenho das mesmas, ao possibilitar uma nova plataforma de conexão a internet por meio do compartilhamento dessas redes através do aplicativo WiFi Market. Propiciando uma melhor experiência online aos seus usuários.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados após a conclusão do projeto e sua implementação é a melhoria da qualidade de conexão da internet móvel para dispositivos como smartphones, tabletes, notebooks, entre outros. O que pode acarretar outras melhorias em diversos aspectos da sociedade, como na qualidade de vida das pessoas que poderão se comunicar mais, criando inúmeras possibilidades tanto de transporte, informação, lazer entre outros. Na economia mesmo que setorial, que pode vir a influenciar regional ou até mesmo a nacional, além da longevidade, desta maneira sendo um fator determinante para contribuir no melhor desenvolvimento dos índices medidos no IDH, parâmetro que analise a qualidade de vida das nações.

V. CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados é possível constatar a insatisfação do brasileiro quanto aos diversos aspectos do serviço de conexão móvel disponibilizado pelas operadoras de telefonia celular, além de averiguar a tendência do mercado em relação às novas tecnologias para conexão com a internet.

Existe também a comprovação que uma internet de qualidade esta relacionada ao elevado IDH (índice de desenvolvimento humano), resultando na diminuição da exclusão social e na democratização do acesso a novas tecnologias, podendo ser utilizada para diversos aspectos socioeconômicos e também influenciar decisões políticas.

Tendo em vista tal situação, foi estabelecida uma de maneira de ampliar as velocidades das conexões móveis de maneira gratuita, a partir do desenvolvimento do projeto WiFi Market, que além ser bem mais seguro que outros aplicativos irá suprir as necessidades de seus usuários sem atrapalhar o fornecedor da conexão. Primeiramente implementando-o em Palmas com 11.575 conexões cadastradas para atender de forma eficaz os usuários. E se possível expandi-la para outras cidades do Brasil.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTELLS, **Manual: A galáxia da internet: reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

FOWLER, James; CHRISTAKIS, Nicholas: **O Poder das Conexões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SHIRKY, Clay: **Lá Vem Todo Mundo – O Poder de Organizar Sem Organizações**. Rio de Janeiro, Zahar, 2012.

MARQUES, Francisco. **Cidadania Digital: A Internet como ferramenta social**. Universidade Federal do Ceará, 2002.

KYU-HAN, Kim**, Mobile Autonomous Router System for Dynamic (Re)formation of Wireless Relay Networks**, IEEE Transactions on Mobile Computing, 2013.

YINJIE, Chen, **Identifying mobiles hiding behind wireless routers**, INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE Infocom, 2011.

TAHERIAN, M. ; Trust Inference in Web-Based Social Networks Using Resistive Networks, **Third International Conference on Internet and Web Applications and Services,** 2008**.**

VII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS NATURAIS POR RECICLADOS NA RESISTÊNCIA E NA POROSIDADE DE UM CONCRETO PERMEÁVEL

PRISCILA BORGES ALVES[1,2], ANTONIO ANDERSON DA S. SEGANTINI[1], MARCO ANTONIO DE MORAIS ALCÂNTARA[1].
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA; 2 – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO - CAMPUS PRESIDENTE EPITÁCIO
priscila.pba@ifsp.edu.br

Resumo ***– Este artigo analisa a influência da substituição parcial de agregados naturais por agregados reciclados de concreto na resistência à compressão e na porosidade de um concreto permeável. Foram realizados ensaios em laboratório visando à caracterização dos materiais e determinação das dosagens. Foram também realizados ensaios para se determinar a porosidade e a resistência aos 7, 28 e 56 dias. Visando avaliar o comportamento do material, além do concreto de referência, sem substituição, foram avaliadas dosagens com 5%, 10% e 15% de substituição. Os ensaios foram realizados em conformidade com as normas técnicas pertinentes.***

Palavras-chave: Concreto permeável. Agregado reciclado de concreto. Porosidade. Resistência

I. INTRODUÇÃO

O concreto permeável é composto por cimento Portland, agregados graúdos e água, podendo ainda conter aditivos e agregados miúdos em pequena quantidade. Este material também pode ser produzido com agregados reciclados, que entrariam na composição substituindo parte dos agregados graúdos naturais.

Devido às suas características drenantes, este material é indicado para a pavimentação de passeios, praças, estacionamentos e ciclovias, onde irá contribuir para a redução do escoamento superficial de águas pluviais e praticamente eliminará a formação de lâminas de água em estacionamentos e passeios. A drenagem propiciada por este material pode ser visualizada na Figura 1, que mostra a passagem da água por uma amostra de concreto permeável.

Segundo Safiuddin *et al* (2011), o concreto permeável produzido com agregados reciclados é uma das alternativas possíveis para a correta destinação desses resíduos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais, para a redução de custos com transporte e diminuição da poluição ambiental.

Figura 1 – Passagem da água em uma amostra de concreto permeável

II. PROCEDIMENTOS

2.1 Dosagem

Analisa-se neste trabalho a influência da porosidade na resistência a compressão do concreto permeável produzido com agregados reciclados oriundos da Usina de Reciclagem de São José do Rio Preto. Para definição dos traços, tomou-se referência os parâmetros apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dosagem para concreto permeável

Materiais	**Consumo/ Proporção (kg/m³)**
Cimento	270 - 415
Agregado graúdo	1190 - 1480
Relação água/cimento (em massa)	0,27 - 0,34
Relação cimento/agregado (em massa)	1:4 - 1:4,5
Relação agregado miúdo/agregado graúdo (em massa)	0 - 1:1

Fonte: Tennis et al (2004)

Foram definidos quatro traços e confeccionados quatro corpos-de-prova por traço, os quais foram produzidos com substituição parcial do agregado natural pelo reciclado. Todos os corpos-de-prova foram confeccionados sem aditivos e sem agregados miúdos. Optou-se também por manter constante a relação A/C (água/cimento) em todos os traços.

ISSN 1809-3957

A caracterização dos agregados, com suas respectivas normas, são apresentadas na Figura 2 e nas Tabelas 2 e 3.

Figura 2 – Curva granulométrica – Brita 0.

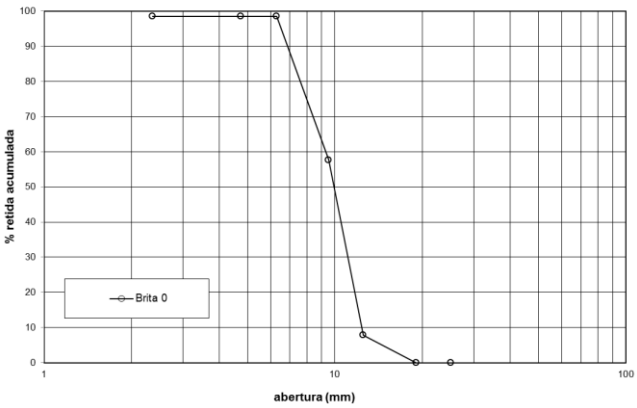


Tabela 2 – Caracterização do agregado natural

Características (unidade)	Norma	Valor
Ø máximo do agregado (mm)	NBRNM 248 (ABNT, 2003)	12,5
Módulo de finura	NBRNM 248 (ABNT, 2003)	6,49
Massa específica saturada superfície seca (g/cm³)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	3,143
Massa específica seca (g/cm³)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	3,323
Massa específica aparente (g/cm³)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	3,065
Massa unitária (g/cm³)	NBRNM 45 (ABNT, 2006)	1,558
Absorção (%)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	2,531
Teor de material pulverulento (%)	NBR 7218 (ABNT, 2010)	0,48
Umidade (%)	NBR 9939 (ABNT, 2011)	0,843

Tabela 3 – Caracterização do agregado reciclado

Características (unidade)	Norma	Valor
Ø máximo do agregado (mm)	NBRNM 248 (ABNT, 2003)	9,5
Módulo de finura	NBRNM 248 (ABNT, 2003)	6,85
Massa específica saturada superfície seca (g/cm³)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	2,656
Massa específica seca (g/cm³)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	2,997
Massa específica aparente (g/cm³)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	2,485
Massa unitária (g/cm³)	NBRNM 45 (ABNT, 2006)	1,211
Absorção (%)	NBRNM 53 (ABNT, 2009)	6,867
Teor de material pulverulento (%)	NBR 7218 (ABNT, 2010)	0,193
Umidade (%)	NBR 9939 (ABNT, 2011)	1,398

Visando obter uma melhor análise da influência do resíduo na composição da mistura, conforme indicação de Rizvi *et al* (2010) e Berry *et al* (2012), optou-se pela aplicação apenas do material retido na peneira 9,5 mm.

Após a análise dos dados, observou-se que a absorção dos agregados reciclados é maior do que a do agregado natural.

Visando reduzir a absorção dos agregados, é bastante comum a técnica de umedecê-los previamente, porém neste trabalho adotou-se um procedimento diferente na mistura dos materiais, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 – Sequência da mistura

Item	Sequência da mistura
1	Adição de todo agregado graúdo.
2	Adição do cimento; Misturar por 1 minuto.
3	Adição de 50% de água; Misturar por 1 minuto.
4	Adição dos 50% restantes de água; Misturar por 3 minutos.
5	Conferência visual do concreto permeável.

Para a definição das porcentagens de substituição, tomou-se como base os estudos de Rizvi *et al* (2010) e Berry *et* al (2012), definindo neste trabalho substituições de 0 a 15%. Tem-se na Tabela 4 a descrição dos traços utilizados.

Tabela 4 – Composição dos traços

	% em relação à massa do cimento			
Materiais / Misturas	Referência	5X	10X	15X
Água	0,35	0,35	0,35	0,35
Cimento	1	1	1	1
Areia	0	0	0	0
Brita 0	3	2,85	2,70	2,55
RCD	0	0,15	0,30	0,45

3.2 Ensaios

Os corpos-de-prova, após a moldagem, foram curados em câmara úmida até as idades de 7, 28 e 56 dias. Para cada idade foram realizados ensaios de compressão simples, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), e ensaios de porosidade, que tiveram como base o estudo realizado por Ahn *et al* (2014).

No Quadro 2 é apresentada a sequência experimental utilizada por Ahn *et al* (2014).

Quadro 2 – Procedimento experimental para o ensaio de porosidade

Procedimento Experimental
Submergir o corpo-de-prova em água até sua saturação por 3 horas, realizando pequenos golpes a cada 30 minutos para acelerar a saturação.
Realizar a medição do peso submerso.
Retirar o corpo-de-prova da água e deixar por secando ao ar por 24 horas.
Realizar a pesagem do corpo-de-prova após as 24 horas.

Fonte: Ahn *et al* (2014)

Para o cálculo da porosidade foi utilizada a equação (1) apresentada por Ahn *et al* (2014).

$$P = 1 - ((W_D - W_S)/(\gamma_w))/V_T \quad (1)$$

Onde:

P – porosidade;

W_D – peso saturado superfície seca;

ISSN 1809-3957

W_S – peso submerso;
γ_W – peso específico da água;
V_T – volume total da amostra.

III. RESULTADOS

3.1 Resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão são apresentados nas Figuras 3, 4, 5 e 6.

Figura 3 – Resistência à compressão: Concreto referência.

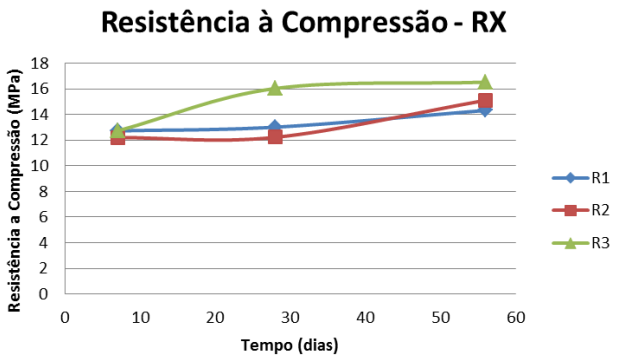


Figura 4 – Resistência à compressão: Concreto com 5% de substituição.

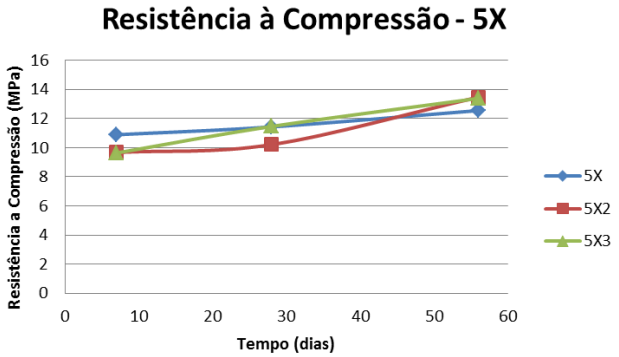


Figura 5 – Resistência à compressão: Concreto com 10% de substituição.

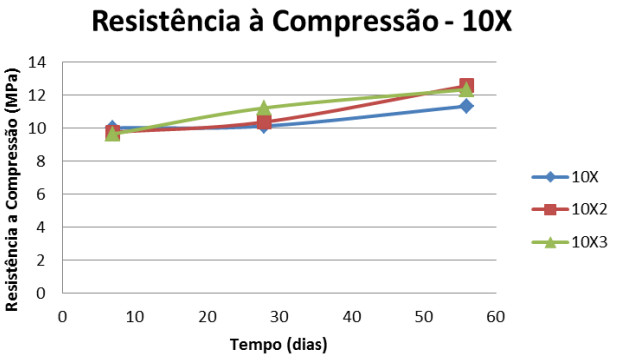
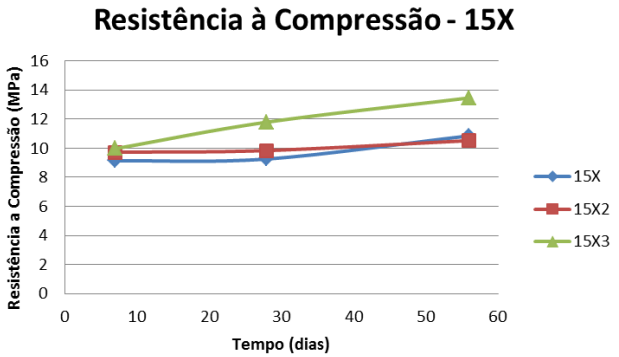


Figura 6 – Resistência à compressão: Concreto com 15% de substituição.

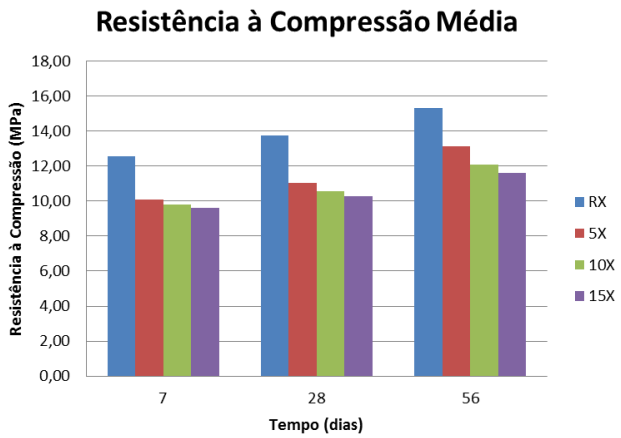


Valores baixos de resistência à compressão foram encontrados por diversos pesquisadores. Batezini (2013) obteve valores entre 6 e 10,2 MPa, enquanto Vidal (2014) obteve valores entre 7 e 10,8 MPa.

Obtiveram-se neste trabalho valores de resistência a compressão entre 9,1 e 16,6 MPa, que são considerados aceitáveis para esse tipo de concreto.

Na Figura 7 são apresentados os valores médios dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão.

Figura 7 - Resistência à compressão média.



Observa-se que o aumento do teor de substituição promove redução da resistência à compressão simples, indicando que o resíduo possui atuação nessa perda de resistência.

O mesmo efeito foi observado por Bhutta *et al* (2013) que estudou concretos permeáveis feitos com agregados naturais e com agregados reciclados. Segundo os autores, esta perda de resistência pode estar relacionada com o aumento do índice de vazios e também com uma provável redução da interface entre o cimento e o agregado reciclado.

3.2 Porosidade

Em contrapartida os valores de porosidade aumentaram com o aumento do teor de substituição. Na Tabela 5 são apresentados os valores obtidos no ensaio de porosidade. Na Tabela 6 e na Figura 8 são apresentados os resultados médios dos valores obtidos neste ensaio.

ISSN 1809-3957

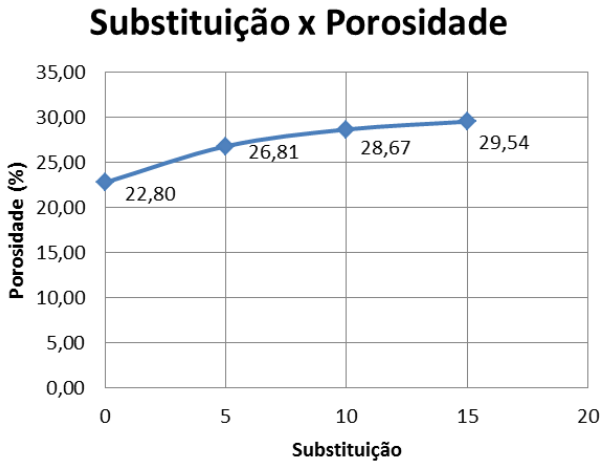
Tabela 5 – Resultados dos ensaios de porosidade

Porosidade	Série 1	Série 2	Série 3
Ref.	0,225	0,230	0,229
5%	0,278	0,254	0,272
10%	0,282	0,269	0,309
15%	0,289	0,282	0,316

Tabelas 6 – Médias dos ensaios de porosidade

Traço	Porosidade
0	0,228
5	0,268
10	0,287
15	0,295

Figura 8 – Porosidades médias.



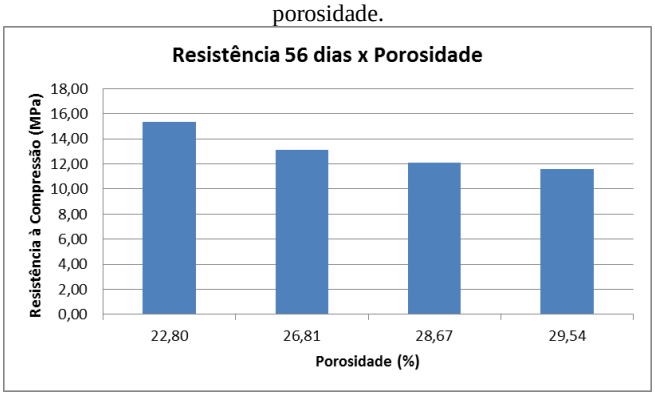
Segundo Batezini (2013) os concretos permeáveis possuem índices de vazios que variam de 15 a 30% e para Tennis *et al* (2004) esses valores variam entre 15 a 25%. No presente trabalho os valores variaram entre 22 a 30%.

Também se observou que existe um aumento de 6,74% da porosidade ao se realizar uma comparação entre o concreto de referência e o concreto com 15% de substituição.

3.3 Análise da influência da porosidade na resistência à compressão

A Figura 9 mostra a influência da porosidade na perda de resistência. São apresentados os valores médios de resistência à compressão aos 56 dias e os valores médios de porosidade. Pode-se observar que o RCD contribui para o aumento da porosidade e para a perda de resistência à compressão.

Figura 9 - Valores médios de resistência à compressão versus porosidade.



Na Tabela 7 são apresentados os valores médios de resistência à compressão e porosidade.

Tabelas 7 – Resultados dos ensaios

Porcentagem de Substituição	Resistência 56 dias (MPa)	Porosidade (%)
Referência	15,327	22,8
5%	13,137	26,81
10%	12,087	28,67
15%	11,61	29,54

Enquanto há uma perda de 24,25% da resistência, ocorre um aumento 22,82% na porosidade, indicando a existência de uma correlação entre estes parâmetros.

IV. CONCLUSÃO

O objetivo do estudo foi analisar a relação entre a resistência e a porosidade no concreto permeável produzido com agregado natural e com substituição de 5%, 10% e 15% do agregado natural pelo RCD.

Os resultados obtidos indicam uma correlação entre a perda de resistência e o aumento da porosidade.

Com relação à porosidade, valores em torno de 20% de vazios podem apresentar resistência à compressão compatível com a utilização deste concreto. No presente trabalho, com porosidade entre 20 e 30%, foram obtidos valores de resistência à compressão entre 10 e 12 MPa aos 28 dias, que corroboram os resultados obtidos por Tennis *et al* (2004).

Portanto, mesmo com redução dos valores de resistência, este trabalho mostra que o agregado reciclado pode ser utilizado para substituir parte dos agregados naturais na confecção de concretos permeáveis.

Os valores de resistência obtidos neste trabalho são considerados aceitáveis, porém estudos com dosagens mais ricas em cimento podem ser realizados quando houver necessidade de concretos mais resistentes.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro que permitiu o desenvolvimento desse trabalho.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos concreto.** Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218: agregados – determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 45: agregados - determinação da massa unitária, massa unitária compactada e seca e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 53: agregado graúdo - determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 248: agregados – determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9939: Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2011.

AHN, J. *et al.* **X-RAY IMAGE ANALYSIS OF POROSITY OF PERVIOUS CONCRETES**. International journal of GEOMATE: geotechnique, construction materials and environment, v. 6, n. 1, p. 796-799, 2014.

BATEZINI, R. **Estudo Preliminar de Concretos Permeáveis como Revestimento de Pavimentos para Áreas de Veículos Leves.** São Paulo, 2013.

BERRY, B. M. *et al.* **Properties of Pervious Concrete Incorporating Recycled Concrete Aggregate.** TRB 2012 Annual Meeting-Using Recycled Concrete in Pervious Concrete Pavements. p. 3-16, 2012.

BHUTTA, M. A. R. et al. **Properties of porous concrete from waste crushed concrete (recycled aggregate).** Construction and building materials, v. 47, p. 1243-1248, 2013.

RIZVI, R. *et al*. **Evaluating the Use of Recycled Concrete Aggregate in Pervious Concrete Pavement.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v. 2164, p. 132–140, 2010.

SAFIUDDIN Md. et al, **Properties of High-Workability Concrete with Recycled Concrete Aggregate.** Materials Research, vol. 14(2): 248-255, 2011.

TENNIS, P. D. *et al.* **Pervious Concrete Pavements.** Skokie, IL: Portland Cement Association, 2004.

VIDAL, A. S. **Caracterização de Concreto Permeável Produzido com Agregados Reciclados de Construção e Demolição para Utilização em Pavimentação Permeável em Ambiente Urbano.** Rio de Janeiro, 2014.

VII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PROTÓTIPO DE TELHADO VERDE EXTENSIVO

LUANE DE ALMEIDA PINTO[1]; JOECILA SANTOS DA SILVA[1]; STÉPHANE CALMANT[2]
1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS; 2 – INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT
luane.ap@live.com

Resumo - O aumento da densidade habitacional de Manaus nos últimos anos, aliado à ausência de um plano de manejo eficaz de águas pluviais, tem gerado volumes de escoamento cada vez maiores. Diante da necessidade de sistemas de retenção na fonte para minimizar os volumes escoados, o telhado verde tem sido usado como possível técnica de controle quantitativo de águas pluviais. Este artigo objetiva demonstrar experimentalmente o comportamento de um protótipo de telhado verde em relação à retenção de água pluviais em eventos reais de chuva na região Centro-Oeste de Manaus. De março a maio de 2015, 34 eventos de chuva foram estudados e o protótipo de telhado verde reduziu em 20% o volume escoado no período, em relação ao protótipo de laje convencional. Concomitantemente ao experimento, os eventos foram simulados através do software GreenRoof, chegando a valores de eficiência de 22%. Tanto os resultados de medição diária, quanto os resultados da simulação no software, indicaram que a umidade antecedente do solo é fator preponderante na eficiência do sistema.

Palavras-chave: Telhado verde. Drenagem urbana. Gestão de recursos hídricos.

I. INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE (2010), enquanto o Brasil teve aumento populacional de aproximadamente 30% entre 1991 e 2010, Manaus quase duplicou sua população. Para Nogueira et al (2007), a trajetória de evolução da urbanização da cidade nos últimos 20 anos tem sido o grande desafio no processo de crescimento *versus* preservação ambiental. O avanço desordenado da cidade provocou danos ao meio ambiente sem precedentes, como a destruição de nascentes, maior vulnerabilidade a problemas de erosão, alagamentos e aumento de temperatura, ocasionado pelo desaparecimento de espécies vegetais que têm como função proteger o solo das agressões do sol e da chuva.

Áreas que antes possuíam vasta vegetação, recebendo e drenando parte da carga pluvial que coletavam, estão agora impermeabilizadas. Botelho (2011) afirma que esses fenômenos são agravados com a impermeabilização da área. As vazões pluviais que ocorrerão a partir da retirada da vegetação, ganharão mais volume, pois antes parte dela infiltrava no solo e agora, com a impermeabilização, a maior parte das águas corre pela superfície.

Para Pompêo (2000), as enchentes são fenômenos naturais que acontecem periodicamente nos cursos d'água em decorrência de chuvas de magnitude elevada. Em áreas urbanas, podem ser decorrentes destas chuvas intensas de largo período de retorno; ou devidas a transbordamentos de cursos d'água provocados por modificações no equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devidas à própria urbanização. Segundo dados do IBGE (2013), entre 2008 e 2012, as enchentes atingiram cerca de 1.543 municípios no Brasil. Isso equivale a 27,7% das cidades do país, o que resultou em registros de 8.942 ocorrências, que deixaram 1,4 milhão de pessoas desabrigadas ou desalojadas.

Segundo Canholi (2005), tanto no Brasil como em outros países, a drenagem urbana das grandes metrópoles foi abordada de maneira acessória, no contexto do parcelamento do solo para usos urbanos. Na maior parte dessas grandes metrópoles, o crescimento das áreas urbanizadas processou-se de forma acelerada e somente em algumas a drenagem urbana foi considerada fator preponderante no planejamento da sua expansão.

Objetivando mitigar os impactos negativos da impermeabilização das superfícies nas áreas urbanas, pode-se aplicar algumas estratégias, como o uso de estruturas conhecidas internacionalmente como Melhores Práticas de Gestão (BMP - *Best Management Practices*) ou Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID - Low *Impact Development*). Nessas estruturas, são introduzidas técnicas alternativas para o controle do escoamento pluvial junto à fonte onde é gerado, buscando a minimização (ou mesmo a eliminação) dos volumes e vazões que escoam superficialmente a valores próximos àqueles que ocorriam no estágio anterior à impermeabilização do solo (EPA, 2009).

A ideia de reter a água da chuva por mais tempo nas residências e edificações comerciais já está sendo implantada com medidas de armazenamento de águas pluviais conforme legislação específica de algumas cidades. O Município de Manaus, através do artigo nº 17 da Lei 1.192 (2007) tornou obrigatória a implantação de reservatórios que retardem o escoamento de águas pluviais para rede de drenagem para novos empreendimentos com área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados. O Manual de Drenagem de Porto Alegre (2005) propõe o controle na fonte do escoamento pluvial, através do uso de dispositivos que amorteçam a velocidade do escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recupere a capacidade de infiltração, por meio de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração.

Nesse contexto, Minke (2004) afirma que a utilização do sistema de coberturas verdes sobre edificações pode ser eficiente para retardo no escoamento de águas da chuva. Para Ohnuma Júnior (2008), os telhados verdes, ecotelhados, ou ainda biocoberturas, compreendem estruturas de laje, geralmente em concreto armado, capazes

ISSN 1809-3957

de suportar, além do seu peso próprio, uma determinada camada de substrato com vegetação e uma parcela da água de chuva que cai e escoa por ele. Segundo Lopes (2007), as coberturas verdes são diferenciadas, principalmente, pela espessura total do seu sistema construtivo. Assim, as coberturas verdes extensivas caracterizam-se por uma estreita espessura de substrato, plantio de vegetações rasteiras (pequeno porte) e baixa manutenção periódica.

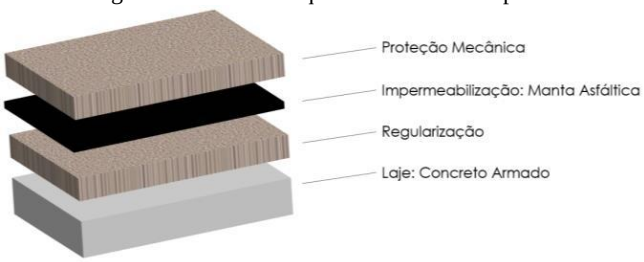
Já as coberturas verdes intensivas têm uma maior espessura do substrato, possibilitam a sustentação de espécies de plantas que vão de gramíneas a árvores e necessitam de um sistema de irrigação e manutenções periódicas.

Nesse contexto, o presente estudo objetiva demonstrar experimentalmente o comportamento de um protótipo de telhado verde extensivo em relação à retenção de água pluviais em eventos reais de chuva na região Centro-Oeste da cidade de Manaus.

II. MATERIAL E MÉTODO

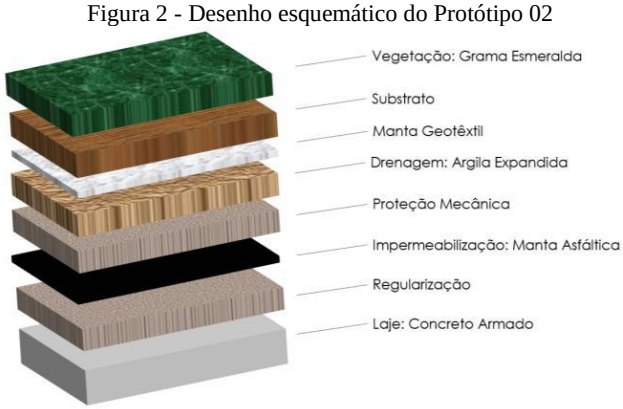
O estudo iniciou com pesquisa em literatura específica do tema escolhido, incluindo pesquisa de teses, dissertações, livros e artigos científicos voltados para o tema da gestão de recursos hídricos, drenagem urbana e telhado verde. A pesquisa se desenvolveu no bairro da Redenção, região Centro-Oeste do município de Manaus, no estado do Amazonas.

Figura 1 - Desenho esquemático do Protótipo 01



Fonte: autores, 2015.

Figura 2 - Desenho esquemático do Protótipo 02



Fonte: autores, 2015.

Com o intuito de demonstrar experimentalmente o comportamento de um telhado verde em relação à retenção de águas pluviais, foram criados dois protótipos (Figuras 1 e 2) com 1 m² em planta. Os protótipos foram edificados em laje de 12 cm de espessura com vigotas pré-fabricadas de concreto armado, receberam regularização e posterior impermeabilização com manta asfáltica de 4 mm e proteção mecânica em argamassa com traço 1:4 (cimento e areia). Para facilitar a disposição dos dados, o protótipo de laje convencional impermeabilizada foi chamado de Protótipo 01, enquanto o que recebeu o sistema de telhado verde foi chamado de Protótipo 02. Este último recebeu, sobre a proteção mecânica, uma camada de drenagem composta por 4 cm de argila expandida, coberta por manta geotêxtil RT-10. A seguir, 4 cm de substrato foram inseridos e, sobre o mesmo, grama esmeralda em placas. Ambos foram revestidos por uma pele de vidro de 4 mm de espessura para melhor visualização do sistema.

Dois reservatórios com capacidade para 100 L e seus respectivos registros para saída de água foram instalados abaixo dos protótipos. Para definição do volume do reservatório, analisou-se o histórico de chuvas intensas da cidade de Manaus (BDMEP, 2015) dos últimos 20 anos, levando em consideração a precipitação máxima acumulada em 12 h, uma vez que esse foi o intervalo máximo entre coletas.

Um pluviômetro convencional de baixo custo confeccionado conforme proposto por Assunção e Assis (1997) foi disposto entre os protótipos para validação de dados pluviométricos. O modelo conta com área de captação de 176,7 cm² e capacidade de armazenamento de precipitação de até 100,16 mm (Figura 3).

Figura 3 – Da esquerda para direita: Protótipo 01, pluviômetro convencional e Protótipo 02.

Fonte: autores, 2015.

A água armazenada nos reservatórios e no pluviômetro foi coletada e medida nos horários de 12:00h, 18:00h e 00:00h UTC3 (equivalentes aos horários de 8:00h, 14:00h e 20:00h na hora local de Manaus), totalizando três coletas diárias, conforme coletas manuais do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). De março a maio de 2015, 34 eventos de chuva foram estudados.

Com base nos volumes armazenados em cada reservatório, foi possível avaliar a eficiência (E) na retenção de águas pluviais do Protótipo 02 em relação ao Protótipo 01 ante as precipitações observadas (Equação 1).

$$E = 1 - \frac{Volume\ Escoado\ no\ Protótipo\ 02}{Volume\ Escoado\ no\ Protótipo\ 01} \quad (1)$$

Sendo E adimensional e expresso em porcentagem.

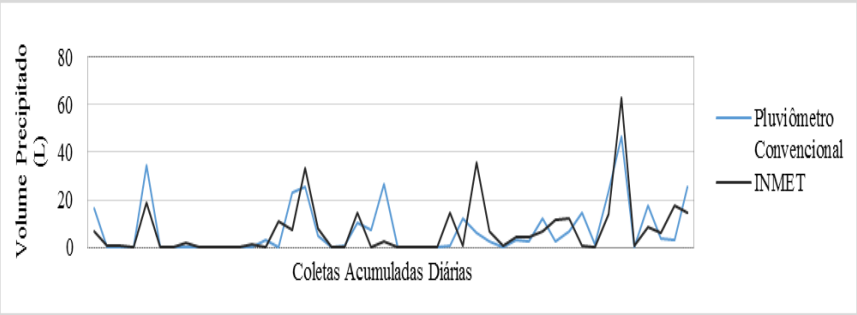
Os volumes coletados no pluviômetro convencional foram comparados aos volumes coletados pelo INMET para validação de dados. Os valores de precipitação e evaporação fornecidos pela estação meteorológica do órgão supracitado foram inseridos no software GreenRoof para simulação do comportamento do sistema na retenção de águas pluviais.

ISSN 1809-3957

III. RESULTADOS

Validação de Dados

Figura 4 – Validação – Dados do Pluviômetro convencional e dados do INMET



Os dados coletados através do pluviômetro convencional foram comparados aos dados de precipitação acumulada diária coletados de forma manual pelo INMET para validação de dados, conforme ilustra a Figura 4.

A distância entre o local do experimento e o posto de coleta do INMET é de aproximadamente 9 quilômetros, ocasionando uma certa variação entre os dados analisados. A variação acumulada no período foi de aproximadamente 8mm. Diante da intensa variabilidade espacial da cidade de Manaus estudada por Barbosa e Oliveira (2012), os dados foram considerados válidos.

Eficiência dos protótipos

Proposta por Tassi et al (2014), uma das hipóteses acerca da eficiência observada no telhado verde está relacionada à umidade presente no substrato resultante de eventos anteriores de chuva. A umidade antecedente do solo pode ser analisada por meio do parâmetro Umidade Antecedente do Solo (ARC – *Antecedent Rainfall Condition*) que varia de I a III de acordo com a Precipitação Antecedente Total (TAR – *Total Antecedent Rainfall*) que corresponde ao volume precipitado acumulado nos 5 dias anteriores. Sendo ARC I para umidade antecedente de 0 a 18 mm; ARC II para valores de 18 a 28 mm e ARC III para valores superiores a 28 mm, conforme SCS (1997).

Os eventos de chuva observados durante o período estudado foram dispostos em ordem cronológica (Tabela 1) e seus respectivos parâmetros ARC e valores TAR foram identificados.

Observa-se que os 34 eventos listados na Tabela 1 denotam uma variação de eficiência expressiva. Houve uma tendência à redução da eficiência em eventos de chuva de grande volume precipitado e nas maiores faixas ARC (II e III), onde a umidade do solo é maior, a exemplo dos eventos 1, 5, 21 e 25. Enquanto a menor faixa ARC (I), caracterizada pela umidade do solo reduzida, teve uma maior frequência de altas eficiências, especialmente quando associada a eventos de chuva de menor porte.

Os valores de eficiência foram avaliados de acordo com sua faixa de ARC, os respectivos valores acumulados de eficiência, máximos e mínimos foram identificados (Tabela 2).

A partir da análise dos dados dispostos da Tabela 2, observa-se uma relação inversamente proporcional entre a eficiência acumulada no período e os valores ARC. Depreende-se, a partir daí, que a eficiência do sistema na retenção de águas pluviais está relacionada à umidade antecedente do solo, através da identificação do parâmetro ARC.

Tabela 1 - Eventos de chuva, a relação entre ARC e eficiência observada.

Evento	ARC	TAR (mm)	Data	Eficiência
1	III	>28*	28/03/2015	5%
2	III	>28*	31/03/2015	18%
3	I	0,3	09/04/2015	91%
4	I	3,7	12/04/2015	13%
5	II	25,8	12/04/2015	3%
6	III	49,4	13/04/2015	11%
7	III	50,4	15/04/2015	97%
8	III	51,9	16/04/2015	48%
9	III	59,7	17/04/2015	23%
10	II	19,9	18/04/2015	11%
11	I	0,1	24/04/2015	61%
12	I	9,9	25/04/2015	40%
13	II	19,6	26/04/2015	94%
14	II	20,9	29/04/2015	67%
15	II	19,9	29/04/2015	63%
16	I	10,6	01/05/2015	20%
17	II	24,6	02/05/2015	54%
18	III	29,2	03/05/2015	10%
19	III	35,1	04/05/2015	62%
20	III	36,4	05/05/2015	63%
21	III	37,9	06/05/2015	3%
22	III	88,2	08/05/2015	62%
23	III	79,3	09/05/2015	17%
24	III	91,3	10/05/2015	7%
25	III	93,8	11/05/2015	0%
26	III	28,7	14/05/2015	100%
27	II	27,4	16/05/2015	100%
28	I	3,5	19/05/2015	28%
29	III	42,1	20/05/2015	17%
30	III	53,8	22/05/2015	83%
31	III	62,8	23/05/2015	9%
32	III	38,5	24/05/2015	81%
33	III	28,4	26/05/2015	24%
34	III	39,8	27/05/2015	14%

*Solo foi umedecido até saturação no dia 27/03/2015.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 – Estatísticas dos valores de eficiência

ARC	III	II	I
Menor Valor	0%	3%	13%
Média	36%	56%	50%
Maior Valor	100%	100%	100%
Desvio Padrão	33%	24%	22%
Faixa de Valores para 95% de Confiança	19,8% - 52,5%	38,6% - 73,5%	33,8% - 66,2%
Eficiência Acumulada no período	13%	21%	30%

A ausência de um *datalogger* instalado junto ao experimento impossibilitou uma análise mais profunda acerca da eficiência no retardo do escoamento. Entretanto, os dados relacionados aos eventos de número 12, 16 e 30 foram coletados com um intervalo inferior ao padrão, possibilitando a avaliação do desempenho do sistema em relação ao retardo do escoamento e diminuição do pico de vazão, as Figuras 5, 6 e 7 mostram cada uma das situações respectivamente.

Figura 5 – Evento nº12.

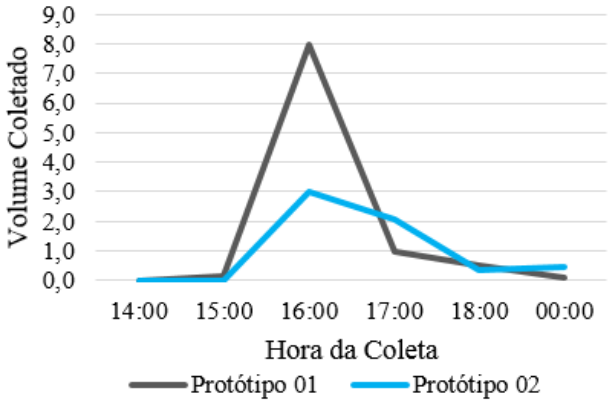


Figura 6 – Evento nº16.

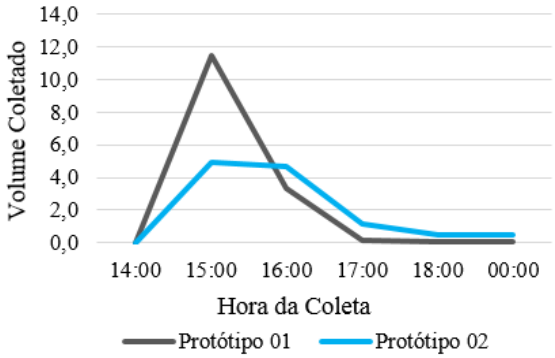
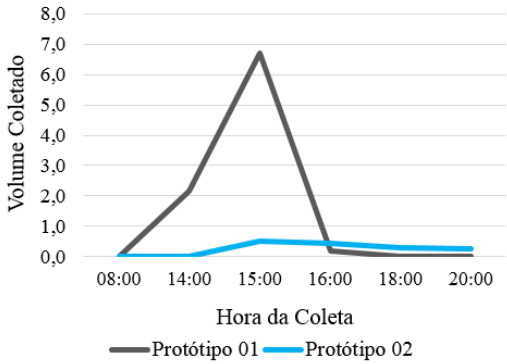


Figura 7 – Evento nº30.

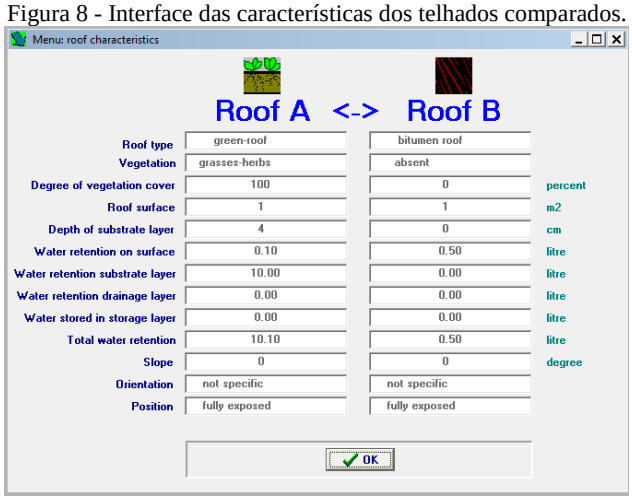


Software GreenRoof

O software *GreenRoof* (RAES *et al*, 2006) mensura o balanço hídrico de dois telhados submetidos aos mesmo eventos climáticos. A quantidade de água retida (absorvida e evaporada) e escoada pelos telhados é calculada em uma base de dados diária para um período de simulação dada pelo usuário. A água da chuva retida no telhado é considerada removida por evapotranspiração quando as condições meteorológicas são favoráveis. Os dados de entrada consistem em arquivos contendo as condições climáticas (evaporação e precipitação) para a localização e as características para o telhado estudado além de especificações a respeito dos materiais e espessuras que compõem cada telhado a ser comparado, Figura 8.

A composição de cada protótipo foi descrita e após entrada de dados meteorológicos fornecidos pelo INMET, a eficiência calculada através da simulação do telhado verde foi de 22% enquanto o de telhado impermeabilizado convencional foi de 2%. Sendo a evapotranspiração e a umidade antecedente do solo, fatores preponderantes na eficiência do sistema de telhado verde.

Figura 8 - Interface das características dos telhados comparados.

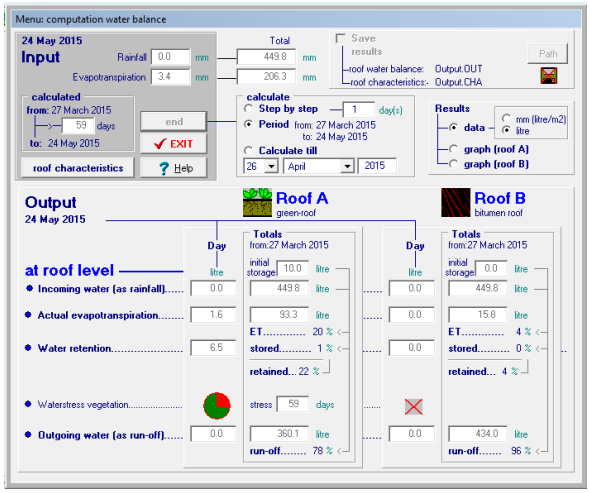


Fonte: Software GreenRoof, 2015.

A respectiva composição de cada protótipo foi descrita (Figura 8) e após entrada de dados meteorológicos fornecidos pelo INMET, a eficiência calculada através da simulação do telhado verde foi de 22% (Figura 9) enquanto o de telhado impermeabilizado convencional foi de 2%. Sendo a evapotranspiração o fator preponderante na eficiência do sistema de telhado verde.

ISSN 1809-3957

Figura 9 - Interface dos resultados apresentados pelo software GreenRoof



Fonte: Software GreenRoof, 2015.

IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou os resultados de um experimento com o uso de protótipos para estudo do comportamento de um telhado verde submetido a eventos de chuvas na região Centro-Oeste de Manaus de 28 de março a 28 de maio de 2015. Para validação de dados os volumes coletados

No período, o protótipo de telhado verde deixou de escoar 20% do volume precipitado em relação a um protótipo de laje impermeabilizada. Aplicando-se o volume total precipitado no período (441 mm) a uma residência com 70 m² de cobertura impermeável, o sistema de telhado verde seria capaz de reter pouco menos de 6 mil litros de água em apenas dois meses.

Estudos prévios colaboram para a defesa da hipótese da pesquisa de que o sistema de telhado verde pode reduzir o volume escoado em eventos de chuva. Bliss et al. (2009) monitoraram o escoamento em dois protótipos – sendo um de laje convencional e outro de telhado verde extensivo – em Pittsburgh, Pensilvânia, onde o protótipo de telhado verde obteve redução no volume escoado de até 70%. Vijayaraghavan e Raja (2015) através do uso de protótipos submetidos a eventos de chuva simulados concluíram que houve uma diminuição média de 58,5% no volume escoado. No Brasil, Baldessar (2012) verificou uma diminuição no escoamento na ordem de 31% em protótipos de 1 metro quadrado e 5 centímetros de substrato instalados na cidade de Curitiba. Tassi et al. (2014) após monitoramento de protótipos com 8 centímetros de substrato em Porto Alegre, verificaram uma redução, em média, de 62%. Considerando a espessura de apenas 4 centímetros do protótipo analisado no presente trabalho e o período de alto índice pluviométrico estudado, a eficiência acumulada de 20% pode ser considerada significativa.

Através da coleta de dados e análise dos resultados, comprovou-se que o telhado verde, reduz a água de chuva direcionada à rede de drenagem em função do armazenamento e evapotranspiração. A utilização do software mostrou-se válida após confronto com dados coletados e pode ser uma ferramenta útil para estudos futuros na cidade de Manaus.

A necessidade de sistemas que reduzam os efeitos nocivos da ocupação desordenada dos centros urbanos é real, necessitando de investigação e vasta pesquisa. O presente trabalho servirá de referência para a difusão das vantagens do sistema construtivo conhecido como telhado verde na cidade de Manaus.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUNÇÃO, H.F. da; ASSIS, I.C. (1997). **Construção de uma mini-estação agroclimatológica de baixo custo**. In Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba, 1997.

BALDESSAR, S. M. N. (2012). **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada.** PPGECC/UFPR – Curitiba – PR. 124p.

BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA. (2015). **Histórico de precipitações intensas – Manaus/AM**. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php ?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 01/03/2015.

BARBOSA, R. G.; OLIVEIRA, M. B. L. (2012). **Variabilidade Espacial da Precipitação em Manaus**. In Anais do XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Gramado, Set. 2012.

BOTELHO, M. H. C. (2011). **Águas de Chuva.** Engenharia das águas pluviais nas cidades. Editora Blucher. São Paulo, 300 p.

BLISS, D. J.; NEUFELD, R. D.; RIES, R. J. (2009). **Storm Water Runoff Mitigation Using a Green Roof.** Environmental Engineering Science. Volume 26, pp. 407-417.

CANHOLI, A. P. (2005). **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo - Oficina de textos, 302 p.

DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO DE MANAUS. (2007). **Lei nº 1.192**, de 31 de dezembro de 2007. Cria o Programa de tratamento e uso racional de águas nas edificações, pp. 6-8.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2009). **Green Roofs for Stormwater Runnof Control**. 81p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02/02/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2013). **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02/02/2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS. (2005). **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Volume VI.

LOPES, D. A. R. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura**. EESC/USP. São Carlos – SP. 145 p. 2007.

MINKE, G. (2004). **Techos Verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos.** Editora Fin del Siglo: Montevideo, Uruguay. 86 p.

NOGUEIRA, A. C. F; SANSON, F.; PESSOA K. (2007). **A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais.** Florianópolis. In Anais do XIII

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434.

OHNUMA JÚNIOR, A. A. (2008). **Medidas não-convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. EESC/USP. São Carlos – SP. 331p.

POMPÊO, C. A. (2000). **Drenagem Urbana Sustentável.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, volume 5, no. 1, pp. 15 – 23.

RAES, D.; TIMMERMAN, A.; HERMY, M.; MENTENS, J. (2006). **GreenRoof – water balance model.** K.U. Leuven University, Faculty of Bioscience Engineering, Division of Soil and Water Management, Leuven, Belgium.

SOIL CONSERVATION SERVICE. (1997). **Hydrology Tools for Wetland Determination.** Engineering Field handbook. Chapter 19. 63p.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. (2014). **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão de águas pluviais.** Ambiente Construído v. 14, n.1, p. 139-154.

VIJAYARAGHAVAN, K.; RAJA, F. D. (2015). **Pilot-scale evaluation of green roofs with Sargassum biomass as an additive to improve runoff quality.** Ecological Engineering 75, pp.70 – 78.

VI. COPYRIGHT

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

.

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PLANO GERAL DE APROVEITAMENTO TURÍSTICO, EDUCATIVO, CIENTÍFICO E ECOLÓGICO: uma proposta para o parque estadual da Ilha Anchieta

MORAES-SANTOS, ELIANA CRISTINA[1]
1 – Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Campus Guaratinguetá – UNESP - Feg
elikamoraes@gmail.com

Resumo ***- Este artigo apresenta a proposta, realizada no ano de 1989, do projeto para o reaproveitamento turístico e cientifico das antigas ruínas existentes no Parque Estadual da Ilha Anchieta, localizado na cidade de Ubatuba, no estado de São Paulo. A Ilha Anchieta recebe uma ocupação em seu território desde os índios em 1500, passando por ocupações de base naval dos Ingleses encarregados da caça dos navios negreiros, no ano de 1850, o famoso presídio com a colônia correcional, no ano de 1907, até a instalação do Parque Estadual da Ilha Anchieta, no ano de 1977. A proposta teve como principal objetivo a restauração do prédio do antigo presídio e seu aproveitamento como ponto turístico, educativo e científico. A partir do trabalho de campo, foram realizadas as plantas arquitetônicas de todas as instalações existentes, assim como as plantas planialtimétricas da Ilha, com a localização de todas as construções existentes ou suas ruínas, além da localização de todas as trilhas e caminhos usados para a locomoção na Ilha e comunicação entre as edificações. Esse projeto foi Tese de Conclusão de Curso da autora desse artigo e, posteriormente, foi registrada na Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, instituição onde a mesma atuou como analista ambiental.***

Palavras-chave: Ilha Anchieta. Plano de Aproveitamento Turístico e Científico. Restauração Arquitetônica.

I. INTRODUÇÃO

O Parque Estadual da Ilha Anchieta é uma Unidade de Conservação de proteção Integral[1], com área de 828 hectares, atualmente é um dos principais atrativos históricos e ecoturísticos da cidade de Ubatuba, no estado de São Paulo.

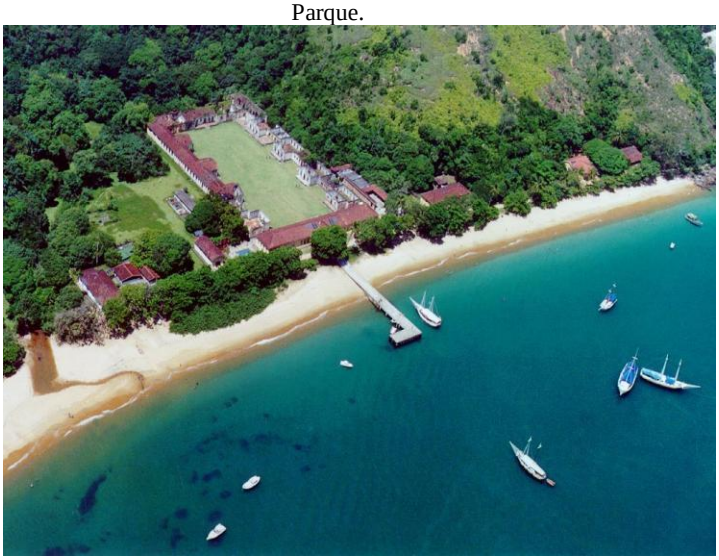
Sua parte histórica, tombada pelo CONDEPHAAT, possui mais de 2.000 m² de edificações conservadas, juntamente com as ruínas antigo Presídio, Quartel e Vila Civil pertencentes à Colônia Correcional do Porto das Palmas. Em 29 de março de 1977 por meio de decretos e leis 9.629, a Ilha se transformou em Parque Estadual da Ilha Anchieta (SÃO PAULO, 2015).

Nos países europeus contemporâneos a prática de restauração de variados modelos de edificações, que restabelece a atmosfera do passado, está se tornando cada vez mais popular (AKSENOVA, 2014). Na atualidade esta é uma das formas mais atraentes de desenvolvimento do turismo, lazer e programas educacionais. No Parque Estadual da Ilha Anchieta, ocorre exemplos de tais atividades, incluindo a visitação nas ruínas do antigo presídio e nas áreas restauradas. Diariamente, as embarcações vindas do continente chegam trazendo turistas e grupos organizados para visitação do Parque.

De acordo com a Convenção pour la du Patrimoine Sauvegarde Culturel Immatériel (2013), o (material e imaterial) patrimônio cultural é transmitida de geração em geração; e permanentemente recriado pelas comunidades e grupos sociais em virtude de seu meio, sua inter-relação com a natureza e história, revelando a identidade e a continuidade histórica e patrimonial, contribuindo para a valorização, o respeito à diversidade cultural e à criatividade humana (FRANÇA, 2013).

A Figura 1 apresenta uma imagem aérea mostrando todo o complexo do antigo presídio, hoje centro de visitações do Parque Estadual da Ilha Anchieta.

Figura 1 – Imagem aérea da baia principal da Ilha, o pier e o antigo presídio da Ilha Anchieta, hoje centro de visitação do Parque.



Fonte: Anônimo (2015).

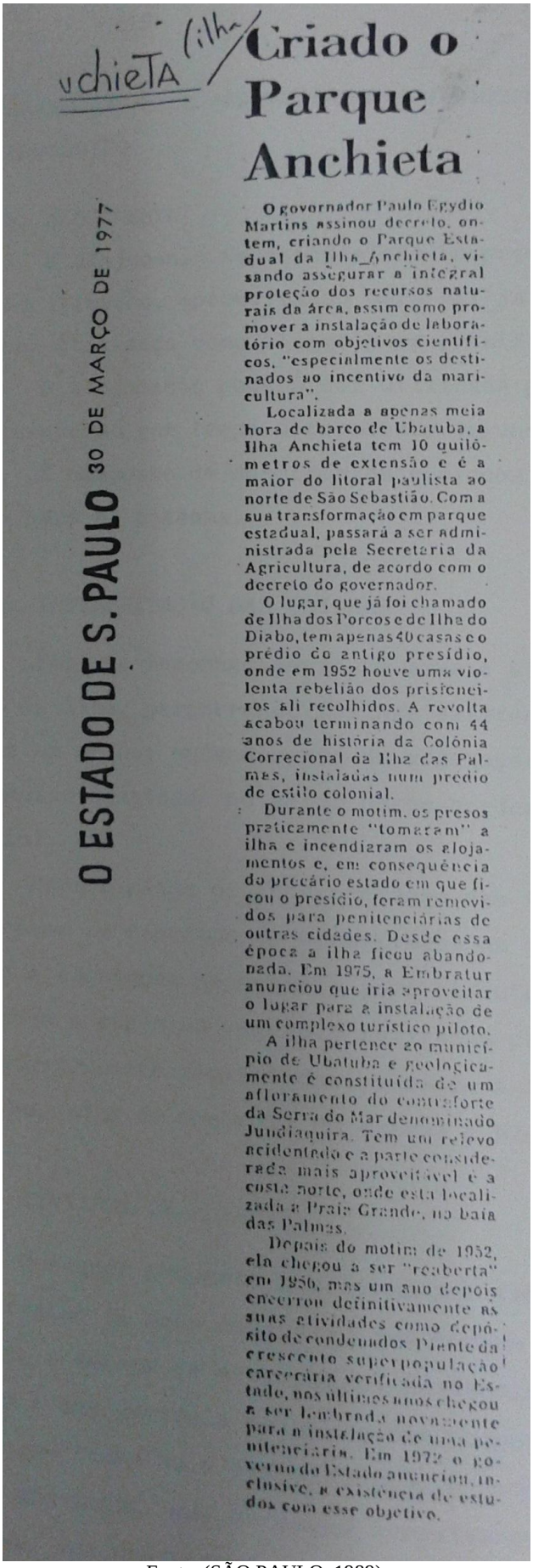
II. PROCEDIMENTOS

Para levantamento histórico, recorreu-se aos arquivos dos jornais da época, sendo as pesquisas feitas pessoalmente nas sedes dos Jornais do estado de São Paulo, como Jornal

[1] O Parque Estadual tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2000).

ISSN 1809-3957

Figura 2 – Publicação da criação do Parque Estadual da Ilha Anchieta.



O ESTADO DE S. PAULO 30 DE MARÇO DE 1977

Anchieta Ilha

Criado o Parque Anchieta

O governador Paulo Egydio Martins assinou decreto, ontem, criando o Parque Estadual da Ilha Anchieta, visando assegurar a integral proteção dos recursos naturais da área, assim como promover a instalação de laboratório com objetivos científicos, "especialmente os destinados ao incentivo da maricultura".

Localizada a apenas meia hora de barco de Ubatuba, a Ilha Anchieta tem 10 quilômetros de extensão e é a maior do litoral paulista ao norte de São Sebastião. Com a sua transformação em parque estadual, passará a ser administrada pela Secretaria da Agricultura, de acordo com o decreto do governador.

O lugar, que já foi chamado de Ilha dos Porcos e de Ilha do Diabo, tem apenas 40 casas e o prédio do antigo presídio, onde em 1952 houve uma violenta rebelião dos prisioneiros ali recolhidos. A revolta acabou terminando com 44 anos de história da Colônia Correcional da Ilha das Palmas, instaladas num prédio de estilo colonial.

Durante o motim, os presos praticamente "tomaram" a ilha e incendiaram os alojamentos e, em conseqüência do precário estado em que ficou o presídio, foram removidos para penitenciárias de outras cidades. Desde essa época a ilha ficou abandonada. Em 1975, a Embratur anunciou que iria aproveitar o lugar para a instalação de um complexo turístico piloto.

A ilha pertence ao município de Ubatuba e geologicamente é constituída de um afloramento do contraforte da Serra do Mar denominado Jundiaquira. Tem um relevo acidentado e a parte considerada mais aproveitável é a costa norte, onde está localizada a Praia Grande, na baía das Palmas.

Depois do motim de 1952, ela chegou a ser "reaberta" em 1956, mas um ano depois encerrou definitivamente as suas atividades como depósito de condenados. Diante da crescente superpopulação carcerária verificada no Estado, nos últimos anos chegou a ser lembrada novamente para a instalação de uma penitenciária. Em 1972 o governo do Estado anunciou, inclusive, a existência de estudos com esse objetivo.

Fonte: (SÃO PAULO, 1989).

"O Estado de São Paulo" e "Folha de São Paulo". Além das informações colhidas nas instituições públicas responsáveis pelo parque. A Figura 2 representa uma notícia publicada, pelo jornal "O Estado de São Paulo", sobre a criação do Parque Estadual da Ilha Anchieta, além de apresentar parte do histórico da ocupação da Ilha.

Para o levantamento planialtimétrico Cadastral, foram utilizadas as fotografias áreas da região, os Mapas do IBGE escala 1:50.000 e IGC 1:10.000.

Para a elaboração dos desenhos foram utilizados pranchetas, papel vegetal e caneta nanquim. Todas as informações escritas que constam na secção desenhada do projeto foram feitas com normógrafo[2] e as diferentes réguas para os diferentes tamanhos de letras.

Para o levantamento de campo, foram utilizadas bússola e trenas, essas usadas para as medições das instalações prediais, assim como para as trilhas e caminhos existentes.

Algumas imagens da vista geral das instalações na Ilha, na época em que o presídio ainda era ativo, podem ser vistas nas Figuras 3 e 4. A Figura 3 apresenta uma imagem do tipo de canoa utilizada para o transporte das pessoas até a Ilha, essa navegação, feitas de um único tronco de uma árvore, espécies da Mata Atlântica e que ainda podiam ser encontradas na região, era chamada "Canoa de Voga".

Figura 3 – Canoa de Voga - utilizada como transporte marítimo.

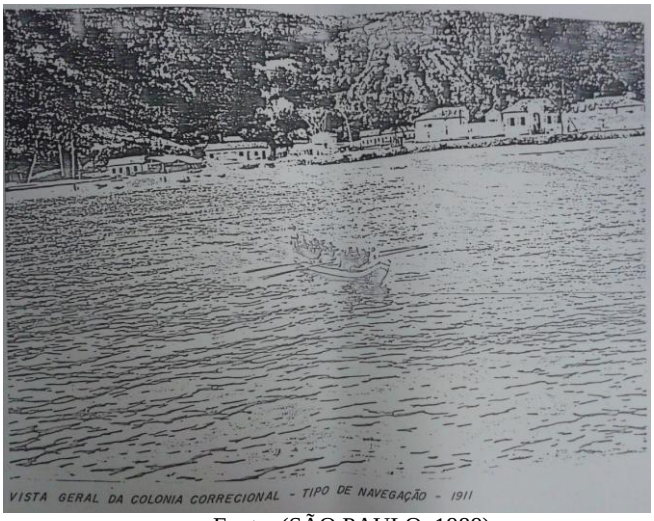
Fonte: (SÃO PAULO, 1989).

A Figura 4 apresenta uma vista geral do presídio, imagem feita quando se estava chegando à Ilha.

[2] Aparelho de desenho constituído de uma aranha – local onde as canetas são encaixadas e que possui uma ponta seca para deslizar nas linhas que formam as letras e números - e várias réguas, com letras e números cravados que servem de moldes para letreiros e legendas.

ISSN 1809-3957

Figura 4 – Vista geral das instalações da Ilha Anchieta, datada de 1911 - a colônia correcional



.Fonte: (SÃO PAULO, 1989).

III. PROPOSTA

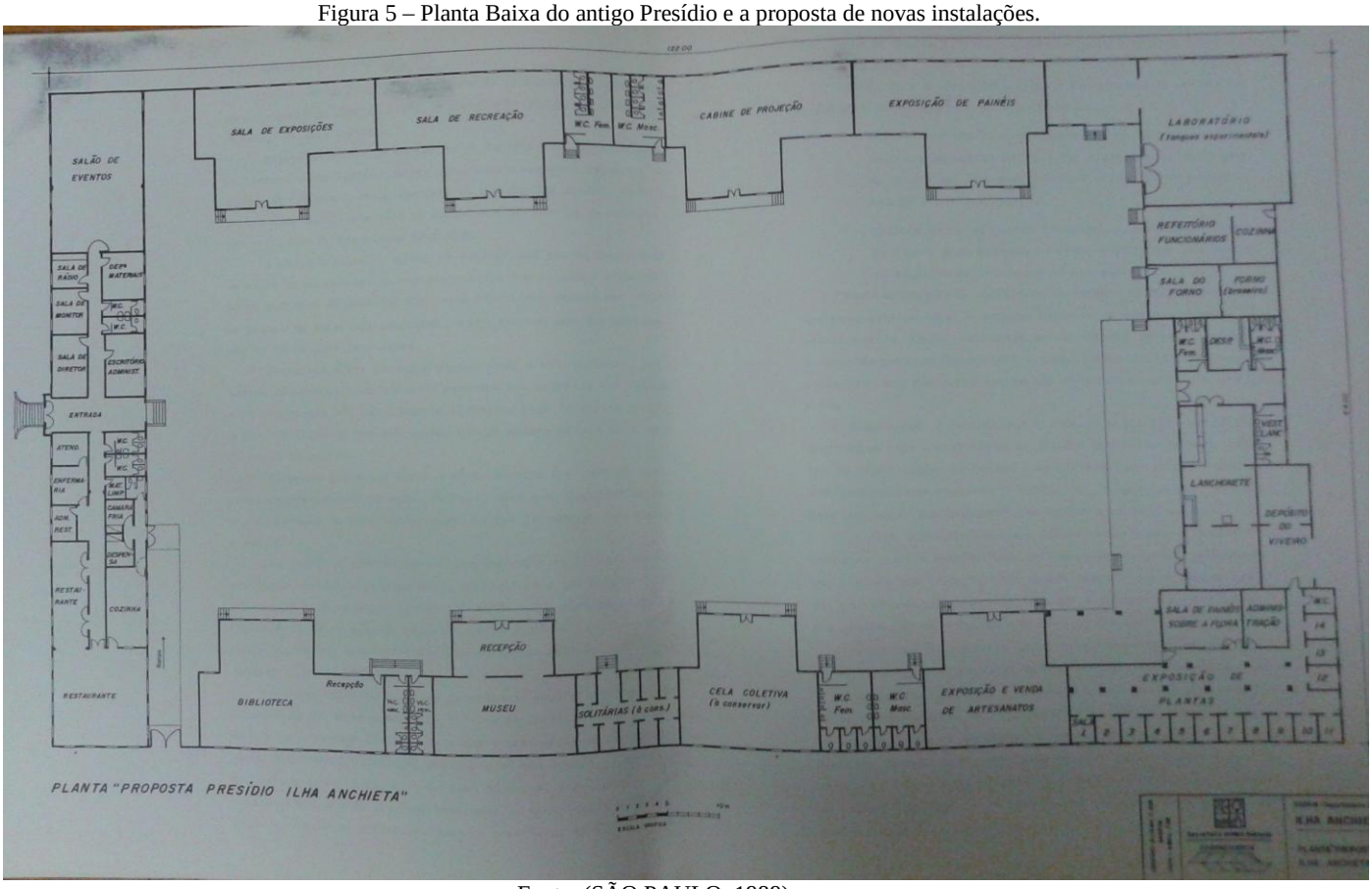
A proposta do projeto compreendeu a restauração do prédio do antigo presídio, sendo: na ala frontal e a principal área do prédio, a instalação de área de administração, salão de eventos, enfermaria para primeiros socorros, sala do rádio, banheiros, cozinha e restaurante.

Nas antigas celas prisionais, biblioteca, museu, sala de exposição de artesanato, recreação, cabine de projeção, banheiros para atender cada uma dessas dependências e uma cela que seria preservada como registro histórico.

As Trilhas foram localizadas em mapas, sendo a proposta a demarcação de todas as trilhas, assim como a interpretação das mesmas, com placas sinalizadoras e informações relevantes sobre pontos importantes e informações sobre ocorrência de espécies da flora da Mata Atlântica.

A Figura 5 apresenta a Planta Baixa do antigo Presídio e a proposta de novas instalações. Como pode ser observado, as antigas celas eram localizadas nas duas laterais longitudinais do prédio, sendo que na atual proposta, onde estão os pontos de exposição de plantas, foram as antigas celas solitárias.

Figura 5 – Planta Baixa do antigo Presídio e a proposta de novas instalações.

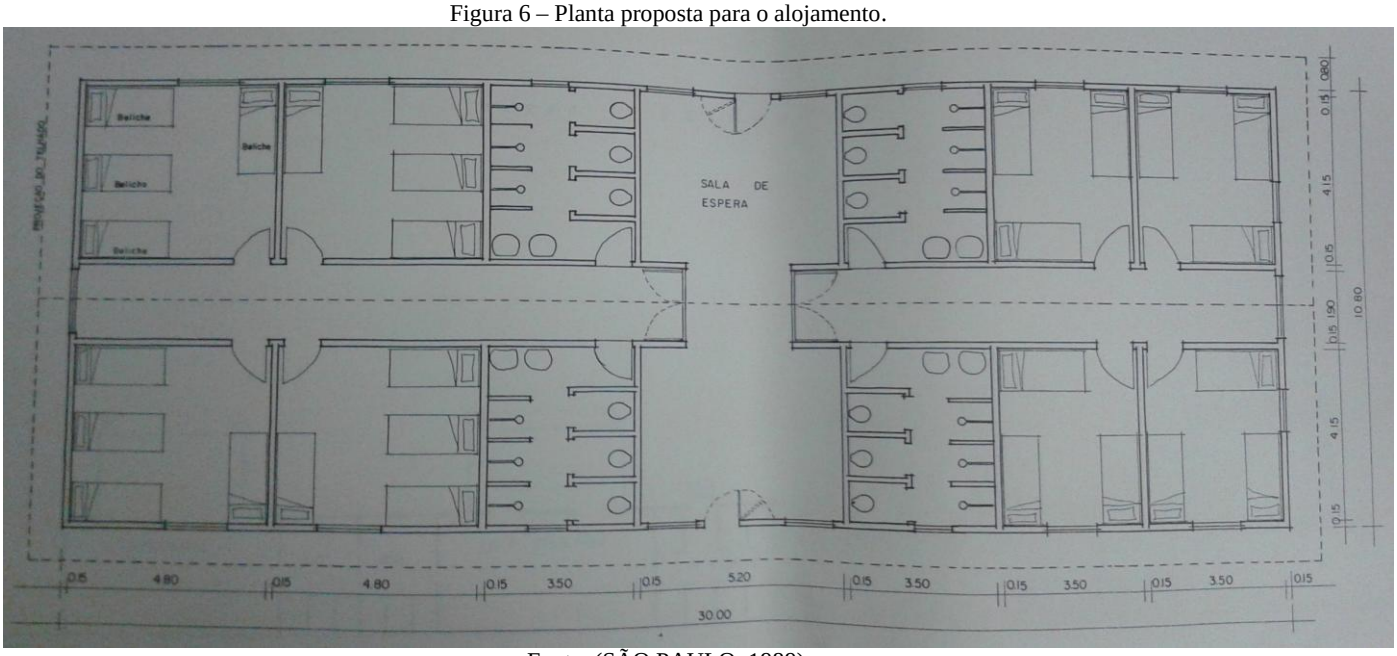


Fonte: (SÃO PAULO, 1989).

O alojamento teve como proposta o aproveitamento da obra ali iniciada, projetada para ser utilizada como cinema para os presidiários, e que foi, na época, abandonada. O projeto é composto de quartos e blocos de banheiros, com finalidade de atender escolas e visitantes, com capacidade 54 pessoas, como apresentado na Figura 6.

ISSN 1809-3957

Figura 6 – Planta proposta para o alojamento.



Fonte: (SÃO PAULO, 1989).

A Figura 7 apresenta a foto de uma das antigas celas coletivas existentes na época do levantamento de campo para a coleta de dados para a elaboração da proposta.

Figura 7 – Foto de uma das antigas celas coletivas do presídio
Fonte: (SÃO PAULO, 1989).

IV. RESULTADOS

Os principais resultados podem ser vistos nas plantas arquitetônicas, apresentadas nas Figuras 4 e 5. Assim como, cortes e fachadas apresentados na Figura 6. Sendo esses desenhos inexistentes até aquele momento, sendo que os dados e medidas foram e realizados em campo e depois de colhidas essas informações, foram feitas as elaborações dos desenhos e proposta final para o Plano Geral, como proposta para o Parque Estadual da Ilha Anchieta.

V. CONCLUSÃO

A técnica utilizada neste estudo, a qual era existente nos anos que se deu a proposta, como: a pesquisa bibliográfica, levantamento de campo e coleta de informações, desenhos das plantas arquitetônicas com cortes e fachadas do prédio do antigo presídio da Ilha Anchieta, além dos levantamentos das ruínas, trilhas e caminhos existentes e posterior reunião e organização de todos os dados, resultaram num documento importante para dar subsidio aos projetos e propostas futuras para o Parque Estadual da Ilha Anchieta.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSENOVA, I. V. Reconstruction of building history of the demidovs' estate «almazovo»: situated near moscow. **Becthnk,** Moscou, p.1-14, 2014.

BRASIL. Constituição (2000). Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Snuc**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322 . Acesso em: 27 jun. 2015.

FRANÇA. Comité Scientifique de La Conférence International de Cracovie. Unesco. **Convention pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel Immatériel.** 2013. Disponível em: <http://www.unesco.org>. Acesso em: 08 nov. 2015.

SÃO PAULO. Instituto Florestal de São Paulo. Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo (Ed.). **Parque Estadual da Ilha Anchieta - informações.** 2015. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/parque-ilha-anchieta/sobre-o-parque/. Acesso em: 30 out. 2015.

SÃO PAULO. Moraes-Santos, E. C., Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Plano Geral de Aproveitamento Turístico, Educativo, Científico e Ecológico do Parque Estadual da Ilha Anchieta.** São Paulo: SMA, 1989.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO E PESQUISA VISANDO NÍVEL A PELO RTQ-C

RIBEIRO, R.B.P.[1]; ZEMERO, B.R.[2]; TOSTES, M.E.L.[1]; BEZERRA, U.H.[1]; CARVALHO, C.C.M.M.[3]
Universidade Federal do Pará – UFPA / Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia – Ceamazon/ 1 – PPGEE/UFPA; 2 – PPGAU/UFPA; 3 – ITEC/UFPA
ricardobpr@hotmail.com; *tostes@ufpa.br*

Resumo ***- Este artigo apresenta a análise de eficiência energética predial feita no edifício do Ceamazon, laboratório de pesquisas vinculado à Universidade Federal do Pará. Para este estudo foi utilizada a metodologia prescritiva do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – RTQ-C. A análise foi feita principalmente nos sistemas de iluminação artificial e condicionamento de ar, visto que uma análise prévia dos dados de envoltória do prédio já havia coletado bons resultados. Serão apresentados também propostas de inclusão de alternativas energéticas para o edifício, visando uma eficiência energética ainda maior.***

Palavras-chave: Eficiência Energética. RTQ-C.

I. INTRODUÇÃO

No atual cenário econômico mundial, a demanda por energia é cada vez maior, crescendo mais que a oferta. Aliado a isso, o fato de não se ter nenhuma forma de produzir energia sem nenhum impacto ambiental traz à tona as discussões sobre racionalização e eficientização do consumo.

No Brasil estas discussões já se tornaram metas, na forma do Plano Nacional de Eficiência Energética, que estipula uma redução de 10% no consumo de energia no país até 2030. Para se atingir esse objetivo, várias medidas foram implementadas, dentre as quais o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, que classifica os eletrodomésticos de acordo com a sua eficiência energética e os Regulamentos Técnicos da Qualidade – RTQ-C e RTQ-R, que ao invés de eletrodomésticos classificam edificações de acordo com a sua eficiência energética, sendo o primeiro para edificações comerciais, de serviços e públicas e o segundo para edificações residenciais. Estes regulamentos foram implantados em um primeiro momento de forma gradual e voluntária, mas desde 2014 se tornaram obrigatórios para novas edificações ou edificações antigas que sofrerão reformas.

A proposta deste trabalho foi aplicar os fundamentos do RTQ-C como medida de avaliação da situação energética de uma edificação.

A edificação escolhida para análise foi o prédio do Ceamazon – Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (Figura 1), laboratório de pesquisa situado no Parque de Ciência e Tecnologia da Guamá. O laboratório foi fruto de uma parceria entre a UFPA – Universidade Federal do Pará, o governo do Estado do Pará e a Eletrobras – Eletronorte e engloba uma área total construída de 1907,98 m². Funcionando desde 2010 é um importante centro de pesquisas não só na área de eficiência energética como também em sistemas de potência e qualidade da energia elétrica.

Figura 1 – Prédio do Ceamazon.

II. METODOLOGIA

A análise energética do RTQ-C envolve três parâmetros distintos: a envoltória da edificação, o sistema de iluminação artificial e o sistema de condicionamento de ar. O estudo dos dados de cada um destes sistemas fornece material para os cálculos necessários no método, que resultarão em um equivalente numérico para cada um, representando a eficiência de cada sistema. Sendo assim, teremos EqNumEnv, como o equivalente numérico da envoltória, EqNumDPI, como o equivalente numérico do sistema de iluminação artificial e por fim, EqNumCA, para o sistema de condicionamento de ar. Um breve resumo de cada uma das três parcelas de análise é apresentado a seguir:

A envoltória é por definição "os planos que separam o ambiente interno do externo". Leva em consideração uma grande quantidade de variáveis arquitetônicas, tais quais a área de projeção da cobertura (Apcob), área total construída (Atot), fator de altura (FA), área da envoltória (Aenv), volume total da edificação (Vtot), fator de forma (FF), área de fachada (Af), área de abertura (Aa), percentual de área de abertura na fachada total (Paft), área da fachada oeste (Afo), área de abertura oeste (Aao), percentual de área de abertura na fachada oeste (Pafo), fator solar (Fs), ângulo horizontal de sombreamento (Ahs), ângulo vertical de sombreamento (Avs) e por fim, o índice de consumo da envoltória (Icenv) que é o índice que resulta da análise de todas as outras variáveis expostas.

Para o sistema de iluminação artificial, a análise consiste na soma de todas as potências de lâmpadas e, se for o caso, de reatores, instalados na edificação usando um dos dois métodos propostos pelo RTQ-C: o método das áreas, que efetua uma análise mais simples e o método das atividades, que separa a carga instalada pela atividade de

ISSN 1809-3957

cada ambiente da edificação. Da análise destes dados temos como resultado a densidade de potência de iluminação (DPI), valor que será comparado com limites de cada nível (A,B,C,D,E) e resultará no nível de eficiência energética do sistema de iluminação.

Já para o sistema de condicionamento de ar, a análise mais simples leva em consideração os aparelhos já etiquetados com o selo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia, onde já temos o nível de eficiência de cada aparelho bastando apenas fazer uma ponderação da potência por aparelho em relação ao total para chegarmos no nível de eficiência final. Por outro lado, quando não se tem aparelhos previamente etiquetados a análise torna-se bem mais complexa, devendo obedecer uma série de pré-requisitos que não serão tratados no momento.

Além do regulamento em si, que detalha o passo-a-passo da metodologia, outros trabalhos também realizaram estudos acerca da eficiência energética predial em relação ao método proposto pelo RTQ-C. Em 2010 Batista, La Rovere e Aguiar realizaram a análise em um prédio no Rio de Janeiro, dando ênfase ao cálculo de envoltória. Também em 2010 Carlo e Lamberts realizaram profunda revisão do regulamento seguida da análise de uma edificação em Florianópolis. Neste ano também foi realizado o estudo de uma edificação em Brasília, por Amorim et al. Já em 2011, Lamberts realiza a análise de eficiência por meio de simulações computacionais.

III. PRIMEIRA ANÁLISE

Em 2012/2013 uma primeira avaliação da eficiência energética do prédio do Ceamazon foi realizada utilizando a metodologia prescritiva do RTQ-C. Esta análise foi realizada por Oliveira (2013), e serviu de base para os estudos realizados neste trabalho. Nesta primeira avaliação, foram captados e/ou calculados todos os dados necessários para o cálculo dos equivalentes numéricos de envoltória, sistema de iluminação artificial e sistema de condicionamento de ar. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- EqNumEnv = 4 → Nível B;
- EqNumDPI = 3 → Nível C;
- EqNumCA = 3 → Nível C;

Vale ressaltar que nos casos da envoltória e do sistema de iluminação artificial os cálculos resultaram em um equivalente numérico 5, representando nível A de eficiência, porém, ambos foram rebaixados devido ao não cumprimento de alguns dos pré-requisitos necessários ao nível A. No caso da envoltória, a transmitância térmica da cobertura possui um valor maior que o permitido pelo regulamento do RTQ-C, e no caso da iluminação não foram atendidos os pré-requisitos de acionamento independente das luminárias próximas às janelas (para que se possa fazer uso de iluminação natural) e desligamento automático da iluminação.

Assim sendo, a Pontuação Total (PT) neste primeiro estudo foi de 3,41, utilizando a Equação 1 abaixo:

$$PT = 0{,}30\ [(EqNumEnv.\frac{AC}{AU}) + (\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV)] +0{,}30(EqNumDPI) + 0{,}40\ [(EqNumCA.\frac{AC}{AU}) + (\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV)+b \quad (1)$$

Onde, AC é a área condicionada, AU é a área útil, APT a área de permanência transitória, ANC a área de permanência prolongada não condicionada, EqNumV é o número representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente e b representa as possíveis bonificações.

Este valor obtido classifica a edificação como nível C de eficiência energética.

Da análise dos resultados obtidos por Oliveira (2013) se concluem os seguintes pontos:

- O projeto da envoltória do prédio mostrou-se satisfatório, alcançando a pontuação máxima desejada e sendo penalizado apenas pelo não cumprimento de um dos pré-requisitos, o que de certa forma não prejudicou tanto a nota final;
- Da mesma forma, o projeto do sistema de iluminação também obteve originalmente a nota máxima, sendo rebaixado para nível C pelo não cumprimento de dois pré-requisitos. Realmente não há o acionamento independente das luminárias próximas as janelas, o que consiste um erro de projeto, visto que o prédio foi imaginado para que se pudesse fazer uso da iluminação natural, como mostram as figuras 2 e 3. Já no caso do desligamento automático do sistema de iluminação, verificou-se que no texto do RTQ-C que este pré-requisito se aplica apenas às áreas maiores que 250m², o que não é o caso de nenhum dos ambientes do Ceamazon. Assim sendo, a nota final do sistema de iluminação seria 4, nível B.
- Já o sistema de condicionamento de ar, mesmo que obedecendo os pré-requisitos, foi classificado em um nível baixo e já que este sistema é o que tem maior peso proporcional (0,40) em relação aos outros dois na pontuação total da edificação, foi o responsável pelo baixo nível de eficiência. Este problema se dá principalmente por alguns aparelhos condicionadores de ar com eficiência energética nível E, presentes em 5 dos 22 ambientes analisados. Apesar do número de aparelhos nesta classificação não ser tão alto, estes possuem potências muito elevadas, tendo alta representatividade no cálculo do EqNumCA.

Figura 2 – Sala de aula iluminada naturalmente.

ISSN 1809-3957

Figura 3 – Laboratório de pesquisas iluminado naturalmente.

Assim sendo, tomou-se como objetivo para este trabalho a reclassificação do edificio do Ceamazon como nível A, trabalhando principalmente no sistema de condicionamento de ar, fazendo ajustes no sistema de iluminação artifical e verificando a possibilidade de inserção de bonificações na pontuação.

IV. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Neste sistema, já classificado previamente como nível A de eficiência, verificou-se que a potência instalada total de 18056,6 W estava bem abaixo dos limites dos níveis seguintes (B,C,D,E). Para permanecer no nível avaliado, as ligações dos circuitos devem ser refeitas, para que se tenha a independência do acionamento das luminárias próximas às janelas. Por outro lado, pensando tanto na eficiência energética quanto na economia de custos, foi pensada a substituição das lâmpadas presentes atualmente no prédio por modelos mais modernos e mais eficientes. As lâmpadas instaladas atualmente são modelos fluorescentes tubulares T8, de variadas potências, que podem ser substituídas por modelos LED, que consomem menos energia e proporcionam um fluxo luminoso mais alto, como visto em estudos comparativos acerca do assunto, como o de Rosa et al (2015).

Desta forma, são propostas as seguintes substituições:

Tabela 1 – Equivalência de lampâdas T8/LED

Fluorescente tubular T8	LED
32 W	16 W
26 W	12 W
20 W	10 W
16 W	8 W

Após as substituições, o novo valor de potência total de iluminação instalada na edificação seria de 8614 W, uma redução de 9442 W, visto que além das lâmpadas fluorescentes utilizarem uma maior potência, elas também precisam do auxílio de reatores eletrônicos para o seu acionamento. Já as lâmpadas LED são independentes dos reatores e podem ser acopladas nas mesmas luminárias das fluorescentes tubulares. Com certeza a redução no nível total de potência trará uma economia significativa ao consumo energético da instalação, pagando o investimento na substituição de tecnologia.

V. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Possuindo o maior peso na equação da pontuação total, o sistema de condicionamento de ar representou o maior problema da edificação em análise. Possuindo alguns aparelhos de potência elevada e classificação nível E, o valor encontrado para o EqNumCA foi muito baixo, trazendo pra baixo também o valor da pontuação total.

Para solucionar este problema, primeiramente foi proposta apenas a substituição dos aparelhos menos eficientes, de classe E, por aparelhos mais eficientes, de classe A. Porém, não existem aparelhos etiquetados pelo PROCEL com nível A de potência maior que 36.000 BTUs, sendo que neste valor já se encontra apenas um aparelho e também de eficiência nível E. Sendo assim, propõe-se um redimensionamento da refrigeração dos ambientes que apresentaram os piores índices, como ilustrado na tabela 2. Para este redimensionamento foram levados em consideração a área do ambiente, a altura do pé direito, a ocupação média e a quantidade de aparelhos presentes no ambiente.

Tabela 2 – Redimensionamento do sistema de condicionamento de ar.

Ambiente	Potência instalada anterior - Btu	Potência instalada proposta - Btu
Auditório	186.000	163.800
Biblioteca	90.000	67.200
Lab. de Análise Físico-Química	35.000	36.600
Lab. Sistemas Motrizes – 1º piso	58.000	42.000
Lab. Conforto Ambiental	58.000	40.800
Lab. Computação	54.000	47.400
Lab. Sistemas Motrizes – 2º piso	35.000	42.000
Total	516.000	439.800

Nota-se que à exceção do Laboratório de Análise Físico-Química e do segundo piso do Laboratório de Sistemas Motrizes, todos os outros ambientes listados tiveram o condicionamento de ar super-dimensionado, acarretando em um consumo exagerado de energia. De acordo com a proposta apresentada e com a listagem de aparelhos etiquetados pelo PROCEL, uma solução seria a seguinte:

- Para a Biblioteca: instalação de dois aparelhos marca Electrolux, modelo TI30F/TE30F, classificação A, de 30.000 Btu/h, suprindo 60.000 Btu dos 67.200 calculados;
- Para o Laboratório de Análise Físico-Química: um aparelho marca Electrolux, modelo TI30F/TE30F, classificação A, de 30.000 Btu/h e um aparelho marca Electrolux, modelo PI07F/PE07F, classificação A, de 7.000 Btu/h, suprindo 37.000 Btu dos 36.600 calculados;
- Para o Laboratório de Sistemas Motrizes – 1º piso: um aparelho marca Electrolux, modelo TI30F/TE30F, classificação A, de 30.000 Btu/h e um aparelho marca Pioneer, modelo KF-35G/B PN KF-35W/B PN, classificação A, de 12.000 Btu/h, suprindo 42.000 Btu dos 42.000 calculados;

ISSN 1809-3957

- Para o Laboratório de Conforto Ambiental: um aparelho marca Electrolux, modelo TI30F/TE30F, classificação A, de 30.000 Btu/h e um aparelho marca Unifrio, modelo UNI09INT/UNI09EXT, classificação A, de 9.000 Btu/h, suprindo 39.000 Btu dos 40.800 calculados;
- Para o Laboratório de Computação: aparelhos marca Electrolux, modelo TI30F/TE30F, classificação A, de 30.000 Btu/h e um aparelho marca Fujitsu, modelo ASBG15LJCA/AOBG15LJC, classificação A, de 15.000 Btu/h, suprindo 45.000 Btu, dos 47.400 calculados;
- Para o Laboratório de Sistemas Motrizes – 2º piso: um aparelho marca Electrolux, modelo TI30F/TE30F, classificação A, de 30.000 Btu/h, e um aparelho marca Pioneer, modelo KF-35G/B PN KF-35W/B PN, classificação A, de 12.000 Btu/h, suprindo 42.000 Btu dos 42.000 calculados.

Já para o auditório serão necessários estudos mais aprofundados, devido à sua área maior em relação aos outros ambientes. Para suprir os 163.800 Btus calculados com condicionadores de ar do tipo Split Hi-wall, a melhor solução seria a instalação de 5 aparelhos de 30.000 Btu e um de 12.000 Btu, o que é de certa forma inviável visto que só existem instalações para 4 aparelhos no ambiente. Acredita-se que a opção mais válida seja a instalação de um sistema central de condicionamento de ar ou da instalação de apenas 4 unidades de 30.000 Btus, visto que a sensação térmica das pessoas dentro do ambiente do auditório é geralmente de frio.

Adotando as medidas propostas e considerando 4 aparelhos de 30.000 Btus para o auditório, o sistema de condicionamento de ar já recebe nota A, com EqNumCA = 4,62.

VI. BONIFICAÇÕES

O RTQ-C prevê também uma pontuação extra, denominada "bonificação", quando se possui na edificação iniciativas que aumentem a eficiência energética do edifício. Esta pontuação pode valer até 1 ponto, somado diretamente à pontuação total.

No caso do Ceamazon, à época de projeto, foi pensado em um sistema de reaproveitamento da água pluvial, que seria escoada e reutilizada em sanitários e na limpeza dos pisos. Porém, na execução da obra o encanamento foi instalado de forma errada, inutilizando esta idéia que representaria uma pontuação extra nos cálculos do RTQ-C, contanto que comprovada a economia anual de 40% no consumo de água do prédio.

Outra possibilidade seria a instalação de painéis fotovoltaicos na cobertura do prédio, gerando energia elétrica e suprindo, ao menos parcialmente, a demanda própria da edificação. A incidência solar na região é alta e propícia a este tipo de geração. Para o RTQ-C, é necessário que se comprove economia mínima de 10% ao ano no consumo de energia da edificação, porém, tanto este estudo do consumo quanto o de viabilidade técnica do projeto ainda não foram realizados.

Outro fator que pode vir a valer bonificação é o aproveitamento da iluminação natural, proporcionando uma economia anual de 30% do consumo de energia elétrica. Estima-se que o consumo anual do Ceamazon seja em torno de 52 mil kwh, dos quais 20% são dedicados à iluminação. Assim sendo, deveriam ser economizados anualmente 10400 kwh, o que não é um objetivo difícil de conseguir, visto que as salas de aula e laboratórios são todas bem providas de iluminação natural, podendo-se ficar com luzes apagadas até por volta das 17 horas.

VII. PONTUAÇÃO TOTAL REVISADA

Como visto anteriormente, a edificação estava classificada como nível C, tendo EqNumEnv = 4, EqNumDPI = 3 e EqNumCA = 3. Com a correção da nota do sistema de iluminação para nível B (EqNumDPI = 4), já temos um resultado melhor, com PT = 3,97 e classificação nível B.

Para se alcançar o nível A, sabendo que as classificações B da envoltória e do sistema de iluminação foram devido ao não atendimento de pré-requisitos que necessitariam de obras na infra-estrutura do prédio, voltou-se os estudos para o sistema de condicionamento de ar, onde verificou-se que apenas o avanço deste sistema do nível C para o nível A (EqNumCA = 5) não seria suficiente para levar a edificação ao nível A, visto que neste caso, PT = 4,22, ainda nível B.

Para se alcançar o nível A duas soluções são propostas:

- Se o sistema de iluminação atendesse aos pré-requisitos e mantivesse o seu nível A, com EqNumDPI = 5, a edificação conseguiria alcançar o nível A, com PT = 4,52.
- É possível obter pontos de bonificação nas três propostas apresentadas neste trabalho, bastando serem executados os projetos de viabilidade econômica para instalação dos painéis fotovoltaicos e da correção do encanamento.

VIII. CONCLUSÃO

A eficiência energética é uma das respostas para o problema do aumento da demanda de energia e a sua difusão, primeiramente entre os eletrodomésticos e agora também nas edificações trará um impacto positivo no balanço energético do pais, utilizando mais tecnologia para consumir menos. No caso do prédio do CEAMAZON para se alcançar o nível A duas soluções são propostas:

- Se o sistema de iluminação atendesse aos pré-requisitos e mantivesse o seu nível A, com EqNumDPI = 5, a edificação conseguiria alcançar o nível A, com PT = 4,52.
- É possível obter pontos de bonificação nas três propostas apresentadas neste trabalho, bastando serem executados os projetos de viabilidade econômica para instalação dos painéis fotovoltaicos e da correção do encanamento.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Cláudia Naves David; CINTRA, Milena Sampaio; SILVA, Caio Frederico; FERNANDES, Júlia Teixeira, SUDBRACK, Larissa Olivier; **Energy Efficiency Code in Brazil: Experiences in the First Public Building Labeled in Brasilia**, Fourth National Conference of IBPSA-USA, Nova Iorque, 2010, disponível em

ISSN 1809-3957

http://www.ibpsa.us/sites/default/files/publications/SB10-DOC-TS07A-01-Amorim.pdf

BATISTA, Norma do Nascimento; LA ROVERE, Emílio Lèbre; AGUIAR, João Carlos Rodrigues; **Energy Efficiency Labeling of Buildings: Na Assessment of the Brazilian Case**, Revista Energy and Buildings, n 43, p 1179-1188, 2011, Elsevier, disponível em http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881000407X

CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, Roberto, **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo,** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010, disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212010000200001&script=sci_arttext

Catálogo lâmpadas LED da Osram, disponível em http://www.osram.com.br/media/resource/HIRES/544800/13873763/catalog-osram-led-lamp-and-luminaire--2015-br-pt.pdf

INMETRO, **Programa Brasileiro de Etiquetagem - Tabela de eficiência energética de condicionadores de ar modelos Split hi-wall**, disponível em http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador_de_ar_split_hi_wall.pdf

LAMBERTS, Roberto. **Diretrizes para obtenção do Nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas Zona Bioclimática 8**. Florianópolis, abr. 2013. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual_a_ZB8.pdf. Acesso em 18 set 2015.

LOPES, Mauricio Nath; IWAMOTO, Gabriel; RIELLA, Humberto Leitão; LAMBERTS, Roberto; CAMPOS, Lucila Maria Souza; **The Building Simulation as na Alternative Method in Brazilian Energy Efficiency Labeling of Commercial Buildings**, 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sidney, 2011, disponível em http://www.researchgate.net/profile/Mauricio_Lopes4/publication/267393307_THE_BUILDING_SIMULATION_AS_AN_ALTERNATIVE_METHOD_IN_BRAZILIAN_ENERGY_EFFICIENCY_LABELING_OF_COMMERCIAL_BUILDINGS/links/544e88cb0cf26dda0890156f.pdf

Manual de aplicação do RTQ-C, disponível em http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf

OLIVEIRA, Bruno Gabiel Freitas, **Análise do Desempenho Energético de Edificações: Aplicação Analítica do RTQ-C no edifício do Ceamazon**; Dissertação de Mestrado, UFPA, 2013.

ROSA, L.L.; CUNHA, M.S.; ARAÚJO, M.G.; VALLE, A.C.; MATIAS, L.; MARQUES, T.C.; **Uma Análise Técnica da Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LED,** Revista Sodebras, volume 10, n 113, p 4-9, 2015.

WEBPRESCRITIVO – **Etiquetagem de edificações comerciais, públicas e de serviços**. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html. Acesso em 20 set 2015.

X. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO DE BARRAS *PV* NA CONVERGÊNCIA DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO DO FLUXO DE POTÊNCIA VIA INJEÇÃO DE CORRENTE

CRISTINA C. DE OLIVEIRA[1]; A. BONINI NETO[2]; DILSON A. ALVES[1]
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA; 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP – CAMPUS DE TUPÃ – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSSISTEMAS
dalves@dee.feis.unesp.br

Resumo - Este trabalho apresenta uma análise comparativa da influência da representação das barras PV nas características de convergência de um método de Newton-Raphson simplificado. O método, utilizado para a solução do problema de fluxo de potência, é baseado nas equações de injeção de corrente em coordenadas polares. Apresentam-se também os resultados da análise comparativa de desempenho entre o método simplificado e o convencional, o qual utiliza as equações de injeção de potência expressas em termos de coordenadas polares. Vários testes são apresentados com intuito de prover um completo entendimento dos procedimentos propostos e possibilitar a comparação e a avaliação do desempenho dos esquemas de representação das barras PV. As análises de desempenho foram realizadas para os sistemas testes do IEEE de 14, 57 e 118 barras considerando diferentes carregamentos e relações R/X dos ramos. Os resultados obtidos com as formas de tratamento das barras PV mostram que as características de convergência do método simplificado podem ser melhoradas.

Palavras-chave: Fluxo de Carga. Injeção de Corrente. Newton-Raphson.

I. INTRODUÇÃO

O Fluxo de Potência (FP) é uma das principais ferramentas de análise utilizada tanto na fase de planejamento quanto na de operação de sistemas elétricos de potência. Nas análises ele não só é usado para a definição das características nominais dos equipamentos e dos requisitos de suporte de reativos necessários para a manutenção do perfil de tensão em condições normais e de emergência, mas também para fornecer as condições iniciais para diversos outros estudos tais como curto-circuito, estabilidade de ângulo e de tensão (AJJARAPU, 2010; SAADAT, 1999; KUNDUR, 1993; MONTICELLI, 1983). Estudos da operação em tempo real envolvendo o uso do FP para a análise de contingências de linhas de transmissão e para a determinação da margem de carregamento apresentam uma alta demanda de processamento computacional. Dessa forma, há um interesse contínuo pelo desenvolvimento de métodos que exibam uma convergência mais rápida, e que também sejam mais robustos e confiáveis.

O problema do FP consiste na resolução de um sistema de equações algébricas e não-lineares que representa uma dada topologia da rede elétrica, numa dada condição operativa em condições de regime permanente senoidal (SAADAT, 1999; MONTICELLI, 1983). Dentre os diversos métodos numéricos utilizados na resolução do problema de FP, o método iterativo de Newton-Raphson é o mais empregado pelo fato de ser mais confiável e do número de iterações necessárias para a convergência ser independente da dimensão do sistema elétrico de potência.

Nas análises de FP são utilizadas diversas formulações na aplicação do método de Newton-Raphson. Nestas formulações as equações de fluxo de potência podem ser escritas em coordenadas polares ou retangulares, considerando a injeção ou de corrente ou de potência, e em alguns casos formulações hibridas destas (STOTT, 1974; DA COSTA 1997; KULWORAWANICHPONG, 2010; KAMEL, 2013).

Neste trabalho apresenta-se uma análise comparativa da influência de formas alternativas de representação das barras *PV* nas características de convergência de um método de Newton-Raphson simplificado. O método usa as equações de injeção de corrente em coordenadas polares para a solução do problema de fluxo de potência (KULWORAWANICHPONG, 2010). Também são comparados os resultados das análises de desempenho do método simplificado e do convencional, o qual utiliza as equações de injeção de potência expressa em termos de coordenadas polares. Diversos testes, assim como o equacionamento, são apresentados visando prover um completo entendimento dos procedimentos propostos e da avaliação do desempenho dos esquemas de representação das barras *PV*. As análises de desempenho foram realizadas para os sistemas testes do IEEE de 14, 57 e 118 barras e consideraram diferentes relações R/X dos ramos e diferentes carregamentos. Os resultados obtidos com duas propostas de tratamento das barras *PV* mostram que as características de convergência do método simplificado podem ser melhoradas.

II. FLUXO DE POTÊNCIA EM COORDENADAS POLARES

A resolução do problema de fluxo de carga tem por objetivo a determinação, para uma dada condição de geração e carga, do estado da rede, i.e., das magnitudes e ângulos de fase da tensão em todas as barras de um sistema elétrico de potência. A partir dessas grandezas são determinados os fluxos e as perdas de potência ativa e reativa em todas as linhas de transmissão.

A equação de injeção líquida de potência para uma barra *k* qualquer ($S_k=S_{ger,k} - S_{carga,k}$), na forma complexa, é dada por (MONTICELLI, 1983):

ISSN 1809-3957

$$S_k^*(\mathbf{V}) = P_k(\mathbf{V}) - jQ_k(\mathbf{V}) = V_k^* \times I_k = V_k^* \times \sum_{i\in\kappa} Y_{ki} \times V_i$$
$$S_k^*(\mathbf{V}) = V_k^* \times \sum_{i\in\kappa} (G_{ki} + \mathrm{j}B_{ki}) \times V_i \tag{1}$$

sendo que o símbolo * denota complexo conjugado; **V** é o vetor de tensões complexas nodais, V_k e V_i elementos de **V**; I_k é o elemento do vetor das injeções de corrente **I**; $Y_{ki}= G_{ki}+ \mathrm{j}B_{ki}$ é o elemento pertencente a *k*-ésima linha e *i*- ésima coluna da matriz de admitância nodal **Y=G**+j**B**, composta pelas matrizes condutância nodal (**G**) e susceptância nodal (**B**). κ é o conjunto formado pelo conjunto de todas as barras diretamente conectadas à barra (Ω_k), mais a própria barra *k*. $S_k=S_{ger,k} - S_{carga,k}$ é a diferença entre as potências complexas gerada e consumida, e P_k e Q_k suas correspondentes partes real e imaginária.

A. Formulação das Equações Considerando a Injeção de Potência

Na formulação do fluxo de potência que utiliza as equações de injeção de potência e as tensões nodais expressas em termos das coordenadas polares (Monticelli, 1983), e que aqui será denominado por fluxo de potência convencional (FPC), as equações dos resíduos (*mismatches*) de potências ativa ($\Delta P_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$) e reativa ($\Delta Q_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$) numa barra *k* qualquer são dados por:

$$\Delta P_k(\theta,|\mathbf{V}|) = (P_{ger,k} - P_{carga,k}) - P_k(\theta,|\mathbf{V}|) = 0$$
$$\Delta Q_k(\theta,|\mathbf{V}|) = (Q_{ger,k} - Q_{carga,k}) - Q_k(\theta,|\mathbf{V}|) = 0 \tag{2}$$

sendo as potências ativa $P_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$ e reativa $Q_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$

$$P_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|) = |V_k| \sum_{i\in\kappa} |V_i| (G_{ki}\cos\theta_{ki} + B_{ki}\mathrm{sen}\theta_{ki})$$
$$Q_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|) = |V_k| \sum_{i\in\kappa} |V_i| (G_{ki}\mathrm{sen}\theta_{ki} - B_{ki}\cos\theta_{ki}) \tag{3}$$

sendo **θ** e |**V**| os respectivos vetores de ângulo de fase e magnitude do vetor **V**, $|V_k|$ e $|V_i|$ as magnitudes das tensões nodais do ramo *k-i*; θ_{ki} é a defasagem angular entre as tensões das barras terminais do ramo *k-i*; G_{ki} e B_{ki} são as respectivas condutância e susceptância do elemento *k-i* da matriz **Y**. Considerando um sistema de energia elétrica contendo *npv* barras de tensão controlada (*PV*), onde $\mathbf{P_{ger}}$ e **V** são especificados ($\mathbf{P_{ger}^{sp}}$ e $\mathbf{V^{sp}}$), e *npq* barras de carga (*PQ*), onde $\mathbf{P_{carga}}$ e $\mathbf{Q_{carga}}$ são especificados ($\mathbf{P_{carga}^{sp}}$ e $\mathbf{Q_{carga}^{sp}}$), haverá *npv*+2*npq* equações, sendo *npv*+*npq* de resíduos de potência ativa e *npq* de reativa. Nesse caso, a linearização da equação (2) de acordo com o método de Newton fornece:

$$\begin{bmatrix} \Delta\mathbf{P}(\theta,\mathbf{V}) \\ \Delta\mathbf{Q}(\theta,\mathbf{V}) \end{bmatrix} = -\mathbf{J} \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{\theta} \\ \Delta|\mathbf{V}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{H} & \mathbf{N} \\ \mathbf{M} & \mathbf{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{\theta} \\ \Delta|\mathbf{V}| \end{bmatrix} \tag{4}$$

sendo $\Delta|\mathbf{V}|$ e $\Delta\boldsymbol{\theta}$ às correções das magnitudes e ângulos das tensões nodais. Os elementos das submatrizes que compõem a matriz Jacobiana (**J**), $\mathbf{H}=\partial\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, |\mathbf{V}|)/\partial\boldsymbol{\theta}$, $\mathbf{N}=\partial\mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, |\mathbf{V}|)/\partial|\mathbf{V}|$, $\mathbf{M}=\partial\mathbf{Q}(\boldsymbol{\theta}, |\mathbf{V}|)/\partial\boldsymbol{\theta}$ e $\mathbf{L}=\partial\mathbf{Q}(\boldsymbol{\theta}, |\mathbf{V}|)/\partial|\mathbf{V}|$ são dadas por:

Submatriz **H**:

$$H(k,i) = |V_k V_i|(G_{ki}\,\mathrm{sen}\theta_{ki} - B_{ki}\cos\theta_{ki}) \text{ para } k\neq i \tag{5}$$
$$H(k,k) = -Q_k - B_{kk}|V_k|^2 \tag{6}$$

Submatriz **N**:

$$N(k,i) = |V_k|(G_{ki}\cos\theta_{ki} + B_{ki}\,\mathrm{sen}\theta_{ki}) \text{ para } k\neq i \tag{7}$$
$$N(k,k) = (P_k + G_{kk}|V_k|^2)/|V_k| \tag{8}$$

Submatriz **M**:

$$M(k,i) = -|V_k V_i|(G_{ki}\cos\theta_{ki} + B_{ki}\,\mathrm{sen}\theta_{ki}) \text{ para } k\neq i \tag{9}$$
$$M(k,k) = P_k - G_{kk}|V_k|^2 \tag{10}$$

Submatriz **L**:

$$L(k,i) = |V_k|(G_{ki}\,\mathrm{sen}\theta_{ki} - B_{ki}\cos\theta_{ki}) \text{ para } k\neq i \tag{11}$$
$$L(k,k) = (Q_k - B_{kk}|V_k|^2)/|V_k| \tag{12}$$

Uma vez escolhido os valores iniciais para **θ** e |**V**| calculam-se os *mismatches* por meio da equação (2). Caso o seu máximo valor absoluto seja menor que o de uma tolerância adotada, considera-se que a solução foi obtida. Caso contrário, calcula-se a correção do estado por meio da solução da equação (4) e efetua-se a atualização (v+1) através de:

$$\boldsymbol{\theta}^{v+1} = \boldsymbol{\theta}^{v} + \Delta\boldsymbol{\theta}^{v} \quad \text{e} \quad |\mathbf{V}|^{v+1} = |\mathbf{V}|^{v} + \Delta|\mathbf{V}|^{v} \tag{13}$$

B. Formulação das Equações Considerando a Injeção de Corrente

Na formulação do fluxo de potência que utiliza as equações de injeção de corrente expressas em termos das coordenadas polares apresentado em (Kulworawanichpong, 2010), e que aqui será denominado por fluxo de potência via injeção de corrente (FPIC), a equação do resíduo de corrente complexa numa barra *k* qualquer é expresso por:

$$\Delta F_k(\mathbf{V}) = \left(\frac{S_k^{sp}}{V_k}\right)^* - \sum_{i\in\kappa} Y_{ki} \times V_i = 0 \tag{14}$$

cujas partes real ($\Delta G_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$) e imaginária ($\Delta H_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$) são dadas por:

$$\Delta G_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|) = \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k}\right| \cos(-\varphi_k + \theta_k) - \sum_{i\in\kappa} |Y_{ki}V_i| \cos(\phi_{ki} + \theta_i) = 0$$
$$\Delta H_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|) = \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k}\right| \mathrm{sen}(-\varphi_k + \theta_k) - \sum_{i\in\kappa} |Y_{ki}V_i| \mathrm{sen}(\phi_{ki} + \theta_i) = 0 \tag{15}$$

sendo φ_k o ângulo da potência complexa S_k^{sp}; θ_k é o ângulo da tensão nodal V_k; ϕ_{ki} é o ângulo do elemento *k-i* (Y_{ki}) da matriz de admitância **Y**. Para *npv* barras de tensão controlada e *npq* barras de carga haverá *npv*+2*npq* equações, sendo *npv*+*npq* elementos de **ΔG** e *npq* elementos de **ΔH**. Nesse caso, a linearização da equação (14) de acordo com o método de Newton fornece:

$$\begin{bmatrix} \Delta\mathbf{G} \\ \Delta\mathbf{H} \end{bmatrix} = -\mathbf{J_I} \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{\theta} \\ \Delta|\mathbf{V}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{J_1} & \mathbf{J_2} \\ \mathbf{J_3} & \mathbf{J_4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\boldsymbol{\theta} \\ \Delta|\mathbf{V}| \end{bmatrix} \tag{16}$$

Os elementos das submatrizes da matriz Jacobiana ($\mathbf{J_I}$), $\mathbf{J_1}=\partial\Delta\mathbf{G}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)/\partial\boldsymbol{\theta}$, $\mathbf{J_2}=\partial\Delta\mathbf{G}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)/\partial|\mathbf{V}|$, $\mathbf{J_3}=\partial\Delta\mathbf{H}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)/\partial\boldsymbol{\theta}$ e $\mathbf{J_4}=\partial\Delta\mathbf{H}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)/\partial|\mathbf{V}|$, podem ser expressas de modo semelhante ao FPC, sendo dadas por:

ISSN 1809-3957

Submatriz $\mathbf{J_1}$:

$$J_1(k,i) = -|V_i Y_{ki}|\text{sen}(\phi_{ki} + \theta_i) \quad \text{para } k \neq i \tag{17}$$

$$J_1(k,k) = -|V_k Y_{kk}|\text{sen}(\phi_{kk} + \theta_k) + \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k}\right|\text{sen}(-\varphi_k + \theta_k) \tag{18}$$

Submatriz $\mathbf{J_2}$:

$$J_2(k,i) = |Y_{ki}|\cos(\phi_{ki} + \theta_i) \quad \text{para } k \neq i \tag{19}$$

$$J_2(k,k) = |Y_{kk}|\cos(\phi_{kk} + \theta_k) + \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k^2}\right|\cos(-\varphi_k + \theta_k) \tag{20}$$

Submatriz $\mathbf{J_3}$:

$$J_3(k,i) = |V_i Y_{ki}|\cos(\phi_{ki} + \theta_i) \quad \text{para } k \neq i \tag{21}$$

$$J_3(k,k) = |V_k Y_{kk}|\cos(\phi_{kk} + \theta_k) - \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k}\right|\cos(-\varphi_k + \theta_k) \tag{22}$$

Submatriz $\mathbf{J_4}$:

$$J_4(k,i) = |Y_{ki}|\text{sen}(\phi_{ki} + \theta_i) \quad \text{para } k \neq i \tag{23}$$

$$J_4(k,k) = |Y_{kk}|\text{sen}(\phi_{kk} + \theta_k) + \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k^2}\right|\text{sen}(-\varphi_k + \theta_k) \tag{24}$$

C. Propostas de Tratamento das Barras de Geração

Uma vez que a magnitude de tensão (V_k) de uma barra k qualquer de geração (barras *PV*) é especificada e, portanto mantida constante, a sua equação de injeção de potência reativa $Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$ não aparece em (2). Por outro lado, embora o número de equações em (15) seja o mesmo que em (2), $Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$ aparece implicitamente em ΔG_k por meio de $|S_k^{sp}|$ e φ_k. Em (Kulworawanichpong, 2010) $Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$ é levado em conta por meio de ajuste alternado. Neste caso, o ajuste é efetuado alternadamente com as iterações do processo de resolução da equação (2) (MONTICELLI, 1983). Durante o cálculo de uma iteração $Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$ é mantida inalterada e, entre uma iteração e outra, é recalculada por:

$$Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|) = \sum_{i\in\kappa}|V_k V_i Y_{ki}|\text{sen}(\phi_{ki} + \theta_i - \theta_k) \tag{25}$$

Outro modo aqui proposto, e que será denominado por fluxo de potência via injeção de corrente modificado (FPICM), consiste em calcular os elementos que compõem as submatrizes $\mathbf{J_1}$ e $\mathbf{J_2}$ da Jacobiana $\mathbf{J_I}$ considerando $Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$, e que para o caso das barras *PV* passam a ser calculados pelas seguinte expressões:

Submatriz $\mathbf{J_1}$:

$$J_1(k,i) = -|V_i Y_{ki}|\text{sen}(\phi_{ki} + \theta_i) + |V_i Y_{ki}|\cos(\phi_{ki} + \theta_i - \theta_k)\text{sen}(\theta_k) \tag{26}$$

$$J_1(k,k) = -|V_k Y_{kk}|\text{sen}(\phi_{kk} + \theta_k) + \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k}\right|\text{sen}(-\varphi_k + \theta_k) - \left[\frac{\left(P_{ger,k}^{sp} - P_{carga,k}^{sp}\right)}{|V_k|} - |V_k Y_{kk}|\cos(\phi_{kk})\right]\text{sen}(\theta_k) \tag{27}$$

Submatriz $\mathbf{J_2}$:

$$J_2(k,i) = |Y_{ki}|\cos(\phi_{ki} + \theta_i) + |Y_{ki}|\text{sen}(\phi_{ki} + \theta_i - \theta_k)\text{sen}(\theta_k) \tag{28}$$

$$J_2(k,k) = |Y_{kk}|\cos(\phi_{kk} + \theta_k) + \left|\frac{S_k^{sp}}{V_k^2}\right|\cos(-\varphi_k + \theta_k) - \left[\frac{\left(Q_{ger,k} - Q_{carga,k}^{sp}\right)}{|V_k|} - |V_k Y_{kk}|\text{sen}(\phi_{kk})\right]\text{sen}(\theta_k) \tag{29}$$

Observa-se que os elementos das submatrizes $\mathbf{J_3}$ e $\mathbf{J_4}$ não apresentam modificações, visto que as derivadas somente são realizadas para as barras do tipo PQ.

Um segundo modo aqui apresentado, e que será denominado por fluxo de potência via injeção de corrente com Q como variável (FPICQ), consiste na consideração de $Q_{ger,k}(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$ como uma nova variável ($\Delta Q_{G,k}$). Neste caso utiliza-se o ajuste simultâneo que consiste em incorporar as equações ao problema básico de fluxo de potência (MONTICELLI, 1983). Nessa formulação aumentada, para cada barra k de geração (*PV*) acrescenta-se uma nova equação, no caso a parte imaginária da equação do resíduo de corrente complexa ($\Delta H_k(\boldsymbol{\theta},|\mathbf{V}|)$). Nesse caso, a linearização da equação (14) de acordo com o método de Newton fornece:

$$\begin{bmatrix}\mathbf{\Delta G}\\ \mathbf{\Delta H}\end{bmatrix} = -\mathbf{J_I'}\begin{bmatrix}\mathbf{\Delta\theta}\\ \mathbf{\Delta|V|}\\ \mathbf{\Delta Q_G}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathbf{J_1} & \mathbf{J_2} & \mathbf{J_2'}\\ \mathbf{J_3} & \mathbf{J_4} & \mathbf{J_4'}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\mathbf{\Delta\theta}\\ \mathbf{\Delta|V|}\\ \mathbf{\Delta Q_G}\end{bmatrix} \tag{30}$$

Observe que em $\mathbf{J_2}$ e $\mathbf{J_4}$ não aparecem os elementos correspondentes às respectivas derivadas com relação às magnitudes de tensões das barras *PV*, uma vez que estas são especificadas. No caso de $\mathbf{J'_2}$ e $\mathbf{J'_4}$, os elementos serão todos nulos, exceto os correspondentes à barra *PV* (barra k) em questão, cujos respectivos valores serão dados por:

$$J'_2(k,k) = -\text{sen}(\theta_k)/|V_k| \tag{31}$$

$$J'_4(k,k) = \cos(\theta_k)/|V_k| \tag{32}$$

Nesse caso, a matriz $\mathbf{J'_I}$ tem dimensão $(2npv+2npq)\times(2npv+2npq)$ ou $(nb-2)\times(nb-2)$, sendo nb o número total de barras do sistema.

III. RESULTADOS

Para todos os casos analisados, a tolerância adotada para os resíduos foi de 10^{-5} p.u. Com o intuito de se comparar os desempenhos, para todos os métodos foi adotado como critério de convergência o máximo valor absoluto do vetor de resíduos $\mathbf{R}=[\mathbf{\Delta P}\ \ \mathbf{\Delta Q}]^T$ ($\|\mathbf{R}\|_\infty = \text{máx}\{|R_i|\}$), calculados conforme a equação (2). Também, para todos os testes analisados, partiu-se da condição conhecida como *flat-start* (estimativa inicial onde

ISSN 1809-3957

todos os ângulos são assumidos iguais a zero e as tensões iguais a 1,0 p.u. (EL-ABIAD, 1983)). O tratamento dos limites de potência reativa (*Q*) nas barras *PV*'s segue o procedimento descrito em (MONTICELLI, 1983). Em cada iteração a geração de reativo de cada barra *PV* é comparada com seus respectivos limites. No caso de violação, a barra *PV* é alterada para tipo *PQ*. Estas barras podem voltar a ser *PV* nas iterações futuras.

A avaliação de desempenho é efetuada para três sistemas testes do IEEE (14, 57 e 118 barras). A avaliação de desempenho é realizada considerando diferentes relações resistência/reatância (R/X) dos ramos, Tabelas de 1 a 3, e diferentes condições de carregamentos, Tabelas de 4 a 6.

Para os testes de avaliação de desempenho, considerando diferentes relações R/X dos ramos, variaram-se os valores dos parâmetros R e X de todos os ramos de acordo com os multiplicadores apresentados nas primeiras colunas das tabelas (MONTICELLI, 1990). Das tabelas se verifica que há um aumento do número de iterações à medida que o multiplicador da relação R/X aumenta, divergindo para valores superiores a 5 para o IEEE-14, e a 4 para os demais. Em geral, os métodos apresentaram um desempenho muito próximo, exceto no caso do IEEE-118, para o qual o FPIC mostrou um desempenho inferior.

As Figuras de 1 a 3 apresentam, para os três sistemas, as trajetórias dos resíduos (*mismatches*) totais de potência para o caso base (fator de carregamento (λ) igual a 1,0 p.u. e 1,0×R/1,0×X). O resíduo total de potência é definido como sendo a soma dos valores absolutos dos resíduos de potência ativa e reativa, enquanto que o fator de carregamento é

Tabela 1 – IEEE-14: Avaliação de desempenho para diferentes relações R/X de ramos, com λ=1,0 p.u.

Relação R/X	FPC	FPIC	FPICM	FPICQ
1,0×R/0,25×X	5	6	4	4
1,0×R/0,5×X	5	6	5	5
1,0×R/1,0×X	4	5	4	4
2,0×R/1,0×X	5	4	4	4
3,0×R/1,0×X	6	5	5	5
4,0×R/1,0×X	7	6	6	6
5,0×R/1,0×X	NC	NC	NC	NC

NC- não converge para um máximo de 40 iterações ou diverge.

Tabela 2 – IEEE-57: Avaliação de desempenho para diferentes relações R/X de ramos, com λ=1,0 p.u.

Relação R/X	FPC	FPIC	FPICM	FPICQ
1,0×R/0,25×X	4	4	4	4
1,0×R/0,5×X	4	4	3	3
1,0×R/1,0×X	4	5	4	4
2,0×R/1,0×X	5	6	4	4
3,0×R/1,0×X	8	8	5	5
4,0×R/1,0×X	NC	NC	NC	NC

NC- não converge para um máximo de 40 iterações ou diverge.

Tabela 3 – IEEE-118: Avaliação de desempenho para diferentes relações R/X de ramos, com λ=1,0 p.u.

Relação R/X	FPC	FPIC	FPICM	FPICQ
1,0×R/0,25×X	5	7	6	4
1,0×R/0,5×X	5	8	5	5
1,0×R/1,0×X	4	7	5	5
2,0×R/1,0×X	5	10	5	5
3,0×R/1,0×X	5	18	5	5
4,0×R/1,0×X	NC	NC	NC	NC

NC- não converge para um máximo de 40 iterações ou diverge.

Figura 1 - IEEE-14: *Mismatch* total em p.u. para λ=1,0 p.u. e 1,0×R/1,0×X.

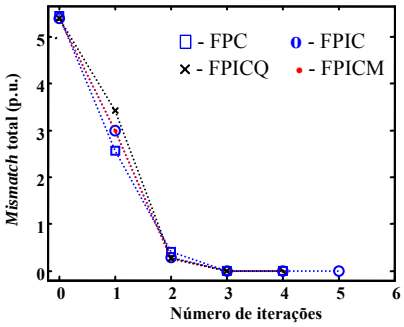


Figura 2 - IEEE-57: *Mismatch* total em p.u. para λ=1,0 p.u. e 1,0×R/1,0×X.

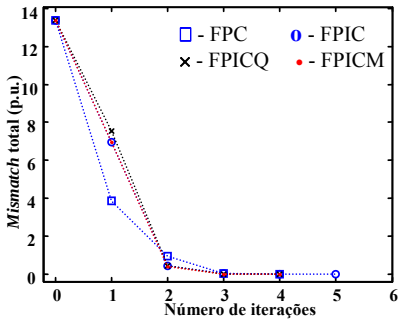
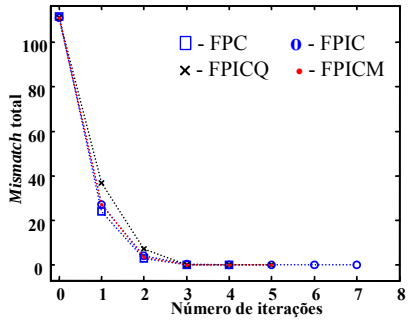


Figura 3 - IEEE-118: *Mismatch* total em p.u. para λ=1,0 p.u. e 1,0×R/1,0×X.



usado para simular incrementos de carga ativa e reativa, considerando fator de potência constante. Cada aumento de carga é seguido por um aumento de geração equivalente usando λ (AJJARAPU, 2010). Destas figuras fica evidente para o caso base que os métodos apresentam a mesma característica de convergência. Também se pode verificar que já nas primeiras iterações ocorre uma grande redução no valor do resíduo total, independente do tamanho do sistema, fato este já esperado para um método de Newton.

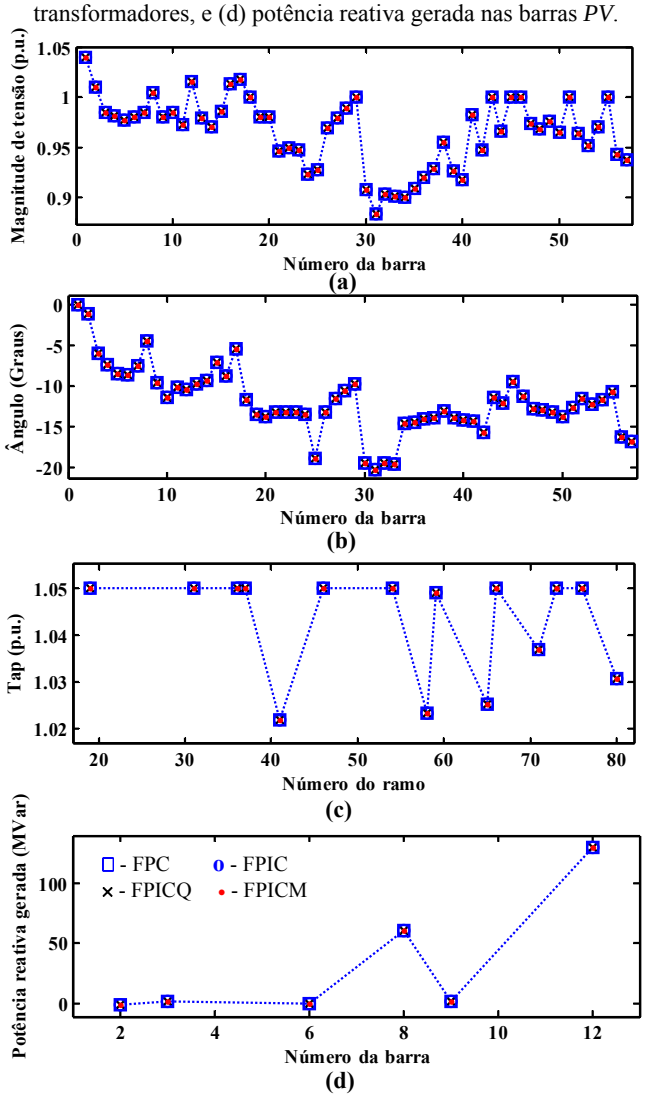
A Figura 4 apresenta para o caso base do sistema IEEE-57, os estados convergidos obtidos pelos quatro métodos. Das figuras pode se constatar que ao final do processo iterativo todos os métodos convergem para a mesma solução.

A seguir são apresentadas as avaliações de desempenhos para diferentes condições de carregamento. As escolhas dos valores de carregamento apresentados nas primeiras colunas das Tabelas de 4 a 6 foram feitas a partir do conhecimento do valor do máximo carregamento ($\lambda_{máx}$) de cada um dos sistemas. Os métodos de fluxo de potência em geral não permitem a obtenção do ponto de máximo carregamento ($\lambda_{máx}$), uma vez que a matriz Jacobiana das equações do FP torna-se singular nesse ponto. Entretanto, os

ISSN 1809-3957

métodos de fluxo de potência continuado (FPC) possibilitam a obtenção de toda a curva P-V, incluindo o próprio $\lambda_{máx}$,

Figura 4 - IEEE-57 para λ=1,0 p.u. e 1,0×R/1,0×X: (a) perfil de magnitude de tensão, (b) perfil de ângulo de fase, (c) tap dos transformadores, e (d) potência reativa gerada nas barras *PV*.



eliminando a singularidade da matriz Jacobiana, e com isso as dificuldades numéricas, através da adição de equações parametrizadas (AJJARAPU, 2010). Assim, os valores máximos foram obtidos utilizando um FPC apresentado em (BONINI, 2008). O aumento de carga foi feito com fator de potência constante e proporcional ao carregamento do caso base, com modelo de carga de potência constante (KUNDUR, 1993).

As Tabelas de 4 a 6 mostram para cada condição de carregamento (valores escolhidos para λ), e para cada um dos métodos, o número de iterações necessárias para obter-se a solução a partir da condição de *flat-start*. Após as soluções serem obtidas, os valores da tensão crítica foram plotados nas respectivas curvas P-V, conforme se pode ver nas Figuras 5 a 7. A última linha das tabelas corresponde a uma condição ligeiramente maior que a máxima possível. Assim, para essa condição, como esperado, todos os métodos não convergem ou divergem. Observa-se que todos os métodos apresentaram um bom desempenho para os sistemas IEEE-14 e IEEE-57. Também foi possível obter soluções para condições de carregamento até muito próximas do ponto de máximo carregamento.

Com relação ao sistema IEEE-118 todos os métodos apresentaram um desempenho similar, exceto o FPIC proposto em (Kulworawanichpong, 2010), que falha para λ maiores que 1,7 p.u.

Tabela 4 – IEEE-14: Avaliação de desempenho para diferentes condições de carregamentos ($\lambda_{máx}$=1,7680 p.u.).

λ (p.u.)	FPC	FPIC	FPICM	FPICQ
0,25	4	6	4	4
0,5	5	5	4	4
1,0	4	5	4	4
1,4	6	5	5	5
1,6	6	6	6	6
1,7	7	6	6	6
1,75	7	7	7	7
1,767	9	8	8	8
1,78	NC	NC	NC	NC

NC- não converge para um máximo de 40 iterações ou diverge.

Figura 5 - IEEE-14: Curva P-V da barra crítica para o caso base e 1,0×R/1,0×X.

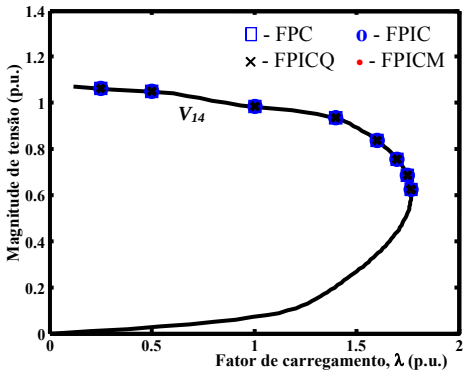
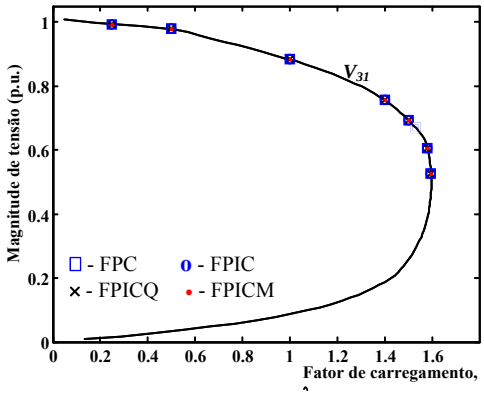


Tabela 5 – IEEE-57: Avaliação de desempenho para diferentes condições de carregamentos ($\lambda_{máx}$=1,5972 p.u.).

λ (p.u.)	FPC	FPIC	FPICM	FPICQ
0,25	4	4	4	4
0,5	4	5	4	4
1,0	4	5	4	4
1,4	5	5	4	4
1,5	5	6	4	4
1.58	6	5	5	5
1,596	8	7	7	7
1,6	NC	NC	NC	NC

NC- não converge para um máximo de 40 iterações ou diverge.

Figura 6 - IEEE-57: Curva P-V da barra crítica para o caso base e 1,0×R/1,0×X.



ISSN 1809-3957

As características de convergência dos métodos próximas a uma condição crítica podem ser vistas na Figura 8. Nesta figura são apresentadas, para o sistema IEEE-118, as trajetórias dos resíduos (*mismatches*) totais de potência para a última condição de carregamento cuja solução convergiu (λ igual a 1,865 p.u. e 1,0×R/1,0×X), excluiu-se, entretanto a do FPIC, cujo processo iterativo divergiu.

Tabela 6 – IEEE-118: Avaliação de desempenho para diferentes condições de carregamentos ($\lambda_{máx}$=1,8664 p.u.).

λ (p.u.)	FPC	FPIC	FPICM	FPICQ
0,25	5	5	5	5
0,5	5	6	4	5
1,0	4	7	5	5
1,4	5	11	5	5
1,7	6	17	6	6
1.86	8	NC	9	8
1,865	9	NC	10	9
1,9	NC	NC	NC	NC

NC- não converge para um máximo de 40 iterações ou diverge.

Figura 7 - IEEE-118: Curva P-V da barra crítica para o caso base e 1,0×R/1,0×X.

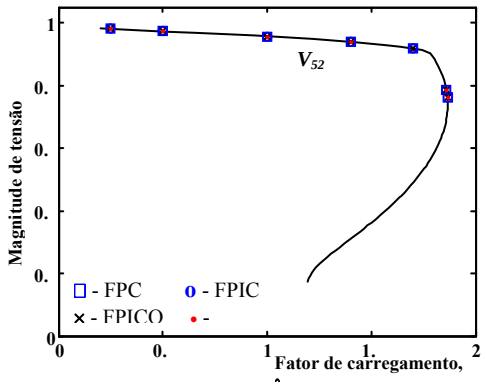
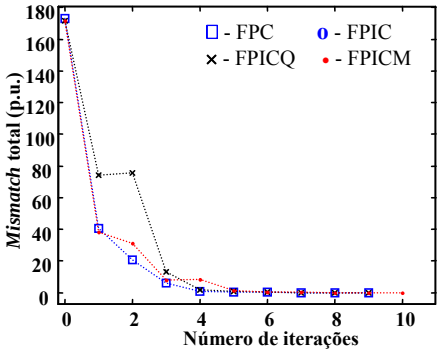


Figura 8 - IEEE-118: *Mismatch* total em p.u. para λ=1,865 e 1,0×R/1,0×X.



IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho comparou-se a influência de três formas de tratamento das barras de geração (*PV*) nas características de convergência do método de Newton-Raphson simplificado utilizado na solução das equações de fluxo de potência escritas em coordenadas polares, considerando a formulação de injeção de corrente. Também foram apresentados os resultados de análises de desempenho entre o método simplificado e o convencional, o qual utiliza as equações de injeção de potência expressa em termos de coordenadas polares. As análises de desempenho foram realizadas para os sistemas testes do IEEE de 14, 57 e 118 barras, considerando: diferentes relações R/X para os ramos e diferentes condições de carregamentos. Os resultados obtidos com duas das formas de tratamento das barras *PV* mostram que é possível se obter uma melhora nas características de convergência do método simplificado.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro que permitiu o desenvolvimento desse trabalho.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJJARAPU V. **Computational Techniques for Voltage Stability Assessment and Control**. Power Electronics and Power Systems Series. New York: Springer, 2010.

BONINI A. N., Alves D. A. Técnica de Parametrização Geométrica para o Fluxo de Carga Continuado Baseado nas Variáveis Tensão Nodal e Fator de Carregamento. **Revista Controle & Automação-SBA**, v. 19 (3), p. 350-365, 2008.

DA COSTA V. M., Martins N., Pereira J. L. R. Developments in the Newton-Raphson Power Flow Formulation Based on Current Injections. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 14, no. 4, p. 1320–1326, 1999.

DA COSTA V. M., Martins N., Pereira J. L. R. Um Procedimento Alternativo para o Problema do Fluxo de Potência. **Revista da Sociedade Brasileira de Automática**, v. 8, no. 1, p. 21–30, 1997.

EL-ABIAD A. H. **Power Systems Analysis and Planning**. New York: McGraw-Hill, 1983.

KAMEL S., Abdel-Akher M., Jurado F. Improved NR Current Injection Load Flow Using Power Mismatch Representation of PV Bus. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, v. 53, no. 1, pp. 64–68, 2013.

KULWORAWANICHPONG T. Simplified Newton–Raphson Power-Flow Solution Method. **Journal of Electrical Power and Energy Systems**, v. 32, p. 551–558, 2010.

KUNDUR P. **Power System Stability and Control**. New York: McGraw-Hill, 1176p, 1993.

MONTICELLI A. J. **Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica**. Edgard Blücher, S. Paulo – SP, 1983.

MONTICELLI A., Garcia A., Saavedra O. R. Fast Decoupled Load Flow : Hypothesis, Derivations and Testing. **IEEE Trans. on Power Systems**, v. 5, no. 4, p. 1425-1431, 1990.

SAADAT H. **Power System Analysis**. New York: McGraw-Hill, 697p, 1999.

STOTT B. Review of Load-Flow Calculation Methods. **Proceedings of the IEEE**, v. 62, p. 916-929, 1974.

WANG L., Chen C., Shen T. Improvement of Power Flow Calculation with Optimization Factor Based on Current Injection Method. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, 2014.

VII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA BIM EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS E ETIQUETAGEM DO PROCEL: ESTUDO DE CASO SITUADO NA ZONA BIOCLIMÁTICA AMAZÔNICA

BRUNO RAMOS ZEMERO[1]; MARIA EMÍLIA DE L. TOSTES[2]; RICARDO B. P. RIBEIRO[2]; CARMINDA CÉLIA M. DE M. CARVALHO [3]
1 – PPGAU/UFPA; 2 – PPGEE/UFPA; 3 – FEE/ITEC/UFPA
brunozemero@outlook.com

Resumo - A etiquetagem e as certificações ambientais em edificações tem se tornado uma realidade cada vez mais presente em vários países. No Brasil não é diferente, as construções eficientes são peças chave para a redução efetiva do consumo energético do país. O Programa Brasileiro de Etiquetagem de edificações (PBEedifica) possui equacionamento e software próprio para simulação da eficiência energética, porém a aplicação deste método ainda é feito apenas por um laboratório, responsável por atender a demanda de todo país. Faz-se necessário a busca de alternativas que estejam mais próximas da indústria de projeto, para que o profissional saiba o nível de eficiência alcançado, aplicando estratégias corretivas durante o processo criativo. A tecnologia BIM é altamente cotada para isso, por trabalhar com parâmetros simuláveis e propor a integração multidisciplinar. Neste trabalho realizou-se um estudo de caso do projeto arquitetônico e complementares de uma residência, localizada em Belém-PA, utilizando o conjunto de ferramentas BIM em todo o processo de concepção, identificando o grau de compatibilidade e contribuição que esta tecnologia pode trazer para projetos sustentáveis e etiquetagem do Procel, analisando o método mais viável para a utilização do mercado nacional e objetivando a disseminação da etiquetagem por parte dos projetistas.

Palavras chave: Etiquetagem de edificações. Projeto sustentável. Eficiência Energética. Tecnologia BIM.

I. INTRODUÇÃO

A etiquetagem e certificações ambientais em edificações estão em constante crescimento no mundo. Faz-se necessário a busca de alternativas que estejam mais próximas da indústria de projeto, para que o profissional saiba o nível de eficiência energética alcançado, aplicando estratégias corretivas durante o processo criativo para o alcance das pontuações requeridas. A tecnologia BIM (Building Information Modeling) é altamente cotada para isso, por trabalhar com parâmetros simuláveis e propor a integração multidisciplinar.

Em 2009, o Inmetro, em parceria com o Procel Edifica, publicou os regulamentos referentes ao nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos como parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem, que estabelece os critérios de avaliação do projeto segundo a eficiência de sua envoltória, de seus sistemas de iluminação e de ar-condicionado.

Por ser a etiquetagem do Procel Edifica uma iniciativa institucional e que já é obrigatória para prédios públicos e em breve para os demais, caracteriza mais uma demanda a ser inserida nos processos, nas análises e nas entregas dos projetos de arquitetura e complementares. Por este motivo a etiquetagem do Procel Edifica, é o foco deste trabalho, que faz uma análise de aplicação do fluxo de trabalho em BIM, com base nos requisitos do RTQ-C e estratégias sustentáveis de projeto.

A capacidade de trabalhar com dados geométricos e termo energéticos de construção de modelos de informação (BIM) é importante para acelerar e dar mais precisão no processo de simulação energética. No modelo baseado em BIM, as propriedades térmicas são principalmente derivados tipos de construção determinados pelo modelador.

Segundo Jrade e Jalaei (2013):

> "BuildingInformationModeling (BIM) modelos de simulação baseados têm sido utilizados para automatizar os processos de modelagem de energia prolongada de construção e permitir a aquisição rápida de resultados. As recentes melhorias de programas simulação continuaram o aumento do uso de simulação de energia em estudos de sustentabilidade na fase de concepção. No entanto, muitas vezes é difícil para alavancar o potencial do BIM, devido à troca de informações inadequado entre modelos BIM e programas de simulação. (JRADE; JALAEI, p. 431, 2013)"

O uso das ferramentas BIM gera a oportunidade de mudar radicalmente e aprimorar o processo de confecção do projeto em diversas formas. Enquanto as abordagens tradicionais baseadas no modelo CAD 2D têm um decréscimo da produtividade na etapa de documentação pela sua abordagem de desenho baseado em linhas, um fluxo de trabalho baseado em BIM trabalha com modelo 3D paramétrico que permite compartilhar e aprimorar as informações do projeto em todas as etapas, implicando assim uma modificação na essência do processo.

Segundo Wong e Fan (2013):

> "A implementação bem sucedida de BIM é capaz de eliminar o custo extra de alterações de projeto durante as fases subsequentes do processo de construção.BIM, portanto, é também capaz de reforçar a cultura de entrega do projeto no futuro. Implicações sociais - soluções BIM pode contribuir para a seleção de melhores soluções para reduzir consumo de energia e recursos. Esta nova tecnologia e a abordagem também pode gerar a necessidade de mais profissionais e oportunidades de trabalho inovador (WONG; FAN p. 138, 2013)."

ISSN 1809-3957

No caso das certificações a tecnologia BIM tem um importante papel por ser uma plataforma de modelagem paramétrica multidisciplinar da edificação. Isso possibilita que os projetistas especifiquem as características técnicas de cada projeto, como por exemplo o desempenho térmico da edificação, que são de extrema importância para a posterior avaliação do nível de eficiência energética ditado pelas certificações ambientais e etiquetagens existentes no mercado internacional.

Segundo Kwok-Wai Wong e Ka-Lin Kuanb (2013):

> "A tecnologia BIM é considerada como um veículo potencialmente útil para ajudar os interessados no projeto para capturar design completo e informações sobre o projeto, e para fazer o melhor uso dos dados de projeto disponíveis para o projeto sustentável e análise de rating de sustentabilidade. Embora a experiência da Liderança em Design de programa (LEED) Energia Ambiental e em que os EUA demonstrou o grande potencial de integração BIM com as avaliações de construção, prevê-se que o BIM pode também ser efetivamente integrado com a Hong Kong "BEAM Plus". (KWOK-WAIWONG; KUANB, p. 163, 2013)."

Neste trabalho verificou-se a viabilidade da utilização da tecnologia BIM para auxiliar na etiquetagem nacional (PROCEL Edifica), analisando a contribuição e viabilidade do método proposto. O estudo pretende lapidar a indústria para a mudança de paradigma projetual e assim popularizar a etiquetagem, que em breve será mais um item obrigatório no processo de elaboração.

II. PROCEDIMENTOS

Para o estudo de caso foi realizado o projeto utilizando o conjunto de ferramentas BIM, seguindo estratégias de projeto sustentável. Posteriormente será identificado o grau de compatibilidade e contribuição que esta tecnologia traz para projetos sustentáveis e etiquetagem brasileira, analisando se o método adotado é viável para a utilização do por parte dos projetistas para facilitar o processo que hoje é realizado por pouquíssimos profissionais no país.

Se o método obtiver bom desempenho poderá servir como base para indústrias de projeto em seu processo produtivo e não apenas de laboratórios especializados, proporcionando assim a disseminação da etiquetagem no país.

Apesar do estudo de caso tratar-se de uma residência utilizou-se como objeto de estudo para a aplicação do RTQ-C, pois já é obrigatório para prédios públicos e consequentemente é mais relevante na atualidade. A Figura 1 apresenta o objeto de estudo de caso, projeto realizado para ser situado em Belém/PA (ZB8):

Figura 1 – Perspectiva do objeto de estudo de caso.

Para a obtenção do nível de eficiência energética atingido é necessário a coleta de dados da edificação para aplicar o equacionamento do RTQ-C.

No estudo foi realizada a etiquetagem da Envoltória. Cada item será conceituado e abordado detalhadamente, explicando qual valor foi adotado e porquê.

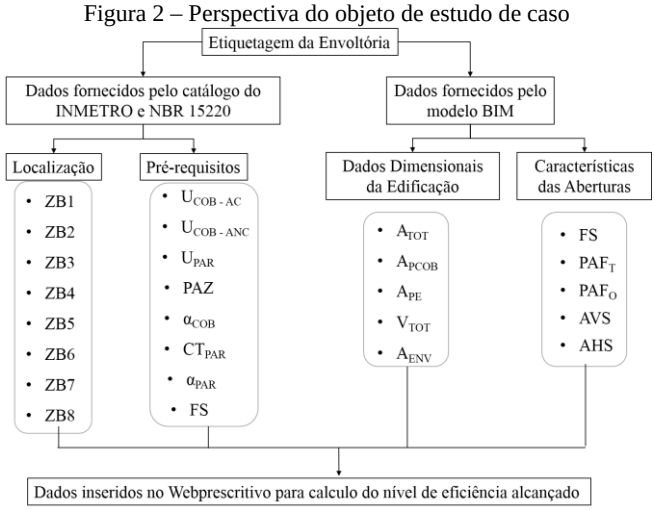
O projeto foi concebido tomando como referência o documento "Diretrizes para obtenção do Nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas Zona Bioclimática 8" para o alcance do nível máximo de eficiência no processo projetual

Por fim, para o cálculo do nível de classificação será utilizado o aplicativo webprescritivo que gera o resultado através da inserção dos dados coletados.

2.1 Etiqueta Parcial de Envoltória

A seguir é apresentado o organograma com o método utilizado para obtenção no nível de eficiência da envoltória. O uso da tecnologia BIM auxiliou na coleta de dados referentes aos dados dimensionais da edificação e características das aberturas, e os demais dados foram coletados do INMETRO e NBR 15220, conforme apresenta a Figura 2 com o organograma do método proposto.

Figura 2 – Perspectiva do objeto de estudo de caso



2.1.1 Pré-requisitos (desempenho térmico dos materiais)

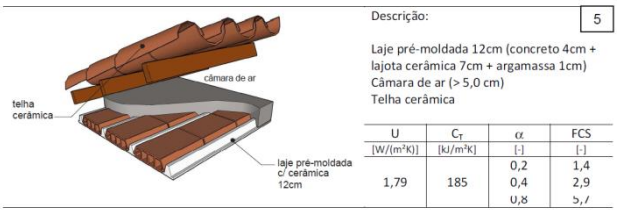
As Propriedades Térmicas da cobertura e parede foram escolhidas no ANEXO DA PORTARIA INMETRO nº 50/2013.

a) UCOB: Transmitância Térmica da Cobertura (W/(m²K)): transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes (RTQ-C, 2009).

A cobertura escolhida para o projeto foi a apresentada na Figura 3, com transmitância de 1,79W/m²K, próximo à recomendação do documento "Diretrizes para obtenção do Nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas Zona Bioclimática 8":

ISSN 1809-3957

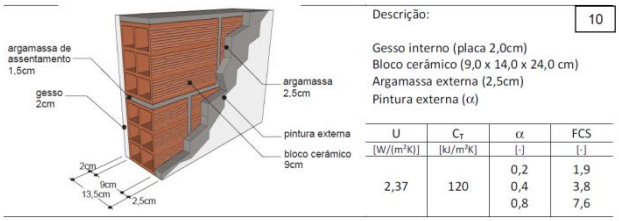
Figura 3 – Propriedades térmicas da cobertura escolhida.



b) UPAR: Transmitância Térmica das Paredes (W/(m²K)): transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas), incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes (RTQ-C, 2009).

De acordo com as diretrizes para obtenção do nível A este parâmetro deve ser U ≤ 2,50 (CT ≤ 80kJ/m^{2}K); U ≤ 3,7 (CT > 80kJ/m^{2}K). A parede escolhida para o projeto foi a apresentada na Figura 4, com transmitância de 2,37W/m²K, próximo à recomendação descrita anteriormente.

Figura 4 – Propriedades térmicas da parede escolhida



c) PAZ: Percentual de Abertura Zenital (%): percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60º em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver PAFT (RTQ-C, 2009).

De acordo com as diretrizes para obtenção do nível A este parâmetro deve ser 0 a 2% para paredes externas e 2,1 a 5% para coberturas. O projeto não apresenta abertura zenital, logo PAZ=0

d) αCOB: Absortância Solar da Cobertura (%): quociente da taxa de radiação solar absorvida pela cobertura pela taxa de radiação solar incidente sobre a mesma (RTQ-C, 2009).

De acordo com as diretrizes para obtenção do nível A este parâmetro deve ser α ≤ 0,50. A cobertura escolhida para o projeto foi a apresentada na figura 3, com absorbância de 0,8%, próximo à recomendação descrita anteriormente

e) CTPAR: Capacidade Térmica das Paredes (kJ/(m²K)): quociente da quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura das paredes pela sua área. De acordo com as diretrizes para obtenção do nível A este parâmetro deve ser (CT ≤ 80kJ/m2K); (CT > 80kJ/m^{2}K) (RTQ-C, 2009).

A parede escolhida para o projeto foi a apresentada na figura 4, com desempenho de 120KJ/m²K, próximo à recomendação descrita anteriormente

f) αPAR: Absortância Solar das Paredes (%): quociente da taxa de radiação solar absorvida pelas paredes pela taxa de radiação solar incidente sobre as mesmas (RTQ-C, 2009).

De acordo com as diretrizes para obtenção do nível A este parâmetro deve ser α ≤ 0,50. A parede escolhida para o projeto (Figura 4), possui absorbância de 0,2% próximo à recomendação descrita anteriormente

g) FS: Fator Solar: razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é reirradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura (RTQ-C, 2009).

De acordo com as diretrizes para obtenção do nível A para o clima amazônico (ZB8) este parâmetro deve ser 0,87 para paredes externas e 0,67 a 0,3 para coberturas. Como o projeto não apresenta abertura zenital o fator solar é nulo.

2.1.2 *Dados Dimensionais da Edificação*

a) ATOT: Área Total Construída (m²): soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente (RTQ-C, 2009).

Para este parâmetro, o projeto possui 129.48m² térreo, mais 155.34m² do pav. Superior corresponde a 284,82m² de área total, coletado no software Revit (BIM)

b) APCOB: Área de Projeção da Cobertura (m²): área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício (RTQ-C, 2009).

Para este parâmetro, o projeto possui 187,40m², coletado no software Revit (BIM)

c) APE: Área de Projeção do Edifício (m²): área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos (RTQ-C, 2009).

Para este parâmetro, o projeto possui 155m², coletado no software Revit (BIM)

d) VTOT: Volume Total da Edificação (m3): volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos (RTQ-C, 2009).

Para este parâmetro, o projeto possui 1393,48m³, coletado no software Revit (BIM)

e) AENV: Área da Envoltória (m²): soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas (RTQ-C, 2009).

Para este parâmetro, o projeto possui 287m² de parede e 187m² de cobertura, totalizando. A Figura a seguir mostra o fornecimento desse parâmetro no software Revit (BIM).

2.1.3 *Características das Aberturas*

a) FS: Fator Solar: razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é reirradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura (RTQ-C, 2009).

O vidro escolhido apresenta fator solar de 0,37. A Tabela 1 mostra o fornecimento desse parâmetro pelo catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros do INMETRO:

Tabela 1 – Fator solar dos vidros

Nº	Tipo de vidro	Camadas e Espessuras (mm)	FS	α	U
09	Laminado verde A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,37	50%	5,7

ISSN 1809-3957

b) PAFT: Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (%): é calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou sheds, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura. Exclui área externa de caixa d'água no cômputo da área defachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da cobertura (cumeeira) (RTQ-C, 2009).

Para cálculo do PAFT, deve-se determinar as áreas de materiais transparentes ou translúcidos de cada abertura, excluindo os materiais opacos das esquadrias. Nas tabelas 2 e 3 são apresentados estes dados, coletados no software Revit (BIM) e somado no Excel

Tabela 2 – Soma de todas as áreas das aberturas das fachadas no Excel

Aberturas de vidro	Área
Balancins	2,52
Janelas	13,2
Paredes de vidro	23,93
Portas de vidro	40,48
Total	80,13m²

Tabela 3 – Soma de todas as áreas das aberturas dasfachadas no Excel

Paredes	Área
Parede Fachada Norte	40,68
Parede Fachada Sul	48,63
Parede Fachada Leste	41,66
Parede Fachada Oeste	70,6
Total	201,57m²

A seguir é apresentado o cálculo do PAFt, que é a Razão entre o somatório das aberturas presentes nas fachadas pela área total de fachadas (PAFT) realizado no Excel conforme Equação 1:

$$PAFt = \frac{80,13}{201,57} = 0,39 \qquad (1)$$

c) PAFO: Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (%): é calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, da fachada oeste e a área da fachada oeste (RTQ-C, 2009).

Na Tabela 4 são apresentados os somatórios das aberturas da fachada oeste e a área da parede oeste, respectivamente:

Tabela 4 – Cálculo das áreas de todas as aberturas da fachada oeste no software Excel

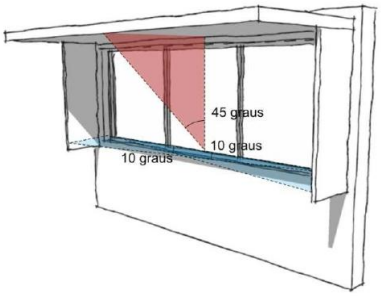
Aberturas	Área
Parede de vidro Fachada Oeste	6,76
Janelas Fachada Oeste	6,6
BalancimFachada Oeste	0,36
Porta de vidro Fachada Oeste	5,06
Total	18,78m²

É apresentado o cálculo do PAFo, que é Razão entre o somatório das aberturas presentes na fachada oeste pela área de Fachada Oeste (PAFo) mostrada na Equação 2:

$$PAFo = \frac{18,78}{70,6} = 0,26 \qquad (2)$$

d) Ângulos de sombreamento: ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas. No RTQ são usados dois ângulos: ângulo vertical de sombreamento (AVS - referente a proteções horizontais) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS - referente a proteções verticais) (RTQ-C, 2009).

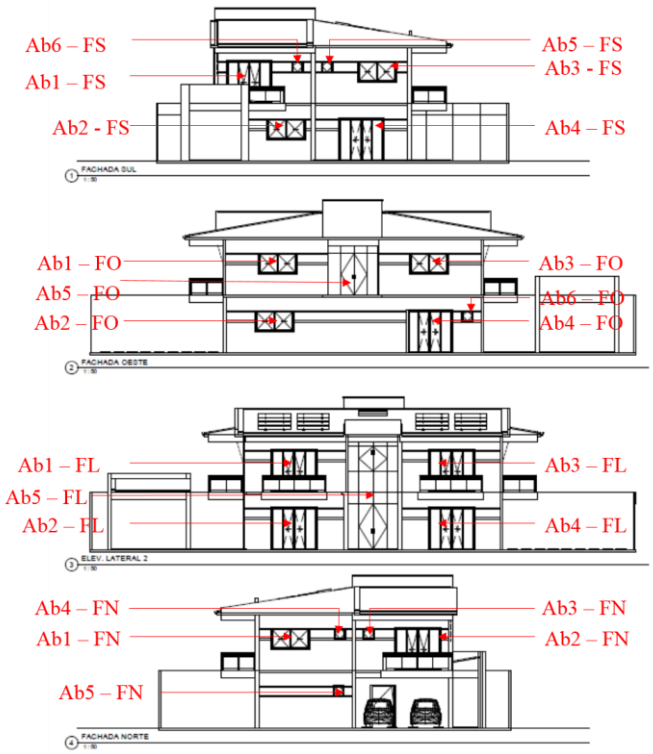
Figura 5 – Exemplo de proteção solar horizontal com AVS de 45º e proteção solar vertical com AHS de 10º



Para as Zonas Bioclimáticas 6 e 8, com uma área menor que 500m² o AVS possui uma restrição maior, com um limite de 25º. Este limite visa evitar o uso de proteções excessivas que possam prejudicar a penetração da luz natural difusa nos ambientes internos (RTQ-C, 2009).

A Figura 6 e a Tabela 5, apresentadas a seguir, identificam as aberturas com as proteções solares que serão calculadas para obtenção dos ângulos de sombreamentos, adotando códigos para cada abertura, por exemplo, "Ab1 – FS", ou seja, Abertura 1 - Fachada Sul e assim sucessivamente para as fachadas norte, leste e oeste.

Figura 6 – Identificação das aberturas translúcidas da envoltória



ISSN 1809-3957

Tabela 5 – Características das aberturas

Aabertura N	Área	Ângulo de somb, Horiz	Ângulo sombVert	Área x ângulo de somb. Vert
sombVert				
Ab1 - FN	2,2	0	16,4	36,08
Ab2- FN	5,06	0	37,48	189,64
Ab3- FN	0,36	0	62,95	22,662
Ab4 - FN	0,36	0	20,85	7,506
Ab5 - FN	0,36	0	6,43	2,3148
Total	8,34			
Aabertura S	**Área**	**Ângulo de somb, Horiz**	**Ângulo sombVert**	**Área x ângulo de somb. Vert**
Ab1 - FS	5,06	0	37,48	189,64
Ab2- FS	2,2	0	0	0
Ab3- FS	2,2	0	16,4	36,08
Ab4 - FS	5,06	0	0	0
Ab5 - FS	0,36	0	20,85	7,506
Ab6 - FS	5,06	0	62,95	318,52
Total	19,94			
Aabertura L	**Área**	**Ângulo de somb, Horiz**	**Ângulo sombVert**	**Área x ângulo de sombVert**
Ab1 - FL	5,06	0	35,52	179,73
Ab2- FL	5,06	0	35,52	179,73
Ab3- FL	5,06	0	35,52	179,73
Ab4 - FL	5,06	0	35,52	179,73
Ab5 - FL	17,17	34	19,12	328,29
Total	37,41			
Aabertura O	**Área**	**Ângulo de somb, Horiz**	**Ângulo sombVert**	**Área x ângulo de somb. Vert**
Ab1 - FO	2,2	0	0	0
Ab2- FO	2,2	0	0	0
Ab3- FO	2,2	0	0	0
Ab4 - FO	5,06	0	0	0
Ab5 - FO	6,76	0	0	0
Ab6 - FO	0,36	0	0	0
Total	18,78			

Para o cálculo do AVS, primeiro encontra-se o AVS da fachada, e depois o do edifício. Este edifício possui três angulações diferentes para o AVS, uma de 14º, e outra de 34, 40º na fachada norte. A equação abaixo mostra como tirar a média da fachada sul, sendo que para as demais deve-se fazer o mesmo procedimento:

Coletados os ângulos das fachadas multiplica-se pela área das suas respectivas aberturas e em seguida soma-se todos os valores. Na sequência divide-se pela soma total das aberturas. A tabela a seguir apresenta a coleta dos dados de aberturas obtidos através das tabelas geradas no software Revit (BIM) e o cálculo do AVS realizado com o auxílio do software Excel.

- AVS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: ângulo formado entre dois planos verticais (RTQ-C,2009). Para o cálculo do AVS primeiro encontra-se o AVS da fachada, e depois o do edifício com as Equações 3 e 4

$$AVSN = \frac{(AVS1 \times Aabertura1) + (AVS2 \times Aabertura2)}{Aabertura\ N} \quad (3)$$

$$AVS = \frac{(AVSN \times AaberturaN) + (AVSS \times AaberturaS) + (AVSL \times AaberturaL) + (AVSO \times AaberturaO)}{Aabertura\ N} \quad (4)$$

O valor do AVS realizado com o auxílio do software Excel obteve o valor de 21,98º

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: ângulo formado entre dois planos verticais (RTQ-C, 2009). O processo de cálculo do AHS é o mesmo do AVS. Primeiro encontra-se o AHS da fachada, e depois o do edifício utilizando as Equações 5 e 6. O valor do AHS realizado com o auxílio do software Excel obteve o valor de 0,40º

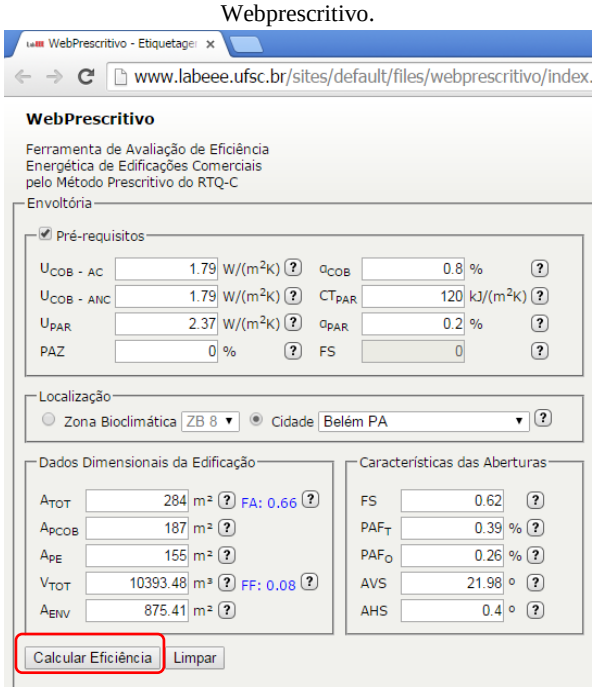
$$AHSL = \frac{(AHS1 + AHS2)}{2} \quad (5)$$

$$AHS = \frac{(AHSN \times AaberturaN) + (AHSS \times AaberturaS) + (AHSL \times AaberturaL) + (AHSO \times AaberturaO)}{AaberturaN} \quad (6)$$

Diante dos parâmetros de desempenho térmico dos materiais, coletados pode-se perceber que a tecnologia BIM armazena esses dados, podendo manipulá-los, criando modelos com desempenho energético de materiais pré-definido.

Após a coleta de todos os dados necessários para etiquetagem, com o auxílio do modelo BIM, os mesmos foram inseridos no software Webprescritivo para a obtenção da etiqueta parcial de envoltória, conforme mostrado na figura7, a seguir:

Figura 7 – ENCE parcial de Envoltória no software Webprescritivo.



ISSN 1809-3957

III. RESULTADOS

Após pressionar o botão "calcular eficiência", observou-se que a edificação obteve o nível C de eficiência da envoltória, o que demanda melhorias nas diretrizes sustentáveis implementadas no projeto, no que tange a geometria, materiais e aberturas. Estes paramentos podem ser alterados no modelo BIM e depois realizados os cálculos novamente atentando para os limites sugeridos pelo documento "Diretrizes para obtenção do Nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas Zona Bioclimática 8" citado anteriormente.

Este método apresentou bastante facilidade em relação ao processo tradicional. Tanto na coleta de facilitada através do modelo BIM em relação ao CAD tradicional, quanto pelo cálculo realizado pelo webprescritivo, que realiza as trabalhosas equações contidas no regulamento por meio da inserção dos dados. A seguir serão listadas as vantagens e limitações encontradas com a realização do método proposto.

Vantagens encontradas:

- BIM facilita na geração de quantitativos de material e componentes requeridos pelo RTQ-C, com a possibilidade de criação de arquivos modelo que podem ser utilizados por outros usuários para fins de etiquetagem;
- Potencial do BIM para criação de plugin que atenda aos requisitos do RTQ-C, visto que a tecnologia fornece biblioteca de componentes construtivos com parâmetros de desempenho térmico;
- Boa interatividade com o webprescritivo, facilitando os cálculos e tornando o processo de etiquetagem mais dinâmico e intuitivo

Limitações encontradas:

- Biblioteca de componentes do software Revit (BIM) precisam atender os padrões do RTQ, o que pode se resolver adaptando-os;
- Dados térmicos de alguns materiais divergem dos parâmetros estabelecidos por norma, o que pode ser facilmente alterado, com a possibilidade de criação de arquivo modelo com padrões definidos, para facilitar nas simulações futuras.

IV. CONCLUSÃO

O estudo de caso apontou que, a tecnologia BIM e o webprescritivo são ferramentas importantíssimas para projetossustentáveise etiquetagem, realizados de forma quantitativa e qualitativa. Com o método proposto se alcançou um nível satisfatório de interatividade, pela velocidade e precisãoda tecnologia BIM na coleta dos dados necessários para a etiquetagem, realizada com o auxílio do aplicativo WEPRESCRITIVO do LABEEE, que fornece uso acessível e explicação dos parâmetros, mesmo que o projetista não tenha conhecimento aprofundado do método.

Deste modo a técnica se mostrou uma alternativa eficaz para a aplicação do método RTQ e a consequente difusão da etiquetagem no Brasil, e a consequente inserção de mais este item no processo projetual por parte das empresas, que se deparam cada vez mais com a exigência da sustentabilidade em seus processos tanto por parte do consumidor quanto pelas normatizações.

Sabe-se que os softwares BIM exigem investimento por parte das empresas, logo para a aplicaçãodeste método é necessário que o mercado já tenha aderido ao BIM. Hoje grande parte do mercado já usa o BIM, porém muitos profissionais ainda usam ferramentas 2D para projetar, o que dificulta este processo.

É importante que se invista nessa mudança para alavancar a sustentabilidade, pois é um nicho ainda pouco explorado, tendo em vista que a etiquetagem ainda é realizada apenas por um laboratório acreditado pelo INMETRO no país e com o método proposto será possível difundir a etiquetagem para indústria para descentralizar a demanda que vem crescendo cada vez mais.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 50/2013. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Atualizado em 08 jun. 2015.Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf. Acesso em 14 ago 2015.

JRADE, Ahmad; JALAEI, Farzad. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. **Build Simul**, vol. 6, n. 4, p. 429-444, 2013.

KWOK-WAIWONG, Johnny; KUAN, Ka-Lin. Implementing 'BEAM Plus' for BIM-based sustainability analysis. **Automation in Construction** v. 44, p. 163-175, 2014.

LAMBERTS, Roberto. **Diretrizes para obtenção do Nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas Zona Bioclimática 8**. Florianópolis, abr. 2013. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual_a_ZB8.pdf. Acesso em 18 set 2015.

MANUAL para aplicação do RTQ-C: comercial, de serviço e público. Versão 2. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf. Acesso em 21 jul 2015.

WEBPRESCRITIVO – **etiquetagem de edificações comerciais, públicas e de serviços**. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html. Acesso em 20 set 2015.

WONG, Kam-din;FAN,Qing. Building information modeling (BIM) for sustainable buildingdesign. **Facilities**, vol. 31 n. 3/4, p. 138-157, 2013.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANÁLISE DE ESTABILIDADE ROBUSTA DO CONTROLE DE CORRENTE DA PONTE MONOFÁSICA A TIRISTOR ALIMENTANDO UMA CARGA RL

TALITA C. S. RISCHTER; LUIS H. C. FERREIRA; ENIO R. RIBEIRO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
talitarischter@yahoo.com.br, luis@unifei.edu.br, enio.k@unifei.edu.br

Resumo - A análise de estabilidade é aplicável e necessária, em sistemas de controle monovariáveis (SISO), tanto na fase de projeto dos controladores, quanto na escolha dos critérios de desempenho. As técnicas clássicas são capazes de determinar a estabilidade relativa a um ponto de operação, porém, estas não abrangem os efeitos de variações de parâmetros ou de tolerâncias de componentes. Por outro lado, as técnicas de análise de estabilidade robusta tornam possível a avaliação dos efeitos de variações de parâmetros, o que permite obter controladores mais confiáveis. Este trabalho apresenta a análise de estabilidade robusta aplicada ao controle de corrente de uma carga resistiva indutiva, acionada por um retificador monofásico tiristorizado. A modelagem matemática desenvolvida para o retificador em estudo mostra as influências das variações de valores de resistência e indutância para o sistema de controle em malha fechada. Com isso, será verificada a estabilidade de um controlador PI. O sistema completo será analisado através de simulações e pelo método de Monte Carlo, onde serão variados os valores dos componentes ao redor de tolerâncias especificadas.

Palavras-chave: Análise de Estabilidade. Controle Robusto. Retificador Monofásico a Tiristor.

I. INTRODUÇÃO

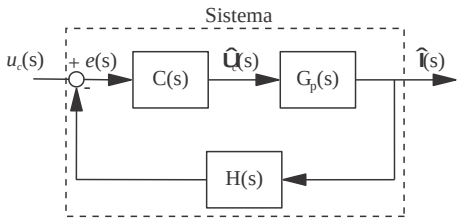
O teste de Routh-Hourwitz ou o critério de estabilidade de Nyquist são técnicas clássicas de análise de estabilidade usadas para determinar se o sistema é estável. Entretanto estas técnicas não contemplam o efeito das variações no modelo causadas por erros, incertezas, variações de parâmetros e outros não previstos na modelagem da planta. O sistema de controle, representado pelo diagrama de blocos da Figura 1, é robusto quando leva em consideração essas variações no projeto dos controladores, tornando-os mais confiáveis (NGAMROO, 2012). Mesmo em sistemas projetados pelo método clássico, a análise de estabilidade robusta auxilia na investigação da estabilidade perante uma faixa conhecida de variação de seus parâmetros (DOU-WANG, 2010). As técnicas de controle robusto são empregadas em diversas aplicações: na geração eólica de energia elétrica (HOSSAIN et al., 2011), em bioprocessos (XU, 2010), processos de deposição de plasma (PANDIT, DEMENY, 2004), etc.

Os retificadores a tiristor são utilizados em inúmeras aplicações: acionamentos de motores de corrente contínua (STEPHAN, 1991), controladores de luminosidade, carregadores de baterias (TSAI, 2006) e, atualmente, é aplicado ao controle de falha de corrente em supercondutor (LEE et al., 2015). A maioria das aplicações desse conversor envolve o controle de sua corrente de saída, cuja modelagem para o retificador monofásico é dada por um sistema de primeira ordem (STEPHAN, 1991; TSAI, 2006; KNEPPOVA et al., 1995). Embora o retificador monofásico seja um sistema considerado estável, também está suscetível a qualidade do comando do ângulo de disparo, a variações de energia na alimentação, a variações de valores nos parâmetros da carga, entre outras variações.

Inúmeros artigos propõem e discutem o controle do retificador a tiristor. Similarmente, outros vários propõem e discutem o controle e análise robusta de inúmeros processos. Entretanto, não foi encontrado na literatura técnica conteúdo que contenha a análise de estabilidade robusta do retificador a tiristor.

Logo, esse artigo apresenta uma análise de estabilidade robusta para o sistema de controle definido para um retificador monofásico tiristorizado alimentando uma carga do tipo RL. Inicialmente será mostrada a modelagem dinâmica do retificador e carga em torno de um ponto de operação, similar ao realizado em Santos (2007). A seguir aplica-se o método de Monte Carlo, o qual leva em consideração as variações paramétricas (PUANGDOWNREONG, SUWANNARONGSRI, 2009). Com os resultados gerados, a análise de estabilidade robusta é realizada através da norma H_∞ da função de sensibilidade do sistema em malha fechada. Essa análise estabelece que o sistema é robusto se o diagrama de Nyquist não tangenciar nem interceptar o círculo de centro (-1,0) e raio $1/M_S$ (DE PAULA, 2012). Adicionalmente, é mostrado que o sistema permanece estável mesmo com as variações atribuídas aos componentes do conversor.

Figura 1 - Diagrama em blocos do sistema de controle.



II. OBJETO DE ESTUDO

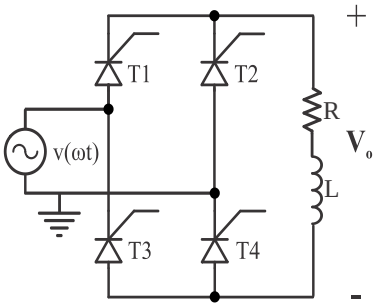
A. Retificador

A Figura 2 mostra o retificador monofásico a tiristor alimentando uma carga do tipo RL, utilizado para o desenvolvimento da análise de estabilidade robusta proposta e realizada nesse trabalho. A variável a ser controlada é a corrente média no ramo da carga. Para obter o modelo é considerado que o retificador está operando em um ponto fixo. Ao redor desse ponto de operação é aplicada uma pe-

ISSN 1809-3957

quena perturbação e, em seguida, é realizada a linearização do modelo (ERICKSON, 2001).

Figura 2 - Retificador monofásico a tiristor.



O valor da tensão de alimentação do retificador, v(ωt), é expressa em (1) e o valor médio da tensão de saída, V_o, do retificador, em modo contínuo de condução, é dado por (2) (BARBI, 2001).

$$v(\omega t)=V_p \operatorname{sen}(\omega t) \tag{1}$$

$$V_{o_{med}}=\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_p \operatorname{sen}(\omega t)d(\omega t)=\frac{V_p}{\pi}\cos\alpha \tag{2}$$

O ângulo de disparo do tiristor, α, é obtido à partir da onda dente de serra (SANTOS, 2007). Esta forma de onda possui uma tensão máxima, u_p a qual será comparada com a tensão de controle u_c. O ângulo de disparo é expresso por (3).

$$\alpha=\frac{u_p-u_c}{u_p}\pi \tag{3}$$

Substituindo (3) em (2), obtém-se o valor da tensão média de saída do retificador dado por (4).

$$V_{o_{med}}=\frac{V_p}{\pi}\cos\left(\frac{u_p-u_c}{u_p}\pi\right) \tag{4}$$

De acordo com (4), $V_{o_{med}}$ é uma relação não linear, portanto, é necessário linearizar essa expressão. Para isso, a função dada por (4) é expandida em série de Taylor, em seguida é retido o termo de primeira ordem dessa expansão, representado pela expressão (5). Esse termo representa a variação que a perturbação da grandeza u_c provoca na tensão média de saída, $V_{o_{med}}$. A grandeza K, vista em (5) e (6), representa um ganho do retificador causado pela perturbação da grandeza u_c.

$$K=\left.\frac{\partial V_{o_{med}}}{\partial u_c}\right|_{u_c=\overline{u_c}}=\frac{V_p}{u_p}\operatorname{sen}\left(\frac{u_p-\overline{u_c}}{u_p}\pi\right) \tag{5}$$

A relação entre a variação de corrente de saída, $\overline{i_o}(s)$, e a variação da tensão de controle de disparo, $\overline{u_c}(s)$, resulta na função de transferência G_p. Esta função de transferência caracteriza um sistema de primeira ordem e possui o formato mostrado em (6) (SANTOS, 2007).

$$G_p(s)=\frac{\hat{i}_o(s)}{\hat{u}_c(s)}=K\frac{1}{R+sL} \tag{6}$$

Substituindo (5) em (6) a função de transferência G_p pode ser reescrita na forma dada por (7).

$$G_p(s)=\frac{\hat{i}_o(s)}{\hat{u}_c(s)}=\frac{V_p}{u_p}\operatorname{sen}\left(\frac{u_p-\overline{u_c}}{u_p}\pi\right)\frac{1}{R+sL} \tag{7}$$

Constata-se que a função de transferência, expressa por (7), é de primeiro grau e depende das variáveis $\overline{u_c}$, R e L. A variável $\overline{u_c}$ representa o valor do ponto de operação adotado para o sistema de controle. As variáveis R e L representam a resistência e a indutância da carga. As variações desses parâmetros alteram a função de transferência, podendo assim comprometer o desempenho do sistema de controle.

B. Controlador PI

Adota-se um controlador PI. Esse é projetado com base na análise da resposta em frequência da função de malha aberta do sistema de controle (OGATA, 2000) e (PHILLIPS-PARR, 2011).

A Figura 2 mostra o diagrama de blocos do sistema de controle. O parâmetro a ser controlado é a corrente média na carga, i_o, e o de referência é a tensão de controle de disparo dos tiristores, u_c.

O controlador PI possui a função de transferência dada por (8) e K_i representa o ganho do controlador.

$$C(s)=K_i\frac{s+z}{s} \tag{8}$$

A função de transferência do controlador PI, dada por (8), mostra que ele acrescenta um pólo, na origem, à função de transferência do sistema de controle. Esse pólo na origem pode levar o sistema à instabilidade em malha fechada, pois eleva a ordem desse, porém, a ação de controle desse controlador possui o benefício de anular o erro em regime permanente.

III. ANALISE DE ESTABILIDADE

A estabilidade em sistema de controle em malha fechada é necessária para que este funcione segundo as especificações. Um dos métodos de verificação de estabilidade é o critério de Nyquist. Esse método relaciona a resposta em frequência em malha aberta C(jω)G(jω)H(jω) ao número de pólos e zeros de 1+C(s)G(s)H(s) que estão no semiplano direito do plano em s.

A função sensibilidade do sistema de controle é dada pela expressão (9).

$$S(s)=\frac{1}{1+C(s)G(s)H(s)} \tag{9}$$

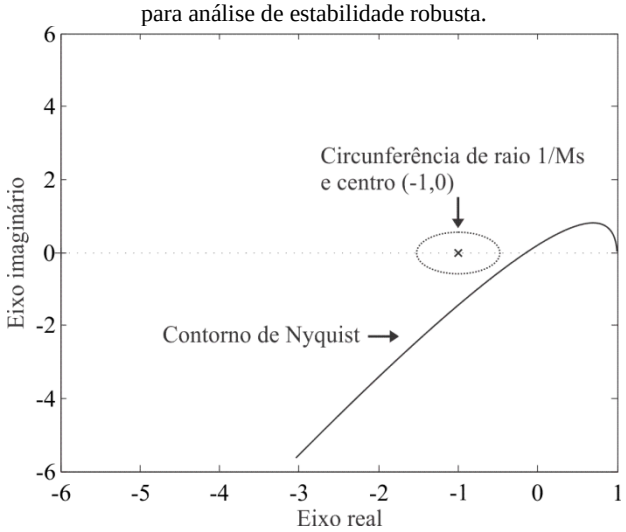
O máximo pico de sensibilidade M_S é definido em (10).

$$M_S \geq \max_{\omega}|S(j\omega)| \tag{10}$$

O valor de M_S está, diretamente, relacionado com a análise de estabilidade robusta, pois, se o contorno de Nyquist não tangenciar nem interceptar a circunferência de centro (-1,0) e raio $1/M_S$, do diagrama de Nyquist, como mostrado na Figura 3, a estabilidade é considerada robusta. Em termos de análise robusta quanto menor M_S mais robusto é o sistema e, também, M_S geralmente assume valores entre 1 e 2 (SKOGESTAD, POSTLETHWAITE, 2005).

ISSN 1809-3957

Figura 3 - Exemplo de diagrama de Nyquist com a circunferência para análise de estabilidade robusta.



O objetivo desse artigo é apresentar uma maneira alternativa de análise de estabilidade robusta para confirmar a estabilidade do sistema mesmo quando os parâmetros da carga variem dentro de um limite de tolerância. Essa verificação é feita em um sistema de controle previamente projetado, cuja análise de estabilidade foi realizada considerando os valores nominais de seus parâmetros.

O valor máximo da função sensibilidade, S(s), do sistema de controle é o valor de M_S, de acordo com (10). O método proposto consiste em obter o valor máximo de sensibilidade do sistema a ser analisado. Em seguida, usar a técnica de Monte Carlo para simular o mesmo com as suas variações paramétricas e verificar se em todos os casos esse sistema de controle permanece dentro da especificação de estabilidade.

O método de Monte Carlo é uma ferramenta de análise estatística. Com essa ferramenta é possível simular qualquer processo que dependa de fatores aleatórios. A simulação com esse método gera N amostras para o processo analisado. Nesse trabalho, os parâmetros aleatórios são a resistência e a indutância da carga. O simulador gera um conjunto de simulações e, em cada simulação, é atribuído um valor de resistência e indutância para a carga dentro da faixa de tolerância. Então é gerado um conjunto de curvas do contorno de Nyquist. Dessas curvas é analisada a curva que mais se aproxima da circunferência de centro (-1,0) e raio $1/M_S$ para análise de estabilidade robusta.

IV. EXEMPLO NUMÉRICO

Os valores de projeto do retificador e do controlador e, também, o desenvolvimento das funções estão detalhadas no apêndice desse artigo.

A. Análise de estabilidade para os valores nominais

A Figura 4 mostra a resposta ao degrau de tensão no sistema de controle em malha fechada representado pela Figura 1. O tempo de acomodação é inferior a 13[ms]. Como mostrado na Figura 5, a corrente média na saída, em regime permanente, se acomoda em 16[A]. Esse valor de corrente está em conformidade com as especificações do projeto.

Figura 4 - Resposta de tensão, na saída do retificador, ao degrau na tensão de controle u_c.

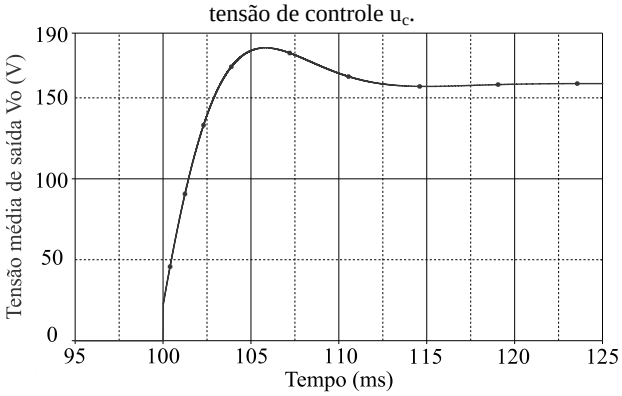
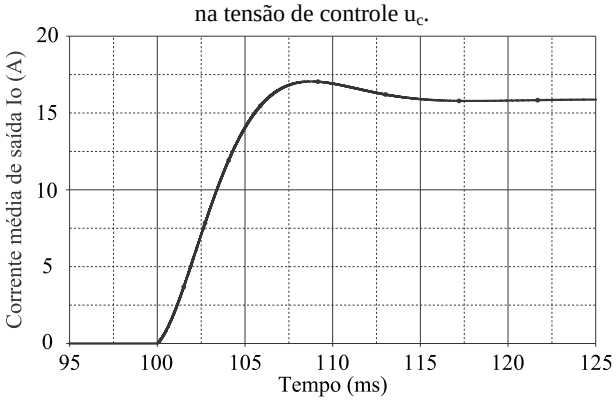
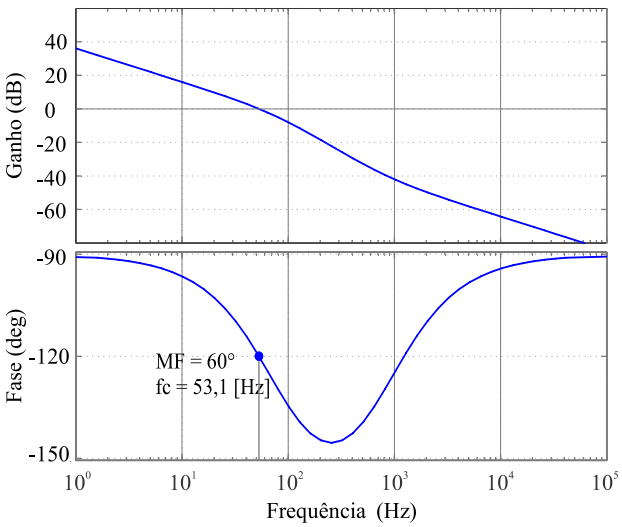


Figura 5 - Resposta de corrente, na saída do retificador, ao degrau na tensão de controle u_c.



O diagrama de Bode do sistema de controle está mostrado na Figura 6. Nela se observa que a frequência de cruzamento de ganho é 531[Hz] e a margem de fase é 60^0, conforme especificado em projeto.

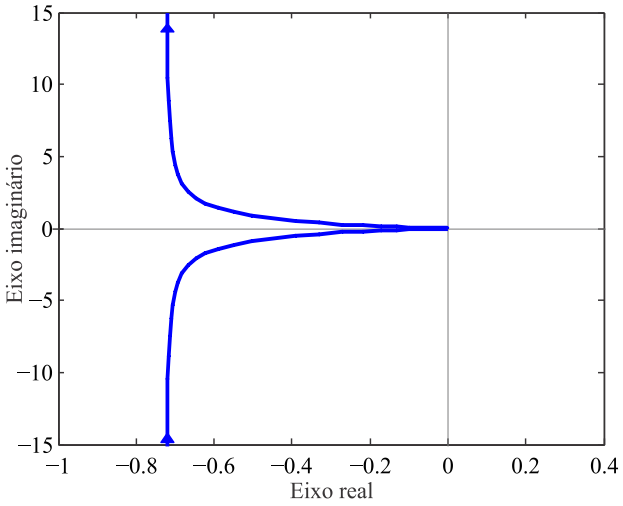
Figura 6 - Diagrama de Bode de margem e fase.



A verificação de estabilidade do sistema de controle pelo critério de estabilidade de Nyquist, mostrado na Figura 7, mostra que esse sistema é estável pois, o contorno de Nyquist do diagrama não circunda o ponto (-1,0).

ISSN 1809-3957

Figura 7 - Diagrama de Nyquist do sistema de controle.

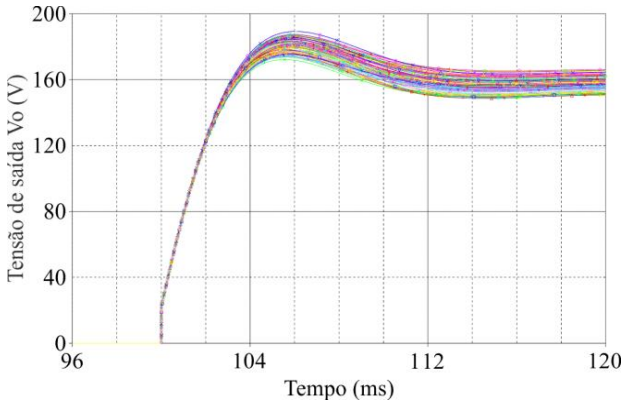


B. Análise de estabilidade robusta

O valor de tolerância da resistência é 5% e do indutor é 10%. O modelo linear para simulação computacional está detalhado no apêndice.

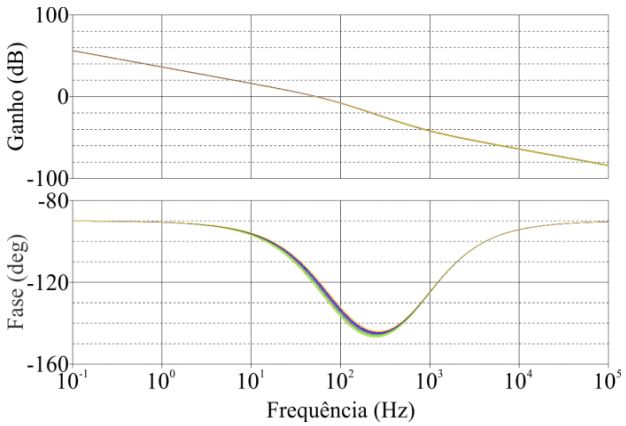
A Figura 8 mostra a resposta ao degrau do sistema de controle com a simulação Monte Carlo.

Figura 8 - Simulação Monte Carlo, resposta ao degrau.



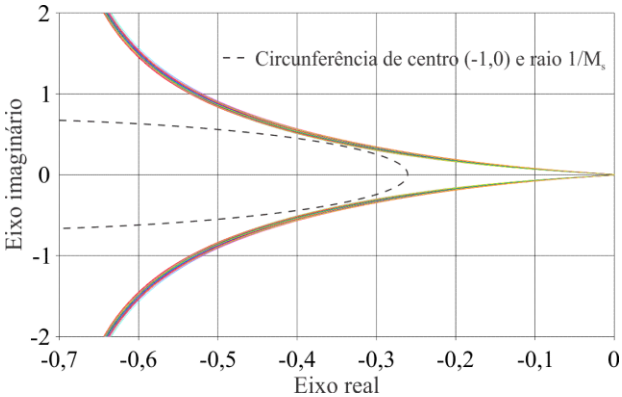
O diagrama de Bode resultante da simulação de Monte Carlo do sistema é mostrado na Figura 9. A frequência de cruzamento de ganho varia entre 51[Hz] e 55[Hz]. A margem de fase varia entre 58 e 62 graus.

Figura 9 - Simulação Monte Carlo, diagrama de Bode.



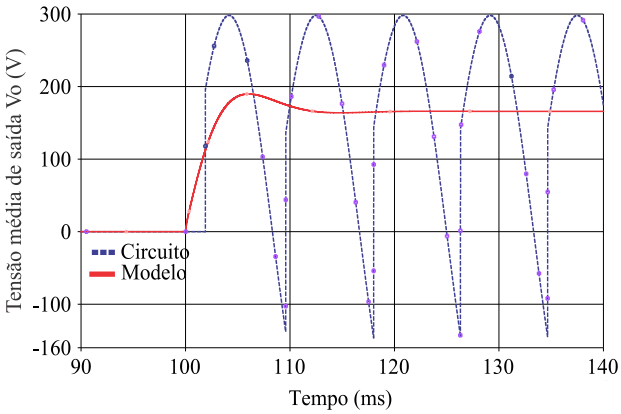
O diagrama de Nyquist do sistema de controle, com a análise de Monte Carlo, está mostrado na Figura 10. O valor de M_S, encontrado à partir do valor máximo da função sensibilidade, é M_S = 1,35. O contorno de Nyquist no pior caso simulado não interceptou a circunferência de raio $1/M_S$. Portanto, comprova-se que a estabilidade do sistema é robusta.

Figura 10 - Simulação Monte Carlo, diagrama de Nyquist.



Com o resultado mostrado na Figura 10 observa-se que a curva do pior caso possui os parâmetros L=19,3036[mH] e R=10,4522[Ω]. O resultado da simulação, somente para esta condição, está mostrado na Figura 11. Essa simulação possui o circuito elétrico da ponte tiristorizada com a carga RL e o modelo linearizado. Em ambos casos o sistema de controle é estável.

Figura 11 - Resultado da simulação do circuito com modelo.



V. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um modelo para o retificador monofásico em ponte completa a tiristor, um controlador PI para o controle de corrente na carga e a análise de estabilidade robusta desse conjunto.

O modelo matemático do retificador proposto nesse artigo comprovou ser apropriado, pois os resultados das simulações do modelo comparados com os resultados das simulações do circuito foram concordantes. O controlador PI, projetado pelo método clássico, apresentou uma resposta adequada as especificações de projeto.

A análise de estabilidade robusta foi realizada com objetivo de verificar se, mesmo com as variações nos parâmetros da carga, o sistema de controle permanece estável. Para realizar essa análise primeiro foi obtido o valor de M_S a partir da função de sensibilidade do sistema com os valores nominais dos parâmetros da carga. Em seguida, foi feito um circuito linear para o retificador a tiristor, pois esse modelo

ISSN 1809-3957

é necessário para realizar a simulação computacional pelo método Monte Carlo. A simulação de Monte Carlo permitiu fazer a análise de estabilidade robusta. Com essa, pôde-se verificar que o contorno de Nyquist do sistema de controle analisado, para o pior caso, não circunda a circunferência de centro (-1,0) e raio $1/M_S$ no diagrama de Nyquist. Portanto, o sistema possui uma estabilidade robusta em relação a faixa de tolerância adotada para o projeto.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro.

VII. APÊNDICE

A. Tabela de dados do retificador

Tabela 1 – Valores dos parâmetros do retificador e da carga.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Resistência da carga	R	10[Ω]
Indutância da carga	L	20[mH]
Tensão de pico de entrada	V_P	300[V]
Tensão máxima do sinal de controle	u_p	11[V]
Frequência da rede	f	60[Hz]
Corrente média na carga	I_o	16[A]

O valor de u_c para I_o=16[A] é $u_c = 8{,}97[V]$. Substituindo os valores da Tabela 1 em (7) obtém-se a função de transferência (11).

$$G_p = \frac{14{,}9393}{0{,}02s+10} \tag{11}$$

B. Tabela de dados do controlador

Tabela 2 – Valores dos parâmetros do projeto do controlador.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Margem de fase	Mf	60^0
Tempo de acomodação	tr	12[MS]
Ganho de realimentação	H	0,5652

A constante de tempo τ do sistema, a frequência de cruzamento de ganho f_c e a frequência angular de cruzamento de ganho ω_c são obtidas através de (12), (13) e (14).

$$\tau = \frac{tr}{4} \tag{12}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} \tag{13}$$

$$\omega_c = 2\pi f_c \tag{14}$$

Para garantir a estabilidade do sistema é necessário que o ângulo do controlador esteja em conformidade com (15).

$$\angle C = -180 + Mf - \angle G_p - \angle H \tag{15}$$

Como H possui apenas parte real, então, ∠H = 0. Para obter o ângulo $\angle G_p$, substitui-se s por $j\omega_c$ em (11) obtendo (16), com essa expressão calcula-se o valor de $\angle G_p$.

$$G_p(j\omega_c) = \frac{14{,}9393}{0{,}02j\omega_c+10} \tag{16}$$

De maneira similar ao que foi feito para o cálculo de $\angle G_p$, substitui-se s por $j\omega_c$ em (8), expressão (17).

$$C(j\omega_c) = K_i \frac{j\omega_c+z}{j\omega_c} \tag{17}$$

Com (17) chega-se a (18), a qual é empregada para calcular o valor de z.

$$\angle C = \angle K_i + \tan^{-1}\left(\frac{\omega_c}{z}\right) - 90 \tag{18}$$

Uma condição de estabilidade é que, na frequência de cruzamento de ganho f_c, o módulo de $CGH(j\omega_c)$ seja unitário (19).

$$\left|C(j\omega_c)G_p(j\omega_c)H(j\omega_c)\right| = 1 \tag{19}$$

Reescrevendo a expressão (17) e aplicando o módulo calcula-se K_i com (20).

$$K_i = \left|C(j\omega_c)\right| \frac{|j\omega_c|}{|j\omega_c+z|} \tag{20}$$

Substituindo os valores da Tabela 2 nas expressões (12), (15) e (16) obtém-se valor numérico do compensador (21).

$$C(s) = \frac{0{,}09163s+473{,}6}{s} \tag{21}$$

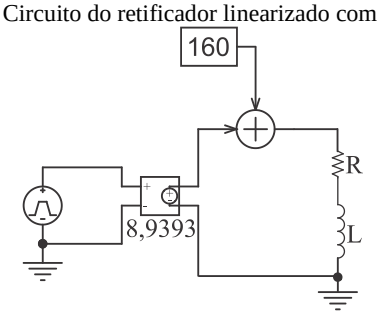
C. Modelo linear para simulação computacional

Para realizar a simulação computacional utilizando a análise de Monte Carlo é necessário modificar o sistema para que a estrutura do retificador seja a de um modelo linearizado.

Na aproximação linear do retificador para um modelo linearizado este é considerado como um ganho. Esse ganho é obtido da expansão em série de Taylor da função (4) e seu valor é obtido a partir de (5). Nesse modelo, a entrada e a saída de tensão são do tipo CC.

A Figura 12 mostra o circuito que representa o retificador linearizado conforme descrito e a carga. O valor 160, que é somado ao sinal de variação do ganho, Figura 12, representa o valor da tensão no ponto de operação do sistema.

Figura 12 - Circuito do retificador linearizado com a sua carga.



VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBI, Ivo. **Eletrônica de Potência**, Edição do autor. Santa Catarina, 2006.

DE PAULA, Caio; FERREIRA, Luis Henrique de Carvalho. “An Improved analytical PID controler design for non-

ISSN 1809-3957

monolitic phase LTI systems". ***IEEE Transactions***, vol. 20, nº 5, pp. 1328-1333, setembro, 2012.

DOU, Xijiang; WANG, Wilson. "Robust control of multistage printing systems". ***Control Engineering Practice***, vol. 18, no. 3, pp. 219 – 229, 2010.

ERIKSON , Robert; MAKSIMOVIC, Dragan. **Fundamentals of Power Electronics**, segunda edição, Editora Springer, Colorado, 2001.

HOSSAIN, M. ; POTA H.; RAMOS, R. "Robust STATCOM control for the stabilisation of fixed-speed wind turbines during low voltages". ***Renewable Energy***, vol. 36, nº 11, pp. 2897 – 2905, 2011.

KNEPPOVA, V.; KIFFMEIER, U.; UNBEHAUEN, H. "Weighting function selection in h infin;-optimal control with application to a thyristor-driven dc-motor" , ***American Control Conference***, vol. 5, pp. 3002– 3006, junho, 1995.

LEE, J. ; LEE, W. S.; NAM, S.; KIM, J.; LEE, S.; AHN, M. C.; PARK, Y. G.; SONG, S.; LEE, J.; JIN, H.; KIM, H. J.; KIM, S.; HUR, K.; KO, T. K. "Fabrication and experimental analysis of 6.6 kV/100 A class singlephase superconducting fault current controller with superconducting dc reactor coil", ***IEEE Transactions*** Applied Superconductivity, vol. 25, no. 3, pp. 1–5, junho, 2015.

NGAMROO, I. "Robust coordinated control of electrolyzer and PSS for stabilization of microgrid based on PID-based mixed H_2/H_∞ control", ***Renewable Energy***, vol. 45, pp. 16 – 23, 2012.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**, terceira edição, LTC, Editora Prentice Hall, 2000.

PANDIT, S.; DEMENY, T. "Modeling and robust control of a plasma deposition process", ***American Control Conference***, vol. 3, pp. 2919–2925, junho, 1994.

PHILLIPS , C.; PARR, J. **Feedback Control Systems**, Fifth Ed, Prentice Hall, 2011.

PUANGDOWNREONG, D.; SUWANNARONGSRI, S.; THAMMARAT, C. "Robust stability investigation of process control via Monte Carlo method", ***Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 6th International Conference***, vol. 1, pp. 368–371, maio, 2009.

SANTOS, M. H. P. "Controle ativo da corrente entre pontes retificadoras a tiristor conectadas em paralelo aplicadas na excitação de geradores" , **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

SKOGESTAD, S.; POSTLETHWAITE, I. **Multivariable Feedback Control: Analysis and Design**, Wiley, 2005.

STEPHAN, R. "A simple model for a thyristor-driven dc motor considering continuous and discontinuous current modes" , ***IEEE Transactions Education***, vol. 34, no. 4, pp. 330–335, novembro, 1991.

TSAI, M. F.; KE, F.J.; LIN, Y. D.; WANG, J.K. "Design of a digital programmable control ic for single-phase controlled rectifiers" , ***5th Power Electronics and Motion Control Conference International***, vol. 2, pp. 1–5, agosto, 2006.

XU,G. "Modeling and robust control of continuous bioprocesses", ***Computer Modeling and Simulation Second International Conference***, vol. 2, pp. 63–66, janeiro, 2010.

IX. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

APLICAÇÃO DE TCSC NA DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA: ESTUDO DE CASO

ÍRIS DE JESUS MORAES[1]; DOMINGOS SÁVIO LYRIO SIMONETTI[2]; EDMILSON BERMUDES ROCHA JÚNIOR[3]
1,2 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO; 3 - INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
irisjmoraes@gmail.com; d.simonetti@ele.ufes.br; ebermudes@ifes.edu.br

Resumo – A eletrônica de potência tem auxiliado o sistema elétrico brasileiro a melhorar suas características elétricas, com propagação inicial nas linhas de transmissão. Nos dias atuais, o sistema de distribuição tem passado por problemas elétricos que requerem soluções distintas das convencionais. O uso de dispositivos com eletrônica de potência como o TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor), comumente usado em transmissão, passa a ter ampla utilização. Este trabalho analisa a operação do TCSC atuando como limitador de corrente de falta, em um alimentador de distribuição de 11,4 kV, apresentando, por simulação, seu comportamento em regime e durante uma falta. Portanto, será apresentada uma metodologia de recuperação do sistema em regime, se a falta dura poucos ciclos.

Palavras-chave: Eletrônica de Potência. TCSC. Distribuição.

I. INTRODUÇÃO

O sistema elétrico brasileiro é caracterizado por sua ampla interconexão entre as diferentes regiões do país e pela crescente demanda de carga nos últimos anos, o que implica no aumento de transferência de potência e torna o sistema cada vez mais complexo e menos seguro de operar. A eletrônica de potência tem auxiliado a resolver problemas no sistema elétrico, tendo difusão considerável no apoio às operações de linhas de transmissão. Dentre os diversos dispositivos, o TCSC (*Thyristor Controlled Series Capacitor*) é um equipamento usado para controlar dinamicamente o fluxo de potência, aumentar a estabilidade dinâmica, melhorar a regulação de tensão do sistema e amortecer oscilações de baixa frequência. (ETT *et al*, 2011). Este dispositivo tem a vantagem de reduzir tensões de *offse-dc*, é responsável pelo melhoramento da proteção de capacitores séries, trabalha auxiliando no suporte de tensão e reduz a corrente de curto-circuito (MATHUR; VARMA, 2002).

Nos dias atuais, a Geração Distribuída (GD) tem se tornado muito utilizada, porém, por ser geralmente localizada em pontos fracos da rede, obriga as concessionárias a elevarem a margem de segurança de seus sistemas de forma a permitir a interconexão de uma GD (KUMARA *et al*, 2006). Além disso, a instalação de uma GD nestas áreas implicará no aumento da corrente de curto-circuito que os equipamentos podem suportar (PERERA, 2009). Dispositivos tais como reguladores de tensão ou bancos de capacitores instalados ao longo do alimentador, não são suficientes quando empregados em linhas longas com cargas conectadas nas extremidades ou mesmo na partida de grandes motores de indução (ZAMPELLIN, 2014). Por isso, para evitar gastos desnecessários por parte das concessionárias, a aplicação dos dispositivos de linhas de transmissão, tal como o TCSC, têm se estendido ao sistema de distribuição. No trabalho de Almeida (2014), a utilização do TCSC como compensador série foi a solução para obter uma melhora no afundamento de tensão em uma rede de distribuição, durante a partida de grandes cargas. Tem sido observado que o TCSC, atuando como compensador série pode ser instalado no ponto de acoplamento comum, uma vez que a sua proximidade com a carga indica uma melhor regulação de tensão (ALMEIDA, 2014) e (ZAMPELLIN, 2014). Este controlador também tem sido utilizado como um dispositivo que comporta duas operações de acordo com a situação do sistema: limitador de corrente de falta e compensador de tensão (PERERA, 2009) e (KUMARA *et al*, 2006).

Caso o TCSC opere como um FCL (*Fault Current Limiter*) pode haver diferentes regiões de utilização na rede elétrica. Caso o FCL seja instalado no alimentador de distribuição primário, o limitador irá operar apenas para uma falta onde o FCL é conectado. E como os sistemas de distribuição são radiais, será requerido usar um FCL separado para cada alimentador. O FCL também poderá ser instalado no ponto de conexão com a GD, porém, durante uma falta no sistema principal, o FCL apenas limitará a contribuição da corrente de falta a partir da GD. Ainda pode-se optar pela conexão do FCL no circuito do transformador, o que irá reduzir o número de FCL's no sistema (PERERA, 2009).

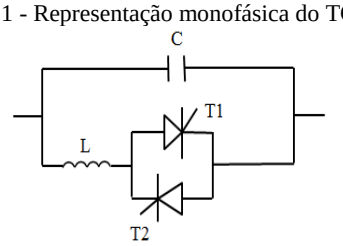
No que concerne ao investimento, o uso do TCSC nos sistemas de distribuição tem se limitado por parte das empresas concessionárias. Por ser uma tecnologia nova nesta classe de tensão, é inicialmente necessário o desenvolvimento em estudos para futura implementação do protótipo TCSC. Desta forma, é possível uma posterior aplicação em sistemas de distribuição reais, exigindo, por isso, altos gastos iniciais em pesquisa.

II. REVISÃO DO COMPORTAMENTO DO TCSC

O Capacitor Série Controlado por Tiristor é uma impedância variável composta por um capacitor em paralelo com um TCR (Reator Controlado por Tiristor), que é formado por dois tiristores em antiparalelo e em série, com um indutor (HINGORANI, GYUGI, 1999) e (ETT *et al*, 2011). O controlador TCSC é mostrado na Figura 1.

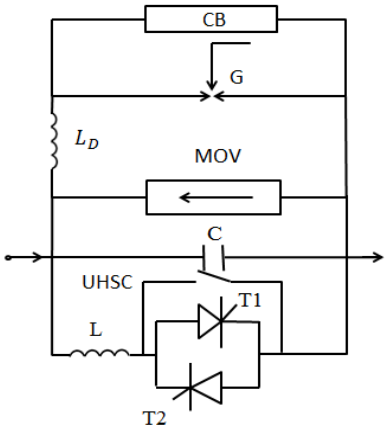
ISSN 1809-3957

Figura 1 - Representação monofásica do TCSC.



Na prática, o módulo do TCSC inclui um equipamento de proteção, como é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Módulo do TCSC na prática.



O *Metal-OxideVaristor* (MOV) é um resistor não linear utilizado para prevenir possíveis sobretensões no capacitor, além de permitir que este elemento permaneça no circuito, mesmo quando da existência de faltas e auxilia na estabilidade transitória. Já o C*ircuit Breaker* (CB) "bypassa" o capacitor em caso de faltas muito severas ou em decorrência de um mau funcionamento de equipamentos. O indutor L_D é um elemento que limita tanto a frequência quanto a amplitude da corrente no capacitor durante a operação de *by-pass* do capacitor. Um contato metálico denominado *Ultra-High-Speed Contact* (UHSC) é usado sempre que os tiristores operarem por longos períodos em modo de condução *on*, para reduzir as perdas em condução (MATHUR; VARMA, 2002).

De acordo com Almeida (2014), a impedância do controlador TCSC pode ser obtida a partir da equação 1:

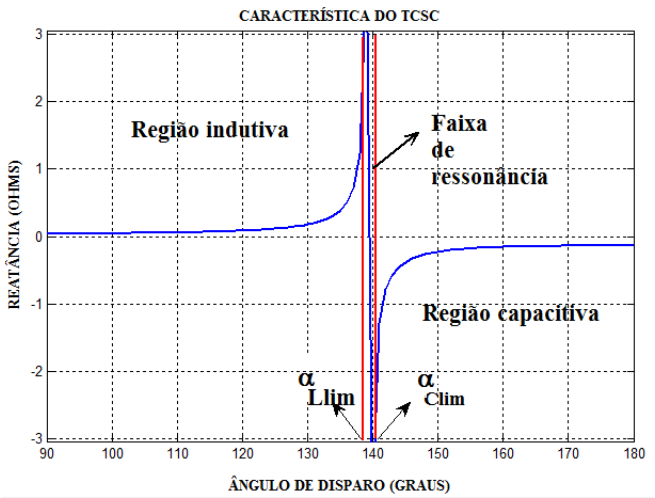
$$X_{TCSC} = \frac{\pi-2\alpha}{\pi\omega C} - \frac{2\omega(\pi-\alpha)}{\pi(\omega^2-\omega_o^2)C} - \frac{\omega_o^2}{\pi\omega C(\omega^2-\omega_o^2)^2}\cdot\left\{4\omega\omega_o\cos^2\alpha\cdot\tan\left[\frac{\omega_o}{\omega}(\pi-\alpha)\right]\right\} + \frac{\omega_o^2}{\pi\omega C(\omega^2-\omega_o^2)^2}\cdot(\omega^2+\omega_o^2)sen2\alpha \quad (1)$$

O termo ω_o representa a frequência do sistema elétrico dada por 120·π e o fator ω corresponde à frequência de ressonância do TCSC, podendo ser representada pela equação 2.

$$\omega = \sqrt{X_C / X_L} \quad (2)$$

O TCSC possui três modos de operações, onde podem ser encontrados diferentes valores de reatâncias. Existe o modo de bloqueio, em que o ângulo de disparo é 180° e, neste caso, o TCSC opera como um banco de capacitores fixo. Já no modo *by-pass*, o ângulo de disparo é dado por 90°, e os tiristores conduzem continuamente, sendo um modo muito utilizado na função de proteção. Há ainda o chamado modo Vernier, que pode ser tanto capacitivo quanto indutivo. No modo Vernier Indutivo, o ângulo de disparo pode variar entre 90° e um ângulo limite $\alpha Llim$ que é definido pela região de ressonância. Já no modo Vernier Capacitivo, o ângulo do disparo dos tiristores varia entre 180°, e o ângulo limite $\alpha Clim$. Ambos os ângulos limites $\alpha Llim$ e $\alpha Clim$ podem ser visualizados na Figura 3. Também é possível notar a não-linearidade da curva de impedância em função do ângulo de disparo. Para valores de α próximos de 90 graus, nota-se pouca variação de reatância. Do mesmo modo ocorre para valores próximos de 180°.

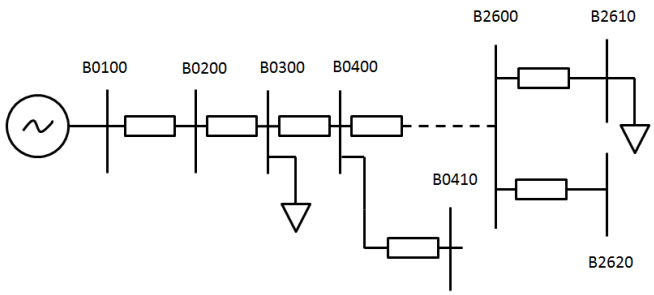
Figura 3 - Impedância do TCSC em relação ao ângulo α.



III. O SISTEMA ESTUDADO

Para a modelagem do sistema, foi utilizado o *software* de simulação PSCAD de versão 4.2.0. A Figura 4 mostra o diagrama unifilar do sistema modelado. A rede projetada é constituída por uma fonte ideal de 11,4 kV, incluindo 26 pontos de conexão e com ramificações encontradas nas barras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26. O sistema adotado também é formado por 26 cargas desequilibradas ao longo do alimentador, modeladas como potência constante com o bloco *Fixed Load*, disponível na biblioteca do PSCAD.

Figura 4 – Sistema modelado.



ISSN 1809-3957

No PSCAD, quando o alimentador tem um comprimento menor do que 15 km e é considerado um *time step* de 50 μs, pode ser utilizado o modelo *π-section* para a implementação de redes elétricas. A linha de distribuição modelada tem aproximadamente 1,88 km, e adotou-se um *time step* de 50 μs nas simulações, justificando assim a utilização do modelo *π-section* para toda a modelagem da rede de distribuição.

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os valores totais de demanda de potência para as 26 cargas analisadas no período da tarde, atuando como carga pesada, e no período da madrugada, atuando como carga leve. A distribuição das potências nas barras é diversificada e desequilibrada.

Tabela 1 – Potência ativa e reativa para carga pesada

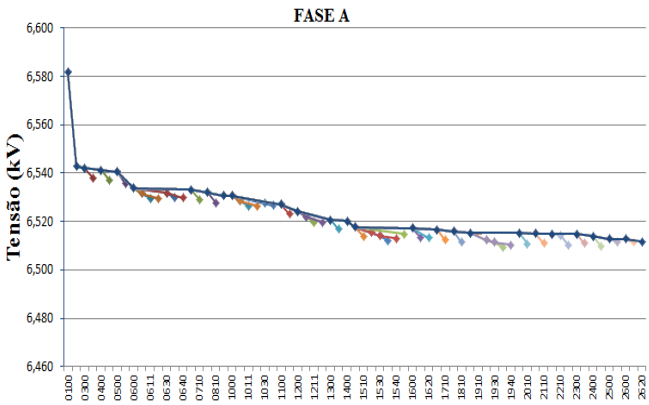
Fase	Potência Ativa (kW)	Potência Reativa (kVar)
A	1,051	0,248
B	1,044	0,244
C	1,015	0,232

Tabela 2 – Potência ativa e reativa para carga leve

Fase	Potência Ativa (kW)	Potência Reativa (kVar)
A	0,853	0,154
B	0,857	0,160
C	0,820	0,145

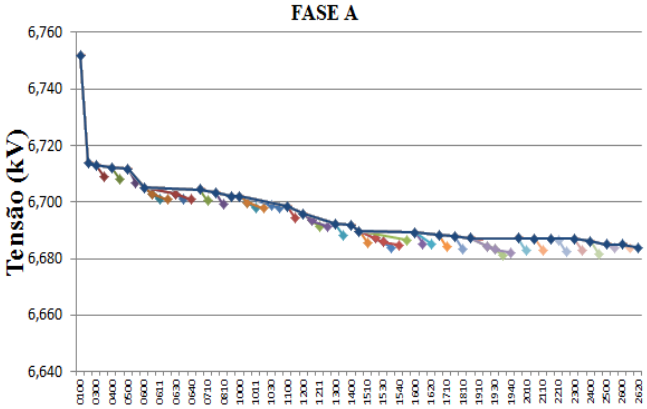
O Gráfico 1 ilustra o comportamento do sistema com carga pesada sem o TCSC, na condição de regime permanente. A partir da barra inicial 0100, a tensão passou de 6,58 kV para uma tensão de 6,51 kV na última barra.

Gráfico 1 - Perfil de tensão com carga pesada, sem o TCSC.



Já o Gráfico 2 apresenta o comportamento da tensão ao longo do alimentador com carga pesada, com a conexão do TCSC. É possível observar que a barra inicial apresentou um aumento de tensão para 6,75kV, e a barra final uma tensão de 6,68 kV. O aumento de tensão em comparação com o caso anterior é em decorrência da conexão do TCSC.

Gráfico 2 – Perfil de tensão com carga pesada, com o TCSC.



Também foi obtido o perfil de tensão considerando carga leve. Os Gráficos 3 e 4 mostram respectivamente a tensão ao longo do alimentador para as situações sem e com o TCSC. No Gráfico 3, a tensão na barra 0100 apresentou um valor de 6,58 kV, e na última barra, foi detectada uma tensão de aproximadamente 6,53 kV. Já no Gráfico 4 a primeira barra indicou uma tensão de 6,68 kV, e a última barra apresentou uma tensão de 6,63 kV. Assim como na situação de carga pesada, as cargas que operam no período da madrugada apresentaram uma elevação de tensão quando o TCSC foi conectado, em decorrência da inserção do capacitor série.

Gráfico 3 - Perfil de tensão com carga leve, sem o TCSC.

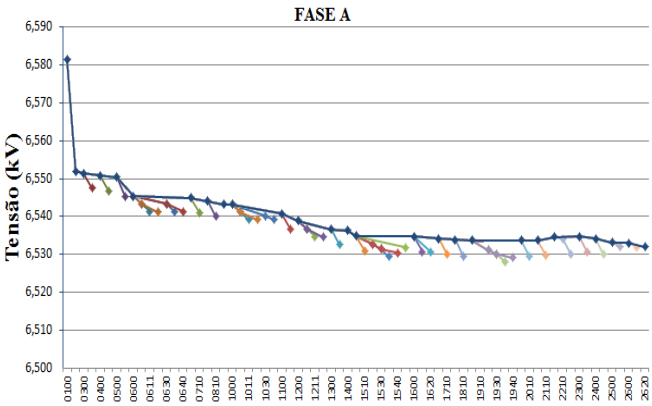
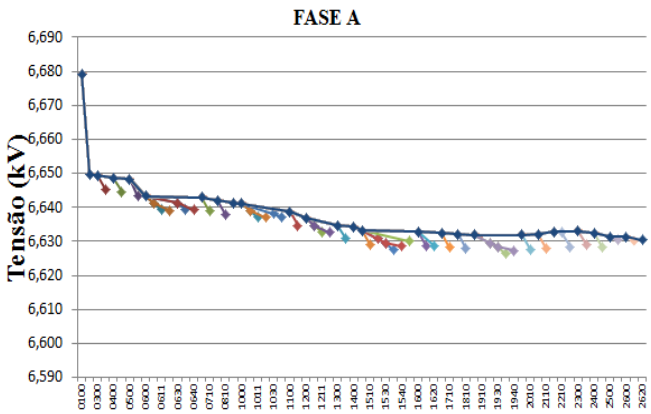


Gráfico 4 - Perfil de tensão com carga leve, com o TCSC.



Dependendo do trecho analisado, foram empregadas diferentes impedâncias de acordo com a característica de

ISSN 1809-3957

cada cabo. A Tabela 3 mostra, além da corrente nominal de cada cabo, a relação X/R para sequência zero e positiva. A razão X/R é importante para avaliar a melhora da estabilidade em uma determinada rede (ORCHI; HOSSAIN; POTA, 2013). Para linhas de transmissão, o valor dessa relação, com tensões maiores do que 100 kV, é geralmente maior do que 2,5. Já para linhas de distribuição com tensões de 11 kV, 20 kV e 33 kV, a razão X/R ,usualmente, apresenta um valor próximo de 1 (FOX *et al*, 2007).

Tabela 3 - Dados dos condutores

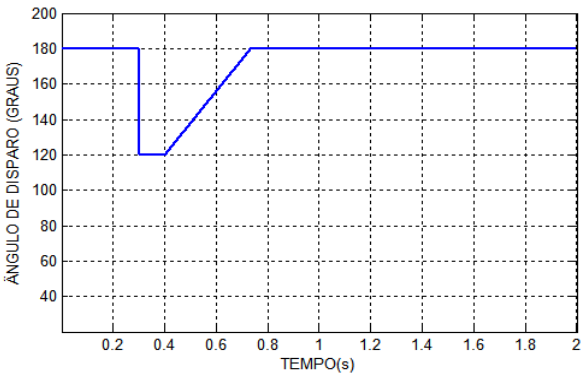
Cabo Fase	X_0/R_0	X_1/R_1	Corrente Nominal (A)
1/0 AN	1,55	0,75	141
185 AX	1,84	1,28	314
2 AN	1,16	0,49	118
336 AN	1,84	2,14	500
3x3500CxMT	0,32	1,20	560
4 AN	0,85	0,32	98

IV. PROJETO DO TCSC E SIMULAÇÃO

Com base na tensão nominal do sistema e corrente nominal do cabo principal, calculou-se a impedância de base do alimentador. Conforme Tenório (1997) e Meikandasivam (2011), a impedância capacitiva foi escolhida como sendo 1 p.u, e a reatância indutiva como 0,7 p.u. De acordo com a equação 2, estes valores em p.u resultam em uma frequência de 71,7 Hz, que é um pouco acima da frequência do sistema. Desta forma, o capacitor adotado foi de $225{,}75\mu F$ e o indutor utilizado foi de $21{,}83\ mH$.

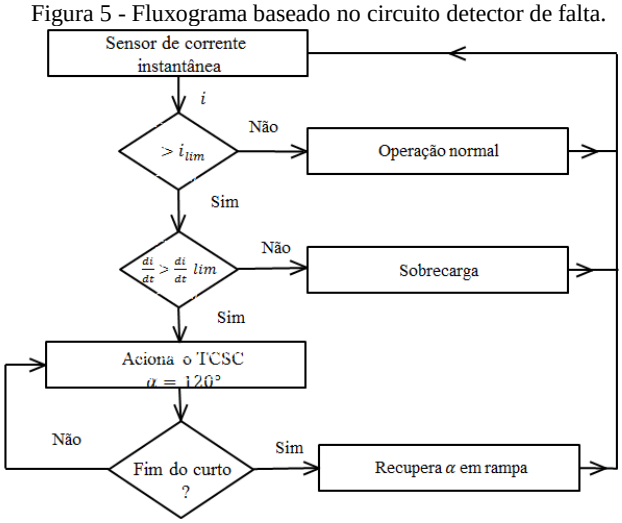
Nesta simulação, o objetivo do uso do TCSC foi baseado em limitar a corrente de curto-circuito quando alguma situação de falta fosse identificada. Inicialmente foi pensado nos possíveis modos de operações do TCSC. Quando o sistema estivesse operando em regime, este controlador deve se comportar como uma pequena impedância representada apenas pelo capacitor fixo, e, para isso, o ângulo de disparo dos tiristores foi igual a 180°. Desta forma, o TCSC está no modo de bloqueio. Quando uma falta é detectada, o TCSC passa a se comportar como uma alta impedância com um ângulo de disparo de 120°, para limitar a corrente de curto. O Gráfico 5 mostra a variação proposta do ângulo de disparo, correspondente à passagem da situação de regime permanente para a condição de falta e posterior recuperação do sistema. Para a variação do ângulo de disparo, foi proposto realizar uma variação não-brusca e contínua, tal como o comportamento de uma rampa.

Gráfico 5 - Variação do ângulo de disparo.



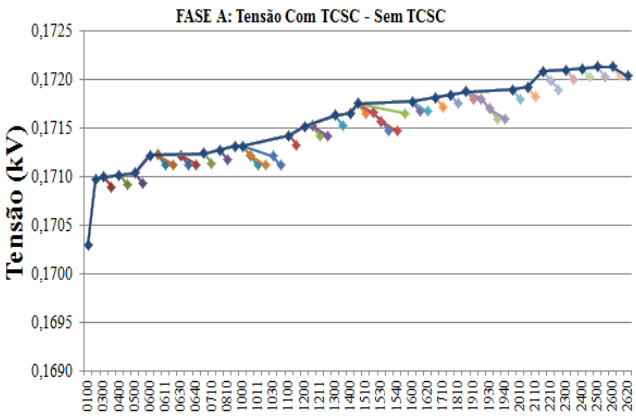
Para a detecção de curto, foi implementado um circuito detector que fosse capaz identificar uma falta no sistema. A Figura 5 ilustra o fluxograma baseado no circuito detector de curto. Este circuito deve ser capaz de distinguir uma real situação de falta das operações normais do sistema. Se o sinal de corrente ultrapassar a derivada do limite da corrente, o TCSC é acionado e o ângulo de disparo varia de 180° para um ângulo de 120°, de forma a limitar a corrente de curto. Quando a condição de falta se extinguir, o sistema se recupera continuamente para o estado de regime permanente e o ângulo de disparo passa a ser 180° novamente. Por sua vez, o circuito detector de corrente volta a verificar se há existência de corrente de curto.

Figura 5 - Fluxograma baseado no circuito detector de falta.



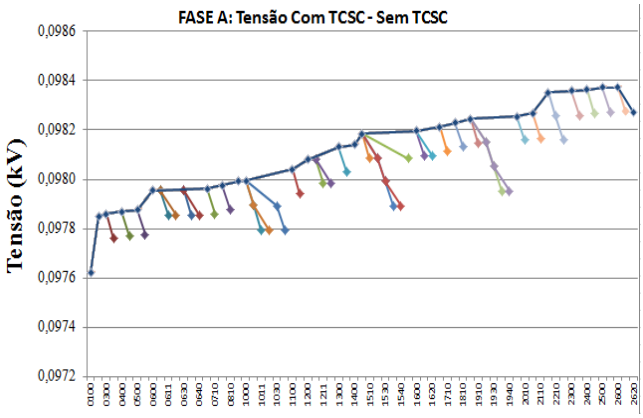
A partir da situação em regime, foram gerados os gráficos de tensão para a carga pesada com e sem o TCSC, resultando em uma variação de tensão. Os Gráficos 6 e 7 mostram esta variação de tensão analisada, para carga pesada e leve, respectivamente. Observa-se que em carga pesada, a variação de tensão foi maior do que em carga leve.

Gráfico 6 - Variação da tensão para carga pesada em regime permanente.



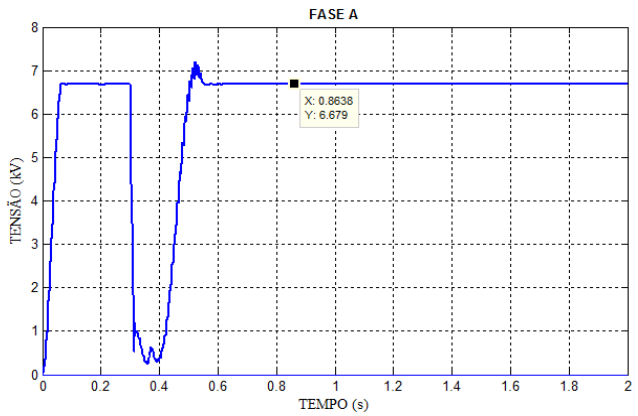
ISSN 1809-3957

Gráfico 7 - Variação da tensão para carga leve em regime permanente.



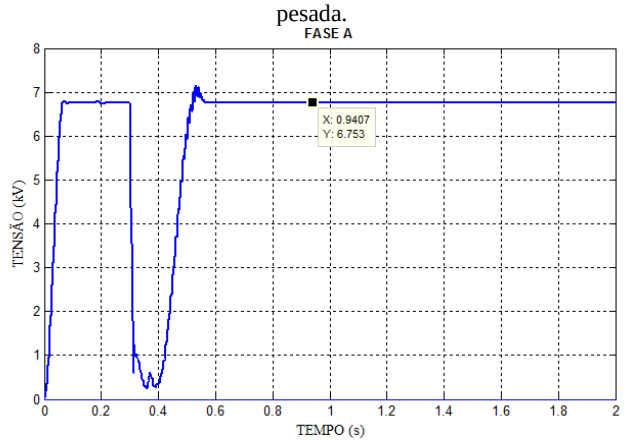
O curto-circuito na última barra do sistema é representado por uma resistência R_{CC} de valor baixo, correspondente a 1 Ω. A falta ocorre no instante t=0,3 segundos e tem duração de 35 ms. Os Gráficos 8 e 9 ilustram o comportamento da tensão na primeira barra do sistema para o caso de carga leve e carga pesada, respectivamente. No Gráfico 8, após a recuperação da condição de curto, a tensão consegue se estabilizar em um valor de tensão próximo de 6,68 kV.

Gráfico 8 - Comportamento da tensão na primeira barra em carga leve.



Pode-se observar no Gráfico 9 que a tensão na primeira barra se estabiliza em 6,75 kV, aproximadamente.

Gráfico 9 - Comportamento da tensão na primeira barra em carga pesada.



Obteve-se também o perfil de tensão para a última barra onde foi aplicado o curto. Os Gráficos 10 e 11 ilustram o comportamento destas tensões, entrando em regime permanente com uma tensão aproximada de 6,63 kV e 6,69 kV para carga leve e carga pesada, respectivamente.

Gráfico 10 - Comportamento da tensão na última barra em carga leve.

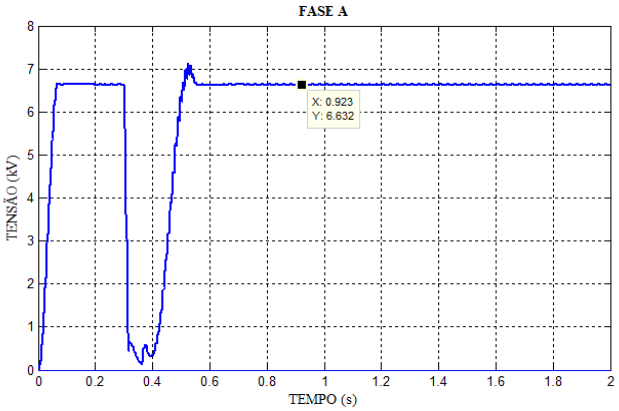
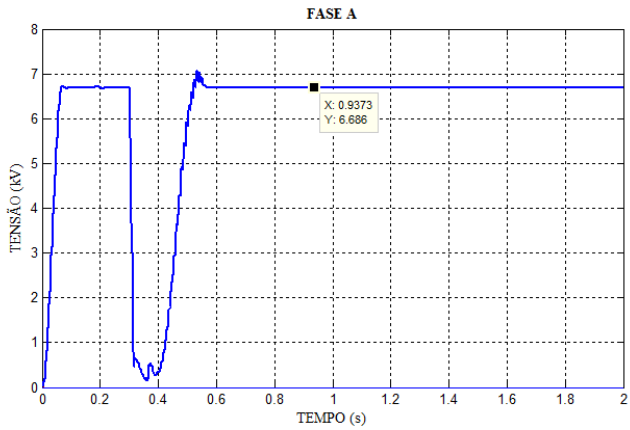
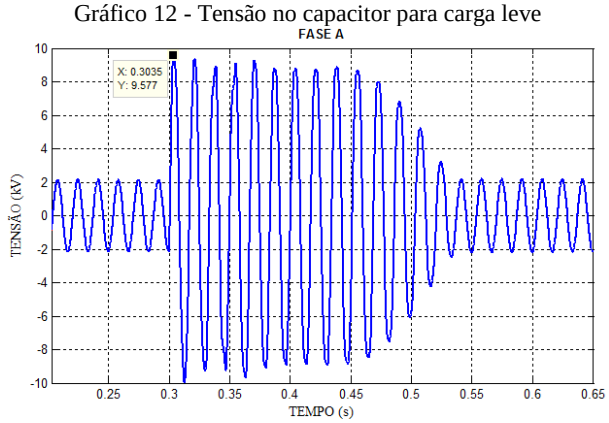


Gráfico 11 - Comportamento da tensão na última barra em carga pesada.



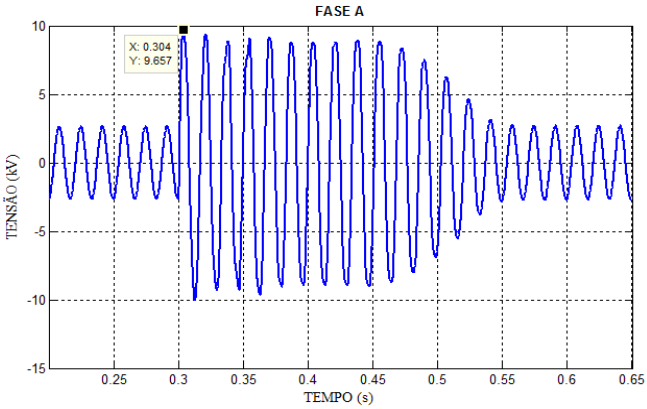
Os Gráficos 12 e 13 mostram a tensão no capacitor para a condição de carga leve e carga pesada, respectivamente. No Gráfico 12, o máximo valor da tensão do capacitor foi de 9,58 kV, e no Gráfico 13, a tensão do capacitor atinge um valor máximo de 9,66 kV. Quando o curto-circuito ocorre em 0,3 segundos, o capacitor atinge uma tensão limite e passa a descarregar-se gradualmente de acordo com a extinção da falta, voltando assim para a condição de regime permanente.

Gráfico 12 - Tensão no capacitor para carga leve



ISSN 1809-3957

Gráfico 13 - Tensão no capacitor para carga pesada.



A forma de onda da corrente no indutor também foi obtida, podendo ser visualizada no Gráfico 14 para carga leve e no Gráfico 15 para carga pesada.

Gráfico 14 - Corrente no capacitor para carga leve

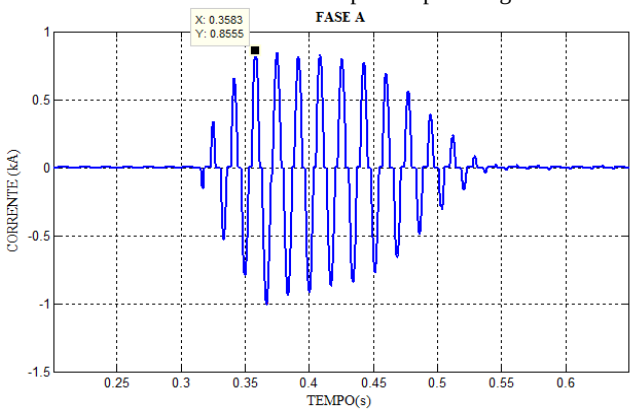
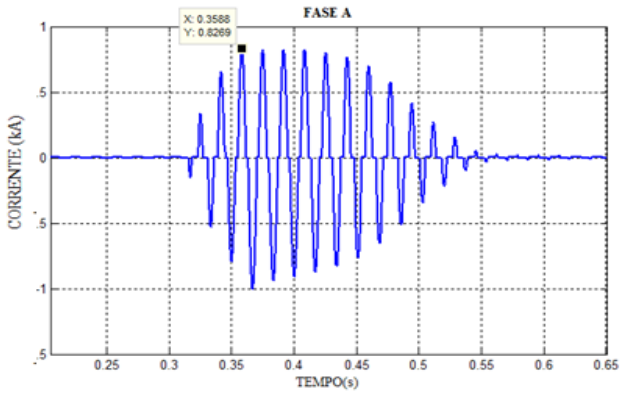


Gráfico 15 - Corrente no capacitor para carga pesada.



IV. CONCLUSÃO

O sistema elétrico brasileiro tem passado por mudanças que requerem soluções distintas das convencionais. Tecnologias tais como reguladores de tensão e/ou bancos de capacitores fixos, não são mais capazes de resolverem determinados problemas na rede quando operam sozinhos. Os dispositivos flexíveis TCSC's facilitam a operação do sistema, dando segurança ao mesmo. Neste trabalho, o TCSC foi utilizado como limitador de corrente de curto-circuito, e mostrou sua eficácia atuando no momento da falta. O sistema pôde recuperar seu comportamento em regime permanente graças à variação contínua de impedância proposta pelo TCSC. As tensões nas barras conseguiram entrar em regime após a atuação do TCSC no instante da ocorrência da falta. Já as tensões nos capacitores também apresentaram um comportamento adequado, pois conseguiram sofrer um descarregamento gradual. Isto ocorreu graças à proposta de variação do ângulo de disparo por meio de um sinal de rampa. A corrente no indutor indicou baixos valores no instante do curto e apresentou valor nulo na extinção da falta, indicando que os tiristores pararam de comutar e que o TCSC passou agora a ser representado por um simples capacitor série de baixa impedância. Com isso, o dispositivo TCSC apresentou o comportamento esperado, atuando como uma impedância variável e auxiliou o sistema de distribuição na limitação do curto-circuito e na sua recuperação em regime permanente.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Patrick Roberto. **Compensador Série Controlado a Tiristores na Distribuição - Compensação Dinâmica**, 2014.

ETT, G. *et al*. **Alternativas Não Convencionais para Transmissão de Energia Elétrica: Estado da Arte**, 2011.

FOX et al. **Wind Power Integration - Connection and System Operational Aspects**, 2007.

HINGORANI, N. G.; GYUGI, L. **Understanding FACTS - Concepts and Flexible AC Transmission Systems**, 1999.

KUMARA, J.R.S.S. *et al*. **Design and Testing of an TCSC for Distribution Network Applications**, 2006.

MATHUR, R. Mohan; VARMA, RajivK. **Thyristor-based FACTS Controllers for Electrical Transmission Systems**, 2002.

MEIKANDASIVAM, S.; NEMA, Rajesh Kumar; JAIN, Shailendra Kumar. **Selection of TCSC Parameters: Capacitor and Inductor**, 2011.

ORCHI, T. F.; HOSSAIN, M. J.; POTA H. R. **Impact of Distributed Generation and Series Compensation on Distribution Network**, 2013.

PERERA, B.A.P. Thilak Kumara. **Embedded Generation Impacts to Medium Voltage Distribution Network and Mitigation Techiniques**, 2009.

TENÓRIO, A.R.M; JEKINS, N. **Investigation of the TCSC as a Fault Limiter**, 1997.

ZAMPELLIN, Leonardo**. Regulação de Tensão Utilizando Compensador Série Controlado a Tiristores para Sistemas de Distribuição**, 2014.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

MODELAGEM DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE DE UMA SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

EMERSON FELIPE ARAÚJO MAGALHÃES[1]; JOSÉ ARNÓBIO DE ARAÚJO JÚNIOR[1]; MARCUS VINÍCIUS AMERICANO DA COSTA FILHO[2]; ROBSON DA SILVA MAGALHÃES[3]
1 – INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, ESCOLA POLITÉCNICA; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA
emerson.ifal@gmail.com; arnobio.ifal@gmail.com

Resumo ***- O sistema elétrico de potência é um sistema completamente interligado, onde um distúrbio em um ponto qualquer do sistema pode repercutir em outros pontos, afetando a qualidade do serviço. Assim, é notória a crescente busca por melhoria contínua dos indicadores de continuidade de energia. Este artigo, através da análise das principais causas de falta de energia elétrica, registradas nos anos de 2013 e 2014, considerando-se a subestação de distribuição de uma concessionária da Região Nordeste, realizará a modelagem, utilizando-se uma estrutura de modelo baseada em Redes Neurais Artificiais. O modelo obtido caracteriza-se como uma ferramenta para a concessionária calcular os indicadores de continuidade que são controlados pela ANEEL. Esses indicadores são o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). O cálculo desses indicadores leva em consideração a quantidade de falhas que ocorrem em um determinado período como também o tempo despendido para a correção dessas falhas. O estudo apresentou um resultado bastante significativo, onde a concessionária poderá, rapidamente, realizar a predição do DEC e do FEC de um determinado mês e agir diretamente nos alimentadores e nos modos de falhas que contribuíram para o aumento desses indicadores, bloqueando a possibilidade de que esses indicadores ultrapassem os valores atribuídos pela ANEEL.***

Palavras-chave: Indicadores de continuidade. Redes neurais artificiais. Interrupções de energia elétrica.

I. INTRODUÇÃO

Diante dos inúmeros problemas que o setor elétrico brasileiro vem sofrendo ao longo dos tempos, o maior deles está relacionado às constantes falhas no sistema de distribuição de energia elétrica. Essas constantes paradas não programadas vêm acarretando a aplicação de diversas multas às concessionárias devido ao não cumprimento contratual dos indicadores de continuidade impostos pela a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Anualmente, a ANEEL estabelece metas a serem cumpridas para cada conjunto ou subestação de energia elétrica. Essas metas levam em consideração a quantidade de tempo e o número de interrupções no fornecimento de energia elétrica. É a partir dessas metas que as concessionárias deveriam realizar um estudo, definindo em quais alimentadores e subestações estão acontecendo os problemas. É necessário identificar e quantificar quais são os modos de falha que ocorrem, pois, a partir dessas informações, pode-se estabelecer a política correta para a manutenção, tendo-se como consequência a redução dos indicadores que comprometem a qualidade.

Segundo o PRODIST (2015), os indicadores de continuidade definidos pela ANEEL, para cada Concessionária de Energia Elétrica do Brasil, são denominados DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), e tem como finalidade principal, garantir e medir a qualidade do serviço prestado pelas Concessionárias.

O estudo proposto neste artigo busca ajudar as concessionárias através da modelagem dos dois indicadores exigidos pela ANEEL. A análise será realizada a partir dos modos de falhas que ocorrem no sistema, deixando mais claro quais são as falhas que contribuem significativamente para o aumento desses indicadores. Pessanha; Souza; Laurencel (2007) ressaltam que a melhoria e a continuidade do fornecimento e distribuição de energia elétrica implicam em minimizar os níveis médios dos indicadores DEC e FEC, já que estes indicadores são inversamente proporcionais à qualidade.

Um elemento motivador para o desenvolvimento desse trabalho foram os resultados apresentados anualmente pela ANEEL (DEC e FEC), em níveis acima dos esperados. As publicações desses resultados têm como base o indicador de desempenho global de continuidade, que leva em conta o tempo em que o consumidor fica sem energia elétrica (ANEEL, 2015a). Os modelos desenvolvidos neste trabalho têm a finalidade de auxiliar a concessionária a calcular mais facilmente, de forma preditiva, os indicadores DEC e FEC. A estrutura de modelo, aqui proposta, está baseada no uso de Redes Neurais Artificiais, e considera as características particulares da subestação.

Tendo em vista o registro das falhas ocorridas na subestação em análise, o trabalho foi desenvolvido a partir do tratamento dos dados registrados durante os anos de 2013 e 2014. Visando a construção e o treinamento dos modelos baseados em Redes Neurais Artificiais. Os dados foram organizados conforme os modos de falhas observados no sistema. Os modelos obtidos foram aplicados para a análise do conjunto de dados.

II. INDICADORES DE CONTINUIDADE

De acordo com o Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico

ISSN 1809-3957

Nacional – PRODIST (2015), o cálculo do DEC se baseia no número total de horas em que, na média, as unidades consumidoras de determinado conjunto (subestação) ficaram sem energia elétrica, durante um determinado período: mensal, trimestral ou anual. O FEC se baseia no número de vezes em que, na média, as unidades consumidoras de determinado conjunto sofreram interrupções.

Segundo o PRODIST (2015), esses dois indicadores são calculados pelas Equações (1) e (2), respectivamente:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc} \quad (1)$$

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc} \quad (2)$$

Onde:

DEC = duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em horas;

DIC = duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas;

FEC = frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em número de interrupções;

FIC = frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em número de interrupções;

i = índice das unidades consumidoras atendidas em Baixa Tensão (BT) ou Média Tensão (MT) faturadas em todo o conjunto;

Cc = número total de unidades consumidoras faturadas em todo o conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT.

O DIC e o FIC são calculados pelas Equações (3) e (4), respectivamente:

$$DIC = \sum_{i=1}^{n} t(i) \quad (3)$$

$$FIC = n \quad (4)$$

Onde:

DIC = duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas;

FIC = frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em número de interrupções;

i = índice de interrupções da unidade consumidora no período de apuração, variando de 1 a n;

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

t(i) = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão, no período de apuração;

O tempo total para contabilizar o DEC, inclui o tempo de preparação das equipes, o tempo de deslocamento e o tempo de execução da própria manutenção.

Os indicadores DEC e FEC, embora estejam associados com interrupções intempestivas e que não sejam diretamente controladas pelas concessionárias, dependem, substancialmente, das práticas adotadas no planejamento, na operação e na gestão da rede de distribuição (PESSANHA; SOUZA; LAURENCEL, 2007).

Uma dessas situações, em que se pode observar claramente essa dependência, encontra-se nos sistemas aéreos de distribuição de energia, que são predominantes na maioria dos países, devido ao baixo custo, embora não sejam tão confiáveis. Essas redes aéreas são facilmente danificadas, seja pela vegetação que cresce ao seu entorno, por incêndios, raios ou acidentes. Enfim, todas as ocorrências que causam, direta ou indiretamente, um curto-circuito ou uma sobrecarga entre os condutores, provocando a interrupção no fornecimento de energia, diminuem os padrões de confiabilidade das empresas distribuidoras (APOLINARIO; MANTOVANI, 2011).

Na Tabela 1, ANEEL (2015b), encontram-se exemplos de algumas subestações da região Nordeste. Nas colunas DEC APURADO e FEC APURADO estão os indicadores registrados durante o ano de 2014, e nas colunas DEC ANEEL e FEC ANEEL estão os valores máximos estabelecidos para esses indicadores registrados. Uma ocorrência de um valor registrado maior do que um valor máximo estabelecido se desdobra em uma multa para a concessionária.

Tabela 1 – Indicadores de continuidade de algumas subestações do Nordeste em 2014.

Subestação	DEC Apurado	DEC ANEEL	FEC Apurado	FEC ANEEL
Açu - RN	17,98	15,00	9,77	14,00
Pina - PE	19,31	10,00	9,72	9,00
Conde - BA	40,36	23,00	9,20	14,00

III. MÉTODO PROPOSTO PARA MODELAGEM E ANÁLISE

Base de dados

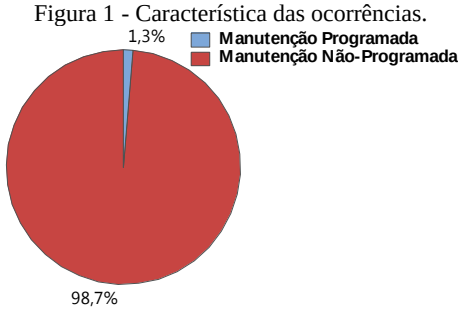
As modelagens do DEC e do FEC foram iniciadas através das análises das medições feitas em uma subestação de distribuição de energia elétrica da região Nordeste. Para os anos de 2013 e 2014, os dados mensais foram analisados em todos os alimentadores da subestação, a fim de organizá-los, tomando conhecimento dos modos de falha desse sistema elétrico.

A análise dos dados levou em consideração todos os modos de falhas que causaram as faltas de energia nos alimentadores, quantificando o tempo e o número das interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Durante a coleta dos dados utilizados para a realização da modelagem, ficou-se sabendo que as equipes de manutenção não executam a manutenção preventiva. A equipe de manutenção opera, quase que inteiramente, com a manutenção corretiva, ou seja, atua quando ocorre uma falha no sistema.

A CHESP (2005) considera que a falta de energia elétrica pode ter três origens básicas: interrupção programada, interrupção acidental e defeito na instalação elétrica. Portanto, para a análise dos dados, foi considerado que as interrupções acidentais e os defeitos na rede elétrica da subestação são ocorrências não programadas. A análise dos dados (Figura 1) demonstra que 98,7% das ocorrências na subestação são por ocorrência não programadas.

Figura 1 - Característica das ocorrências.



ISSN 1809-3957

Os modos de falha em função das quantidades das ocorrências e da quantidade total de horas em manutenção que foram coletados, do período de 01/01/2013 a 31/12/2014, chegaram a um total de 7500 ocorrências. Essas ocorrências representam que milhares de consumidores ficaram sem o fornecimento de energia elétrica por algum tempo.

As 7500 ocorrências nos alimentadores da subestação em estudo, foram classificadas em 57 modos de falhas para que se pudesse realizar uma análise mais detalhada dos problemas. As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, o perfil da subestação em relação aos 10 principais modos de falha em função das quantidades das ocorrências e da quantidade total de horas em manutenção.

Figura 2 - Quantidade de falhas em 2013 e 2014 na subestação em estudo.

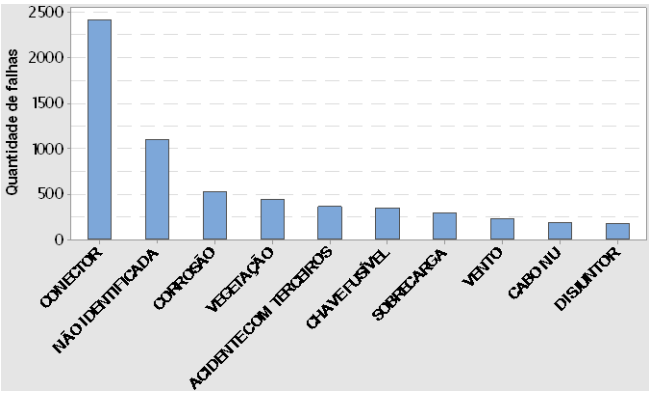
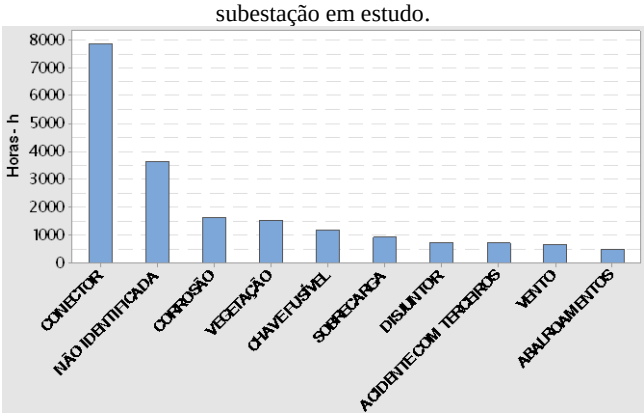


Figura 3 - Quantidade de horas por falhas em 2013 e 2014 na subestação em estudo.



Após a análise dos dados das falhas ocorridas na subestação, os modelos foram desenvolvidos utilizando-se conceitos empíricos e fenomenológicos.

As variáveis de entrada, para os modelos DEC e FEC, possuem características que dependem de valores dinâmicos e contínuos, pois os valores de tensão, de corrente e de potência elétrica variam conforme ocorre o consumo de energia elétrica na rede de distribuição, ocasionando assim alguns modos de falhas.

Como forma de registro, na Tabela 2 encontram-se os valores de DEC e os valores de FEC para a subestação em estudo. Dados relativos aos anos de 2013 e 2014 (ANEEL, 2015b).

Tabela 2 – Indicadores de continuidade de 2013 e 2014.

Ano	DEC Apurado	DEC ANEEL	FEC Apurado	FEC ANEEL
2013	42,04	17,00	27,28	16,00
2014	32,43	17,00	23,86	15,00

Estrutura do modelo

As Equações (1) e (2), aplicadas para calcular o DEC e o FEC, não levam em consideração as caraterísticas próprias de cada subestação, pois calculam os indicadores DEC e FEC tendo como denominador o número total de consumidores afetados pelas falhas ocorridas em um determinado período (PRODIST, 2015). Portanto, os denominadores dessas equações não levam em consideração as características dos sistemas de distribuição. Para a concessionária, responsável pela distribuição, essas equações não contribuem para uma análise de causa e efeito, ou seja, não indicam quais são os modos de falhas que são mais incidentes em seu sistema elétrico, e que estão contribuindo para o aumento dos indicadores DEC e FEC. A partir da classificação dos modos de falhas, a concessionária poderá ter a percepção de quais são as falhas e o quanto essas falhas contribuem para o aumento dos indicadores de continuidade DEC e FEC.

Tronchoni *et al.* (2010), afirma que a correta identificação da causa raiz, ou causa primária da falha, é tão ou mais importante do que o próprio restabelecimento da rede elétrica, pois, muitas vezes, permite denunciar a recorrência de um conjunto de causas que podem estar provocando a degradação acelerada da rede e, consequentemente, o aumento dos indicadores de continuidade, DEC e FEC. Para Sardeto (1999) *apud* Velasco; Lima; Couto (2006), um dos principais agravantes para a ocorrência de faltas em uma rede elétrica aérea é decorrente da sua forma construtiva, pois ela fica totalmente desprotegida das influências do meio ambiente, apresentando altas taxas de falhas, já que, em sua maioria, os condutores são nus, podendo provocar o desligamento total ou parcial da rede elétrica.

De acordo com Rausand e Oien (1996) *apud* Alves *et al.*(2006), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade da rede elétrica, sendo a falha definida como o término da habilidade de um item ou equipamento para o desempenho de uma requerida função no sistema elétrico.

Na análise dos dados e no desenvolvimento dos modelos, utilizou-se o software Matlab®. Esse software constitui-se como uma poderosa ferramenta para o auxílio na resolução de problemas matemáticos, com um amplo pacote de ferramentas gráficas avançadas e *toolboxes* específicos. A construção dos modelos empíricos para o DEC e o FEC foi baseada na utilização de Redes Neurais Artificiais.

A modelagem do DEC foi desenvolvida a partir do conjunto de dados em que a entrada foi estabelecida como a quantidade de horas de cada falha. Para o FEC, a partir do conjunto de dados em que a entrada foi estabelecida como a quantidade de falhas. A base de dados aplicada aos modelos considerou os dois anos estudados (2013 e 2014).

As Redes Neurais Artificiais são sistemas computacionais estruturados com a capacidade de aprendizagem de padrões existentes em um conjunto de dados e com a capacidade de generalização (MENEZES, 2011).

Entre as características que melhor explanam o potencial das Redes Neurais, sobressaem-se a adaptabilidade, o paralelismo, a multidisciplinaridade e a tolerância a falhas, o que proporciona uma ferramenta matemática potencial para as aplicações práticas e complexas (COELHO E MARIANI, 2006).

ISSN 1809-3957

A Figura 4 representa a estrutura de um neurônio artificial, utilizado para a criação das Redes Neurais Artificiais.

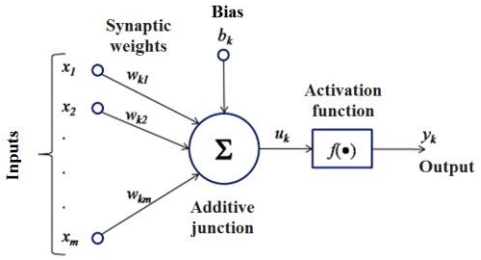


Figura 4 - Modelo de um neurônio artificial.

Segundo Lyra *et al.* (2010), o comportamento do neurônio apresentado na Figura 4, é descrito pelas Equações (5) e (6):

$$U_k = \sum_{j=1}^{n} w_{k,j}.x_j + b_k \quad (5)$$

$$y_k = f(u_k) \quad (6)$$

Onde:

U_k = saída do combinador linear;
$w_{k,j}$ = pesos sinápticos;
x_j = entradas;
b_k = bias;
y_k = sinal de saída do neurônio k;
$f(u_k)$ = função de ativação.

Simulação com o modelo

Após o tratamento das 7500 ocorrências de falhas registradas para a subestação analisada, os dados foram classificados entre os 57 modos de falhas observados. Como resultados dessa classificação, obteve-se 180 padrões. Um padrão pode ser caracterizado como o conjunto de entradas e saída.

Foram desenvolvidos dois modelos empíricos MISO (Multiple Input, Single Output), um para o DEC e um para o FEC. No treinamento dos modelos, foram aplicados os 180 padrões correspondentes aos anos de 2013 e 2014. Cada padrão é formado por 57 entradas (relacionadas ao modo de falha) e 1 saída (DEC ou FEC).

Para o desenvolvimento do modelo para o DEC e para o FEC, utilizou-se o software Matlab®, onde os modelos obtiveram resultados bastante satisfatórios. Estes resultados foram obtidos a partir de Redes Neurais Artificiais *feedforward* com duas camadas, sendo 12 neurônios na camada oculta. A topologia da rede foi obtida conforme o método Dynamic Division Method (DDM), que consiste na atribuição cíclica dos dados para o treinamento e para o conjunto de teste, utilizando arbitrariamente grande parte dos dados em cada ciclo de treinamento e os dados completos no conjunto de teste (MENDES *et al*., 2015).

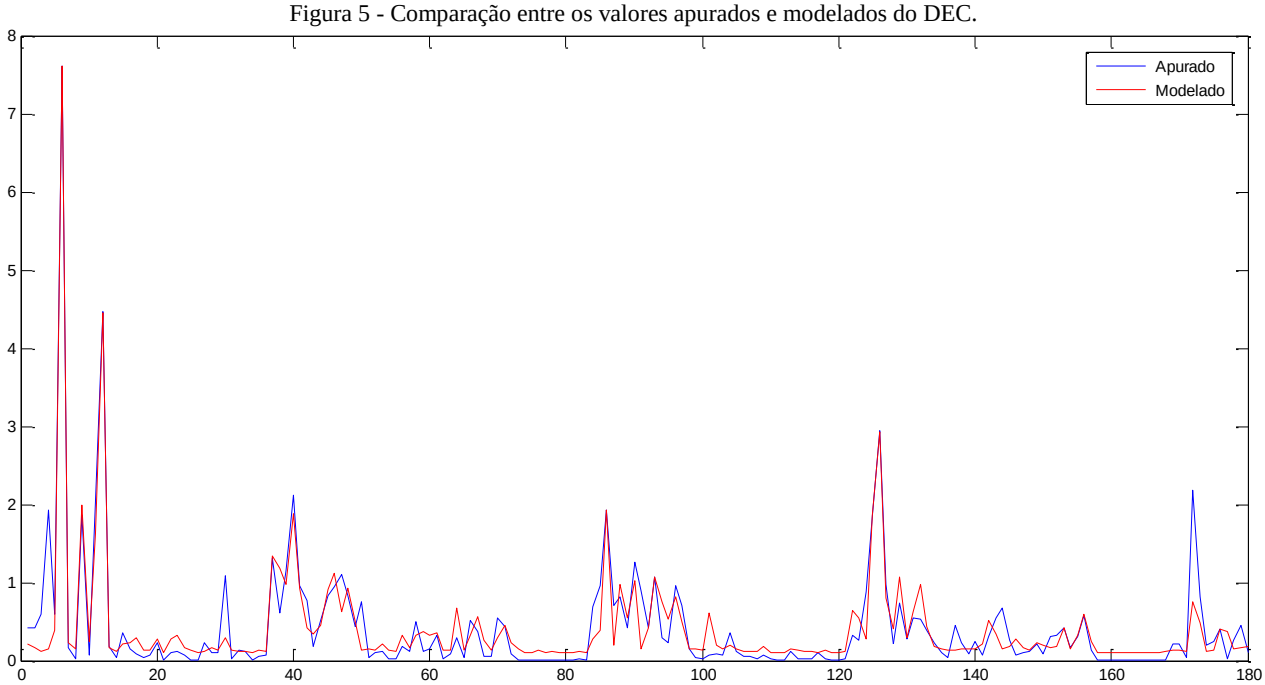
O método de aprendizagem aplicado foi o *backpropagation*, com 4000 épocas, e a função de ativação logsigmoidal na camada oculta e a função de ativação linear na camada de saída. As entradas foram normalizadas visando a aceleração do processo de aprendizagem e equalização das contribuições de cada uma das 57 entradas. Segundo Miranda e Ribeiro (2006), a vantagem da normalização das entradas consiste no fato de ela possibilitar que os pesos sejam atualizados proporcionalmente, assim as saídas não terão disparidades em relação às entradas.

A grande vantagem de se trabalhar com Redes Neurais Artificiais é que elas tem a capacidade de realizar mapeamentos não-lineares complexos, adaptando-se a não-linearidades que existem em padrões de comportamento de um sistema (MAGALHÃES *et al*., 2013).

No processo de treinamento da rede neural, o algoritmo *backpropagation* busca minimizar o erro entre a saída obtida pela rede e a saída desejada e, para tal, usa o método do gradiente descendente. Os erros determinados para as unidades da camada de saída e camadas intermediárias são então usados para reajustar os valores dos pesos e *bias* de cada unidade, respeitando a topologia da rede em análise (OLESKOVICZ; COURY; AGGARWAL, 2003).

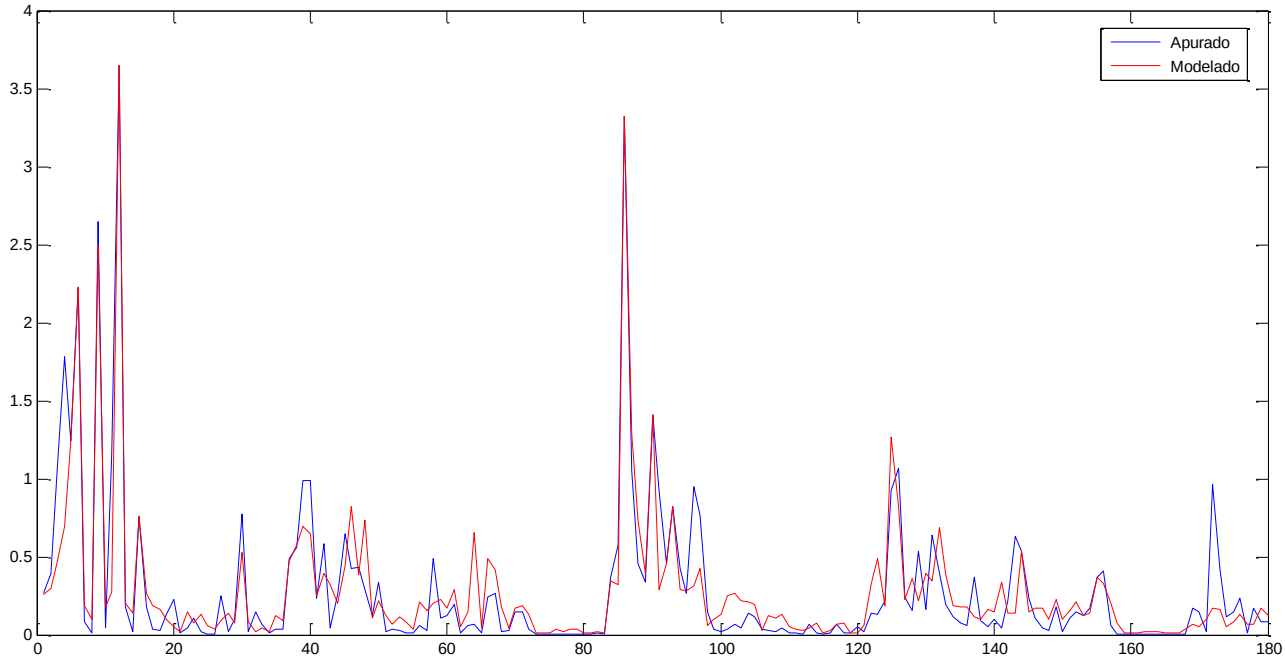
Após a conclusão do treinamento da rede neural, foram aplicados aos modelos obtidos os conjuntos de dados disponíveis. As saídas obtidas pelas redes neurais foram comparadas as saídas desejadas (valores apurados – Tabela 2). Os resultados podem ser observados nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Comparação entre os valores apurados e modelados do DEC.



ISSN 1809-3957

Figura 6 - Comparação entre os valores apurados e modelados do FEC.



IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a criação dos modelos, percebeu-se que eles possuíam um bom ajuste. Os gráficos de dispersão para o DEC e para o FEC estão representados, respectivamente, pelas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Comparação entre os valores apurados e modelados do DEC.

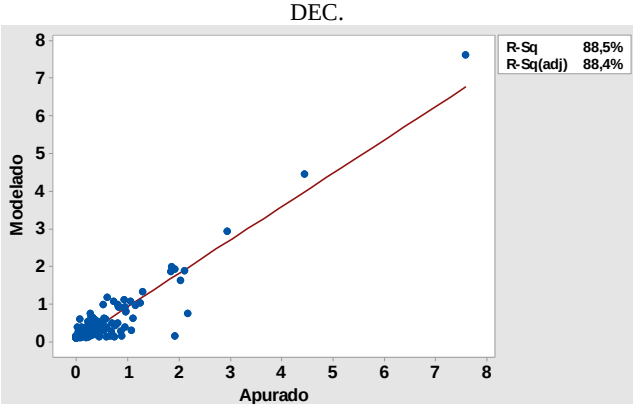
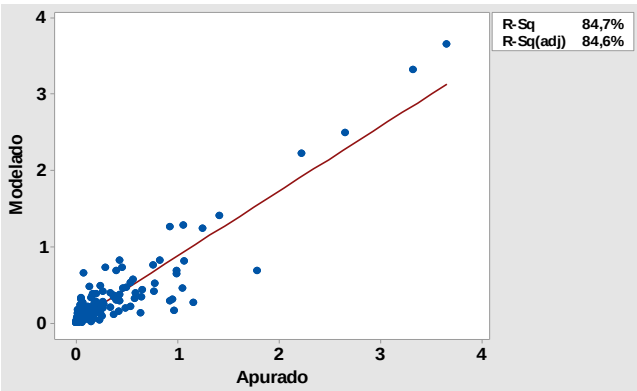


Figura 8 - Comparação entre os valores apurados e modelados do FEC.



Os gráficos das Figuras 7 e 8 evidenciam os padrões de dispersão dos valores apurados e da saída dos modelos, demonstrando que a correlação linear entre as saídas é excelente. Segundo Larson e Farber (2010), existe correlação linear entre duas variáveis quando uma variável aumenta, a outra tende a aumentar também, e seus pares ordenados formam uma reta ascendente.

Johnson e Wichern (2002), afirmam também que para saber se um modelo possui uma boa representatividade, deve-se utilizar o R^2 (coeficiente de determinação) como medida de ajustamento do modelo, onde quanto mais próximo de 1 ou 100%, melhor será essa característica. Assim, os modelos para o DEC e para o FEC, possuem essa propriedade, pois o DEC teve um R^2 de 88,5% e o FEC obteve um R^2 de 84,7%.

Montgomery, Runger e Hubele (2004) relatam que altos valores de R^2 significam boa correlação linear entre as variáveis analisadas (Figuras 7 e 8), confirmando assim, que os modelos desenvolvidos podem ser utilizados para a predição dos indicadores de continuidade que a ANEEL exige à concessionária. Desta forma, a subestação em estudo poderá programar suas atividades de manutenções preventivas com maior facilidade, distinguindo quais são as falhas que contribuem para o aumento dos indicadores DEC e FEC.

V. CONCLUSÃO

As Redes Neurais Artificiais foram exploradas para desenvolver os modelos de predição dos indicadores DEC e FEC. Os modelos obtidos permitem que a concessionária calcule esses indicadores de uma forma mais simples e objetiva. O conhecimento prévio da sensibilidade dos indicadores de continuidade aos modos de falha, permite que sejam priorizadas as ações de bloqueio sobre as falhas que estão contribuindo para o aumento do DEC e do FEC.

A programação das manutenções preventivas, consequência da utilização dos modelos propostos, será significante. Pois a concessionária reduzirá a incidência de multas devido à prevenção de faltas no sistema elétrico.

Para a utilização das Equações (1) e (2), requer-se mais recursos, pois os dados de cada falha precisam ser calculados individualmente pelas Equações (3) e (4); além de se ter que levar em consideração o número de unidades consumidoras. Essa informação requer uma continua

ISSN 1809-3957

atualização da base de dados, já que o número total de unidades consumidoras está em constante oscilação. As Equações (1) e (2) não levam em consideração os possíveis modos de falhas que podem ocorrer no sistema elétrico da subestação estudada, não possibilitando uma priorização de bloqueio para os modos de falha de maior impacto. O modelo proposto permite esse tipo de análise.

O trabalho trouxe um resultado bastante significativo quando propõe a predição do DEC e do FEC utilizando-se um modelo. Os resultados apresentaram consistência, portanto, pode-se fazer o mesmo estudo com outras subestações, não só da mesma concessionária, como também de outras que necessitem realizar a predição de seus indicadores de continuidade, considerando as suas características.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.; Leal, F.; PINHO, A. P.; FAGUNDES, L. D. **Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação**. Revista Produção, v. 16, n. 1, p. 171-188. 2006

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica. Indicador de Desempenho Global de Continuidade**. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto .cfm?idtxt=1971. Acesso em 21 abr 2015. 2015a.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica. Indicadores de Continuidade**. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/indicadores_de_qualidade/pesquisa.cfm?regiao=NE. Acesso em 22 abr 2015. 2015b.

APOLINARIO, L. A. V. e MANTOVANI, J. R. S. **Modelo de programação matemática para controle do crescimento da vegetação sob redes de distribuição de energia elétrica**, *Sba Controle & Automação* [online], vol.22, n.3, pp. 284-295. ISSN 0103-1759. 2011.

CHESP. **Companhia Hidrelétrica de São Patrício. Manual do Consumidor**. Disponível em: http://www.chesp.com.br/manual/manual.htm. Acesso em 15 abr 2015. 2005.

COELHO, L. dos S.; MARIANI, V. C. **Sistema híbrido neuro-evolutivo aplicado ao controle de um processo multivariável**, Revista Controle & Automação, 17, 32-48. 2006.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 767p. 2002.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 4 Ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo. 2010.

LYRA, G. B.; CECILIO, R. A.; ZANETTI, S. S. **Coeficiente de rugosidade de Manning para o rio Paracatu**. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental.* [online]. Vol.14, n.4, pp. 343-350. ISSN 1807-1929. 2010.

MAGALHÃES, R. S.; FONTES, C. H. O.; ALMEIDA, L. A. L; EMBIRUÇU, M. **Identification of Artificial Neural Network Models for Three-Dimensional Simulation of a Vibration-Acoustic Dynamic System**. Open Journal of Acoustics, v. 3, p. 14. 2013.

MENDES, C.; MAGALHÃES, R. S.; ESQUERRE, K.; QUEIROZ, L. M. **Artificial Neural Network Modeling for Predicting Organic Matter in a Full-Scale Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor**. *Environmental Modeling & Assessment*, p.1-11. 2015.

MENEZES, F. C. **Uso de redes neurais artificiais na predição da dosagem do sulfato de alumínio e do hidróxido de sódio no processo de coagulação**. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2011.

MIRANDA, F. L. N.; RIBEIRO, C. H. C. **Extração automática de mapas de atributos baseada em técnica bayesiana para localização de robôs móveis**. *Sba Controle & Automação* [online]. vol.17, n.4, pp. 391-408. ISSN 0103-1759. 2006.

MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C.; HUBELE, N.F. **Estatística Aplicada à Engenharia**. 2 ed.: Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC, pp. 203-204. 2004.

OLESKOVICZ, M.; COURY, D. V.; AGGARWAL, R. K. **O emprego de redes neurais artificiais na detecção, classificação e localização de faltas em linhas de transmissão**. *Sba Controle & Automação* [online]. vol.14, n.2, pp. 138-150. ISSN 0103-1759. 2003.

PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C.; LAURENCEL, L. C. **Um modelo de análise envoltória de dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica.** Pesquisa Operacional, vol.27(1), p.51. 2007.

PRODIST. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8_Revis%C3%A3o_6_Retifica%C3%A7%C3%A3o_1.pdf. Acesso em 27 abr 2015. 2015.

RAUSAND, M. & OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis**. Reliability Engineering and System Safety, n. 53, p. 73-83. 1996.

SARDETO, E. **Avaliação técnica, econômica e de impacto ambiental da implantação das redes compactas protegidas em Maringá**, 1999. 71f. Monografia (Especialização) . Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

TRONCHONI, A. B.; PRETTO, C. O.; ROSA, M. A.; LEMOS, F. A. B. **Descoberta de conhecimento em base de dados de eventos de desligamentos de empresas de distribuição**. *Sba Controle & Automação [online]*. vol.21, n.2, pp. 185-200. ISSN 0103-1759. 2010.

VELASCO, G. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. **Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana.** Revista Árvore, v.30, n. 4, p. 679-686. 2006.

VII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PLANEJAMENTO ENERGÉTICO A LONGO PRAZO DE SISTEMAS HIDROELÉTRICOS DE GERAÇÃO

ANDRESSA PEREIRA OLIVEIRA[1]; LUCIANA MARTINEZ[1]
1 –UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
andressap.ee@hotmail.com

Resumo ***- Este artigo apresenta a aplicação do método dos pontos interiores para o problema de otimização do planejamento da operação energética de sistemas hidrotérmicos de geração. O método proposto é aplicado no planejamento da operação de um parque gerador de energia elétrica com características próximas de um modelo real, constituído de uma usina térmica, uma usina hidroelétrica e com possibilidade de importação de energia de um sistema vizinho. Os resultados, obtidos com a implementação do método dos pontos interiores, são comparados com os resultados obtidos por duas outras abordagens de otimização utilizadas na solução de tal problema: o método do Gradiente Reduzido e um modelo de rede neural específico para a solução de problemas de otimização.***

Palavras-chave: Planejamento Energético. Geração. Método dos Pontos Interiores.

I. INTRODUÇÃO

Um sistema energético é um sistema constituído com a finalidade de prover a energia útil para diversos setores da sociedade. O seu adequado funcionamento exige que decisões sejam constantemente tomadas, tanto por setores individuais como institucionais da sociedade. De uma forma geral, o planejamento de um sistema energético é um processo contínuo ao longo do tempo, o qual engloba diferentes etapas e horizontes de planejamento, assim como constantes atualizações de dados e decisões. No caso de sistemas de potência, o planejamento envolve vários agentes de geração, transmissão e distribuição. Neste tipo de planejamento, são frequentes as realimentações e os ajustes entre os mecanismos de atuação a curto, médio e longo prazos (BAJAY, 1989).

O planejamento da operação energética de um sistema de geração de energia elétrica busca determinar unidades geradoras e os respectivos níveis de geração que devem ser utilizados no atendimento à demanda de energia elétrica em cada intervalo de planejamento, de forma que o custo operativo associado ao uso dessas unidades seja minimizado e as restrições operativas relacionadas às unidades geradoras sejam levadas em consideração (MARTINEZ e SOARES, 2001).

O planejamento da operação energética considera horizontes de 5 a 10 anos, sendo baseado em dados mensais. Em geral, o problema é formulado como um problema de otimização não linear e resolvido por algoritmos especializados, como é o caso da Programação Dinâmica Estocástica em suas diferentes abordagens, como a consideração de modelo equivalente (ARVANITIDS e ROSING, 1970), (CRUZ e SOARES, 1996) e a Programação Dinâmica Estocástica Dual, baseada na decomposição de Benders, (PEREIRA e PINTO, 1985), (BRAGA *et al*., 1991) ou ainda as abordagens de otimização determinística baseada em previsões dos dados aleatórios (ROSENTHAL, 1981), (LYRA, 1984), (SOARES e CARNEIRO, 1991), (MANTAWY *et al.*, 2003) ou mesmo o uso de algoritmos evolutivos (GIL *et al*., 2003).

O método de pontos interiores (WRIGHT, 1997), (NOCEDAL, 2006) tem sido reconhecido como uma ferramenta numérica de grande potencial para resolver problemas de otimização não lineares, como é o caso do problema de planejamento energético.

Em Simba (1998) o método de pontos interiores primal-dual é aplicado ao problema de planejamento energético, considerando-se usinas individualizadas. A modelagem representa os efeitos da variação da altura de queda das usinas hidráulicas através de restrições não-lineares. Em Martins (2009), um método de pontos interiores é proposto para a solução do problema de planejamento energético a longo prazo. Técnicas de exploração da esparsidade da matriz do problema e procedimentos heurísticos são considerados no cálculo da direção de busca do método. Em Azevedo e Soares (2009) o problema de planejamento energético é resolvido levando-se em consideração as restrições de fluxo de intercâmbio energético entre os subsistemas.

Em Zambelli (2013), um estudo de caso é realizado com aplicação de um modelo de controle preditivo, solucionado pelo método dos pontos interiores, no planejamento hidrotérmico a longo prazo de sistemas do setor elétrico brasileiro. Os resultados foram comparados com os fornecidos pelo modelo de planejamento utilizado pelo setor elétrico brasileiro e as comparações mostraram decaimento substancial em custos da operação e escassez de carga esperados.

Neste trabalho, o método dos pontos interiores (abordagem determinística baseada em previsão de vazões) é proposto como metodologia de otimização para o problema de planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de geração de energia elétrica. O método implementado é aplicado na solução de um problema referente ao planejamento de um parque fictício gerador de energia elétrica, com características próximas ao modelo real, sendo constituído de uma usina térmica, uma usina hidroelétrica e com possibilidade de importação de energia de um sistema vizinho. Os resultados obtidos são comparados os obtidos por duas outras abordagens de otimização, utilizadas na solução de tal problema: o método do Gradiente Reduzido e um modelo de rede neural específico para a solução de problemas de otimização.

O trabalho está organizado como segue: Na seção II é apresentada uma breve introdução sobre as diferentes metodologias utilizadas na otimização do problema de planejamento energético a longo prazo; na seção III é

ISSN 1809-3957

apresentado o método dos pontos interiores aqui utilizado na solução do problema; na seção IV é apresentada a formulação do problema de planejamento para o parque gerador considerado; na seção V são apresentados os resultados obtidos e na seção VI são apresentadas conclusões sobre o estudo realizado.

II. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO A LONGO PRAZO

Planejamento energético a longo prazo de sistemas de geração de energia é um problema de otimização complexo. Trata-se de um problema estocástico, devido à aleatoriedade associada aos dados de vazões afluentes às usinas hidroelétricas do sistema e ao mercado de energia a ser atendido, com acoplamento temporal, e não linear, já que as funções de produção hidráulica das usinas e custo de produção do sistema são não lineares. No caso particular do sistema brasileiro, composto por grandes bacias interligadas e grande número de reservatórios de capacidade de regularização plurianual, esta complexidade é ainda mais acentuada.

A Programação Dinâmica Estocástica (PDE) (BELLMAN, 1962) por várias décadas vem sendo amplamente aplicada na solução de problemas de planejamento energético da operação de sistemas hidroelétricos de geração. Sua aplicabilidade é atribuída à facilidade com que esta abordagem incorpora em sua formulação aspectos estocásticos e não lineares do problema. A técnica de PDE tem ainda a vantagem de decompor problemas complexos em uma série de problemas que são resolvidos recursivamente, sob a hipótese de que o custo funcional de cada estágio satisfaz a condição de separabilidade.

A principal limitação da PDE é que o esforço computacional exigido por esta abordagem cresce exponencialmente com o número de variáveis de estado do problema. No planejamento energético, a dimensionalidade associada à PDE pode tornar o problema intratável, mesmo para um pequeno número de usinas hidroelétricas (MARTINEZ e SOARES, 2001). Neste caso, várias abordagens têm sido sugeridas para superar o problema da dimensionalidade, incluindo a agregação do sistema hidroelétrico em modelo equivalente (ARVANITIDS e ROSING, 1970), (CRUZ e SOARES, 1996) e o uso da Programação Dinâmica Estocástica Dual (PDED), baseada na decomposição de Benders, (PEREIRA e PINTO, 1985), (BRAGA *et al*., 1991). O método proposto por Pereira e Pinto (1985) resultou no modelo denominado modelo Newave utilizado atualmente pelo setor elétrico brasileiro na determinação de estratégias de operação.

A otimização determinística surge como uma alternativa à PDE na otimização da operação a longo prazo de sistemas hidrotérmicos de geração, a qual é baseada na hipótese de afluências determinísticas (ROSENTHAL, 1981), (LYRA, 1984), (SOARES e CARNEIRO, 1991), (AZEVEDO, 2009). Na otimização determinística, a representação das usinas hidroelétricas do sistema pode ser feita detalhadamente, considerando individualmente suas características não lineares de produção e restrições operacionais. A principal característica deste tipo de metodologia é que a mesma pode ser aplicada sem simplificações a sistemas constituídos por múltiplas usinas hidroelétricas.

Em estudos realizados com dados do sistema elétrico brasileiro em sistemas constituídos de reservatórios únicos, (SILVA, 1999) mostrou que a política baseada em otimização determinística apresenta solução muito próxima da abordagem de PDE, com a vantagem de manter maiores níveis de armazenamento no sistema. No entanto, o estudo realizado foi restrito ao período de operação de apenas 12 meses.

Martinez e Soares (2001) apresentaram uma comparação entre a abordagem determinística e a PDE, ambas baseadas no modelo periódico auto-regressivo de ordem 1 para o planejamento da operação de usinas hidroelétricas do sistema brasileiro. Os resultados mostraram desempenho similar das duas abordagens. Ainda para o sistema brasileiro, diferentes conclusões foram apresentadas em Araripe (1985). Neste caso, foram comparados o método da curva limite e abordagens estocásticas e determinísticas baseadas em um modelo periódico auto-regressivo de ordem 1. A comparação envolveu a operação de um único reservatório equivalente representando o sistema Sul/Sudeste. Os resultados mostraram que o desempenho da otimização determinística pode depender do sistema hidroelétrico considerado, embora os autores tenham admitido que o trabalho não constituiu uma completa comparação entre as abordagens.

A seguir é apresentado o método de otimização aqui utilizado na solução da versão determinística do problema de planejamento energético.

III. MÉTODO DOS PONTOS INTERIORES

O Método dos Pontos Interiores (MPI) é um método de otimização que vem sendo muito aplicado na solução de problemas de programação linear e não linear, sendo considerado como um dos mais poderosos métodos em problemas de grande porte, em especial em programação não linear (NOCEDAL, 2006).

Historicamente, em 1955 surgiu o primeiro MPI para problemas lineares, atribuído a Frisch (1955). O método foi exaustivamente estudado por Fiacco e Mc Cormick (1968). No final dos anos 90, uma nova geração de métodos e *software* emergiu e, com isso, o MPI para a programação não linear (NOCEDAL, 2006).

A teoria do MPI não linear tem como base:

- O Método de Barreiras, afim de tratar problemas de otimização não lineares com restrições de desigualdades como problemas com restrições de igualdade;
- As condições de otimalidade de Karush-Kuhn-Tucker (KKT), aplicadas ao problema de otimização, considerando-se a função Lagrangeana associada ao mesmo;
- A solução de um sistema de equações não lineares referentes às condições de otimalidade do problema.

Neste trabalho, o método de Newton é utilizado na solução do sistema de equações não lineares referentes às condições de otimalidade do problema.

A fim de apresentar a forma geral do MPI, seja um problema geral de otimização não linear restrito, representado da forma:

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} f(x) \qquad (1)$$

$$sujeito\ a \begin{cases} C_I(x) = 0, \\ C_D(x) \geq 0. \end{cases}$$

sendo,

ISSN 1809-3957

f representando a função objetivo;
$C_I \in \mathbb{R}^m$ representa o vetor de restrições de igualdade;
$C_D \in \mathbb{R}^p$ representa o vetor de restrições desigualdades;
$x \in \mathbb{R}^n$ representa a variável do problema.

O problema (1) pode ser reescrito da forma:

$$\min_{x,s} f(x) \quad (2a)$$

$$sujeito\ a \begin{cases} C_I(x) = 0, & (2b) \\ C_D(x) - s = 0, & (2c) \\ s \geq 0 & (2d) \end{cases}$$

$s \in \mathbb{R}^p$ é o vetor das variáveis de folga.

A fim de tratar o problema não linear e apenas restrições de igualdade, o Método de Barreiras é considerado no tratamento das variáveis de folga $s \in \mathbb{R}^p$:

$$\min_{x,s} f(x) - \mu \sum_{i=1}^{p} \log s_i \quad (3a)$$

$$sujeito\ a \begin{cases} C_I(x) = 0, & (3b) \\ C_D(x) - s = 0. & (3c) \end{cases}$$

As condições de Karush-Kuhn-Tucker para o problema (3) são representadas em (4):

$$\nabla f(x) - A_I^T(x)\, l - A_D^T(x) z = 0 \quad (4a)$$
$$Sz - \mu e = 0, \quad (4b)$$
$$C_I(x) = 0 \quad (4c)$$
$$C_D(x) - s = 0. \quad (4d)$$

Em que $A_I(x)$ e $A_D(x)$ são as matrizes Jacobianas das restrições de igualdade e desigualdade, respectivamente, os vetores $l \in \mathbb{R}^m$ e $z \in \mathbb{R}^p$ são os vetores multiplicadores de Lagrange associados às restrições do problema. $S \in \mathbb{R}^{pXp}$ e $Z \in \mathbb{R}^{pXp}$ são as matrizes diagonais formadas pelos vetores de s e z, respectivamente, sendo $e = (1, 1, \ldots, 1)^T$.

Aplicando o método de Newton para o sistema não linear (4), considerando-se as variáveis x, s, l e z, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \nabla^2_{xx}\mathcal{L} & 0 & -A_I^T(x) & -A_D^T(x) \\ 0 & Z & 0 & S \\ A_I(x) & 0 & 0 & 0 \\ A_D(x) & -I & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_s \\ p_l \\ p_z \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \nabla f(x) - A_I^T(x) l - A_D^T(x) z \\ Sz - \mu e \\ C_I(x) \\ C_D(x) - s \end{bmatrix} \quad (5)$$

Em que o $\mathcal{L}$ é a função Lagrangeana associada ao problema (3), representada por:

$$\mathcal{L}(x, s, l, z) = f(x) - \mu \sum_{i=1}^{p} \log s_i - l^T C_I(x) - z^T (c_D(x) - s). \quad (6)$$

O sistema (5), resolvido com base no método de Newton, é chamado de sistema primal-dual. De acordo com o método de Newton, uma vez determinado o passo $p = (p_x, p_s, p_l, p_z)$, o vetor solução (x^+, s^+, l^+, z^+) é atualizado como apresentado em (7) (NOCEDAL, 2006):

$$x^+ = x + \alpha_s^{max} p_x, \qquad s^+ = s + \alpha_s^{max} p_s, \quad (7a)$$
$$y^+ = y + \alpha_z^{max} p_l, \qquad z^+ = z + \alpha_z^{max} p_z, \quad (7b)$$

onde,

$$\alpha_s^{max} = max\{\alpha \in (0,1] : s + \alpha p_s \geq (1-\tau)s\}, \quad (7c)$$
$$\alpha_z^{max} = max\{\alpha \in (0,1] : z + \alpha p_z \geq (1-\tau)z\}, \quad (7d)$$

Com $\tau \in (0, 1)$. Um valor típico de τ é 0,995. A condições (7c) e (7d) evitam a rápida aproximação das variáveis s e z do limite de zero (NOCEDAL, 2006).

No problema apresentado em (3), o parâmetro de barreira (μ_k) é considerado fixo a cada iteração k, até que as condições de KKT sejam satisfeitas para alguma tolerância determinada. A atualização do parâmetro de barreira a cada iteração é feita de acordo com (8):

$$\mu_{k+1} = \sigma_k \mu_k, com\ \sigma_k \in (0,1). \quad (8)$$

O processo iterativo apresentado fornece a base do método dos pontos interiores. Várias modificações são propostas a fim de lidar com a não-linearidade e a não-convexidade, como pode ser visto em (NOCEDAL, 2006).

IV. APLICAÇÃO

Neste trabalho o MPI é proposto como método de otimização para o problema de planejamento energético. O MPI proposto e implementado foi aplicado na solução de uma versão simplificada do problema de planejamento energético. O problema considerado apresenta formulação e comportamento muito próximos do caso real de um sistema hidrotérmico de geração. Trata-se, neste caso, de um parque gerador de energia elétrica fictício, constituído de uma usina térmica, uma usina hidroelétrica e com a possibilidade de importação de energia de um sistema vizinho, formulado como o seguinte problema de programação não linear:

$$\min \sum_{t=1}^{T} \{\psi(g^t) + p^t . i^t\} - w . v(x^{T+1}) \quad (9)$$

Sujeito a:

$$h^t + g^t + i^t = d^t;\ t = 1, 2, \ldots T \quad (10)$$
$$h^t = f(x^t, u^t) \quad (11)$$
$$x^{t+1} = x^t + \gamma . (y^t - u^t) \quad (12)$$
$$p^t = a + b i^t \quad (13)$$
$$\underline{u} \leq u^t \leq \bar{u} \quad (14)$$
$$0 \leq g^t \leq \bar{g} \quad (15)$$
$$0 \leq i^t \leq \bar{i} \quad (16)$$
$$x^1\ dado \quad (17)$$

em que,
γ: 2,592 fator de conversão (m³/s) em [10^6/mês];
T: número de períodos (intervalos) de tempo;
g^t: geração térmica no período t, [MW médio];
ψ: função custo de geração térmica.
i^t: intercâmbio recebido no período t [MW médio];
p^t: tarifa de intercâmbio função do intercâmbio;
d^t: demanda de carga no período t [MW médio];
h^t: geração hidráulica no período t [MW médio];
f: função de produção hidráulica;
x^t: volume do reservatório no início do período t, [10^6 m³];
y^t: vazão afluente ao reservatório no período t [m³/s];
u^t: vazão turbinada pela hidroelétrica no período t [m³/s];
$\bar{u}$: limite máximo de turbinagem;
$\underline{u}$: limite mínimo de turbinagem;
$\bar{g}$: capacidade da térmica [MW médio];

ISSN 1809-3957

$\bar{i}$: capacidade máxima de intercâmbio [MW médio];
w: fator de penalização;
v: função de benefício futuro da água;

A função custo operacional é constituída pelo somatório do custo $\psi(\cdot)$ associado à geração térmica e do custo *p* associado ao intercâmbio de energia a partir de sistemas vizinhos. A função objetivo apresenta ainda um fator de penalização, *w*, associado ao estado final de armazenamento do reservatório, cujo objetivo é elevar o nível de armazenamento no final do período de planejamento. As restrições de igualdade (11) e (13) representam respectivamente função de geração hidráulica e intercâmbio de energia. As restrições de igualdade (10) e (12) representam respectivamente a soma total de energia atendendo a demanda e a equação de balanço hidráulico associada ao reservatório da usina hidráulica. Restrições operacionais nos valores de defluência, geração térmica e intercâmbio de energia são representada pelas canalizações (14), (15) e (16).

Os seguintes dados e funções foram consideradas (MARTINEZ, 1996):

Dados de geração térmica:

$$\psi(g^t) = 0{,}02.g^{t^2};\ \overline{g^t} = 1000\ MWmédio.$$

Dados de intercâmbio de energia:

$$p^t = a + b.i^t; a = 10; b = 0{,}04;$$
$$\overline{i^t} = 500\ MWmédio.$$

Dados de geração hidráulica:

$$h^t = f(x^t, u^t) = (k.u^t - 0{,}66 * 10^{-4}.u^{t^2});$$
$$k = 0{,}85 + 0{,}25 * 10^{-4}.x^t;$$
$$v(x^{T+1}) = 20.x^{T+1} - 0{,}66 * 10^{-3}(x^{T+1})^2$$
$$\underline{u^t} = 200\,\frac{m^3}{s};\ \overline{u^t} = 1500\,\frac{m^3}{s}; w = 1;$$
$$x^1 = 6000\ (10^6 m^3/s).$$

Os dados de vazão afluente y^t e demanda d^t de energia considerados são apresentados na Tabela 1, para o horizonte de otimização de 12 meses.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do MPI para a solução do problema (9)-(17) foi realizada utilizando-se o software MATLAB® em computador com processador Intel Core i5-2450 M, 2,50 GHz, 64 Bits.

Para o horizonte de otimização considerado (12 meses), as seguintes variáveis foram consideradas:

- 36 variáveis, representando i^t, x^t e u^t, para *t=1, ..., 12* em cada uma das variáveis;
- 12 variáveis l^t representando os multiplicadores de Lagrange associados às restrições de igualdade (12);
- 72 variáveis z^t representando os multiplicadores de Lagrange associados às restrições de desigualdade (14), (15) e (16).
- 72 variáveis s^t representando as variáveis de folga associadas às restrições de desigualdade (14), (15) e (16).

Desta forma, a matriz do sistema não linear representado em (5) tem dimensão 192x192 sendo o vetor *p* constituído de 192 elementos. A Figura 1 ilustra o sistema não linear formado pelas condições de KKT para o problema (9)-(17).

Vários testes foram considerados no processo de implementação e validação do MPI para o problema aqui considerado. 25 cenários diferentes foram considerados, onde além da variação da solução inicial, fixo em determinado valor ou randômicos (solução factível com valores das variáveis de intercâmbio i^t e defluência u^t gerados aleatoriamente dentro dos limites de canalização mínimo e máximo das mesmas), o parâmetro de barreira em alguns casos foi considerado fixo em valor unitário enquanto em outros, variável iterativamente, a fim de verificar a influência deste parâmetro no comportamento do MPI neste caso. Para os 25 cenários considerados, a tolerância de 10^{-4} foi considerada para o erro de convergência e quantidade máxima de iterações igual a 100.

Tabela 1- Vazão afluente ao reservatório e demanda de carga em cada período t.

Tempo (t)	Afluência em t - y^t (m^3/s)	Demanda em t - d^t (MWmédio)
1	762	1850
2	882	1880
3	708	2010
4	774	1980
5	949	1920
6	945	1860
7	819	1790
8	1050	1750
9	1376	1740
10	1066	1780
11	853	1820
12	926	1880

Figura 1- Representação da matriz do sistema não linear (condições de KKT para o problema).

Dentre os cenários considerados, 24 convergiram antes que o contador atingisse o número máximo de iterações e obtiveram erro menores do que a tolerância especificada. Somente em um dos cenários considerado, no qual a atualização do parâmetro de barreira utilizou σ=0,95, a quantidade máxima de iterações foi atingida. Vale observar que todos os cenários considerados apresentaram os mesmos resultados para as variáveis intercâmbio recebido i^t, volume do reservatório x^t e vazão turbinada pela hidroelétrica u^t, para *t=1, ...,12*, bem como para o valor da função objetivo.

Dentre os vários cenários considerados, alguns foram selecionados e apresentados na Tabela 2, com os respectivos valores de erro, tempo de execução (segundos) e número de iterações no processo de convergência do MPI. Vale observar que os vários testes realizados foram considerados importantes para análises do erro, tempo computacional e quantidade de iterações do algoritmo de MPI implementado. Algumas considerações:

ISSN 1809-3957

1) O cenário A apresenta menor quantidade de iterações dentre os cenários que utilizam o parâmetro de barreira fixo.

2) O cenário B apresenta o maior tempo computacional para os cenários que utilizaram o parâmetro de barreira fixo e, consequentemente, maior quantidade de iterações para a convergência, com erro menor do que a tolerância estabelecida.

3) Os cenários C e D são semelhantes nas soluções iniciais x^t, i^t e u^t, porém, diferentes valores de sigma são adotados na atualização do parâmetro de barreira: 0,8 e 0,95, respectivamente. Para o valor 0,8, o tempo computacional e quantidade de iterações para a convergência foram menores, conforme apresentado na Tabela 2. Enquanto que para o valor 0,95, o erro obtido não foi menor do que a tolerância 10^{-4}. Neste caso a convergência se deu pela quantidade máxima de iterações atingida (100 iterações).

4) O cenário D apresenta o maior tempo computacional e quantidade de iterações dentre os cenários que utilizaram o parâmetro de barreira. Para este cenário, o valor adotado na atualização do parâmetro de barreira, sigma, utilizado foi de 0,95.

5) Os cenários E e F apresentam semelhanças nos valores de erro e tempo computacional, apesar de terem soluções iniciais diferenciadas em fixa e randômica, respectivamente, e também apresentarem número de iterações diferentes.

6) O cenário G apresentou menor erro, menor tempo computacional e menor quantidade de iterações. Neste caso os valores de solução inicial i^t e u^t foram fixados em 250 [MW médios] e 600 [m^3/s] para $t=1, ...12$, respectivamente, e x^t determinado de acordo com (12); o valor de sigma na atualização do parâmetro de barreira foi considerado 0,2. Logo, assim como sugerido na literatura, o valor σ=0,2 mostrou-se bastante eficiente (Nocedal, 2006).

Tabela 2 – Alguns cenários utilizados na análise do MPI.

Cenário	Erro	Tempo (s)	Iteração de parada
A	7,87e-05	299	49
B	3,42e-05	334	64
C	8,34e-05	312	64
D	3,30e-04	359	100
E	8,34e-07	127	62
F	8,34e-07	127	64
G	5,96e-07	312	64

As Figuras 2 a 6 apresentam os valores de geração térmica, volume do reservatório, vazão turbinada pela hidroelétrica, intercâmbio de energia e geração hidráulica em cada período *t*, respectivamente, obtidos pelo MPI para o problema (9) – (17).

Com o objetivo de se analisar os resultados obtidos, os mesmos foram comparados com os obtidos por duas outras abordagens de otimização: Um modelo de rede neural artificial proposto em Martinez (1996) para a solução de problemas de otimização e o método de otimização do Gradiente Reduzido, também adotado em Martinez (1996) para a solução do problema. Figura 7 apresenta os valores da função objetivo para o problema, considerando-se as três diferentes abordagens. Nota-se que o método dos pontos interiores apresenta o valor menor para a função objetivo neste caso, o que evidencia a eficiência do MPI.

Figura 2 - Geração térmica obtida pelo MPI.

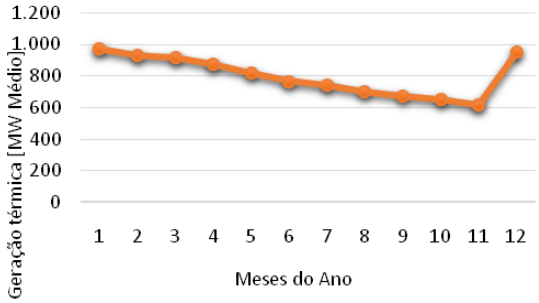


Figura 3 – Volume do reservatório obtida pelo MPI.

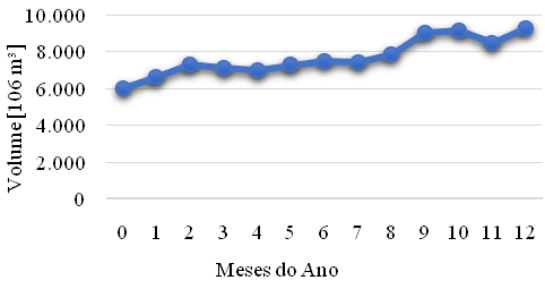


Figura 4 – Vazão turbinada obtida pelo MPI.

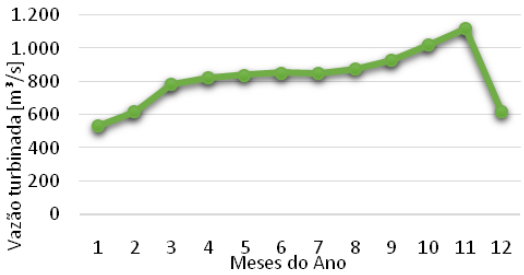


Figura 5 – Intercâmbio de energia obtida pelo MPI.

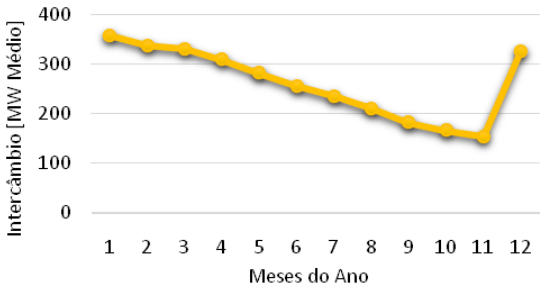
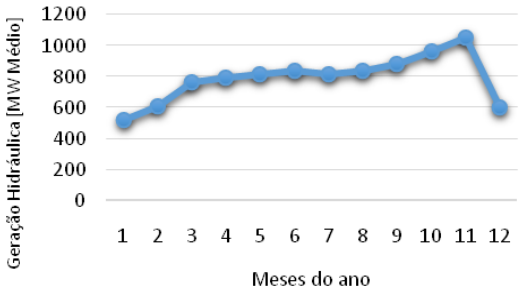
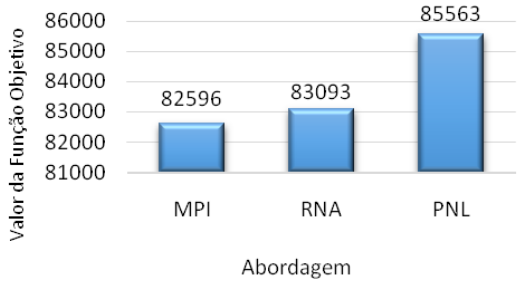


Figura 6 – Geração hidráulica de energia obtida pelo MPI.



ISSN 1809-3957

Figura 7 - Comparação dos valores para a função objetivo.



VI. CONCLUSÃO

Neste trabalho o método dos pontos interiores foi proposto como ferramenta de otimização para o problema de planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de geração de energia elétrica. O parque gerador considerado no estudo de casos apresenta formulação e comportamento muito próximos do caso real de um sistema hidrotérmico de geração. A solução obtida pelo método proposto foi comparada com soluções obtidas por outros dois métodos de otimização não lineares, demonstrando a eficiência da abordagem proposta.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo, A. T., L., O. A. R. e Soares, S. Interior point method for long-term generation scheduling of large-scale hydrothermal systems, **Journal Annals of Operations Research**, 169: pp. 55–80. 2009.

Araripe, N. T., Cotia, C. B., Pereira, M. V. e Kelman, J. Comparison of stochastic and deterministic approaches in hydrothermal generation scheduling, **IFAC Electric Energy Systems,** pp. 201-206. 1985.

Arvanitids, N. V. e Rosing, J., Composite representation of multireservoir hydroelectric power system, **IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems,** PAS89(2): pp. 319-326, 1970.

Bajay, S. **Planejamento energético regional: a experiência paulista à luz de práticas que a inspiram no exterior**, FINEP/UNESCO, Montevideo. 1989.

Bellman, R., **Dynamic programming**, Princeton University Press, Princeton – N. J., 1962.

Braga Jr., B. P. F., Yeh, W. W. – G., Becker, L. e Barros, M. T. L., Stochastic optimization of multiple-reservoir-system operation, **Journal of Water Resources Planning and Management**, 117(4): pp. 471-481, 1991.

Cruz Jr., G. e Soares, S., Non-Uniforme composite representation of hydroelectric systems for long-term hydrothermal scheduling, **IEEE Transactions on Power Systems**, 11(2): pp. 701-707, 1996.

Fiacco, A. e McCormick, G. **Nonlinear programming: sequential unconstrained minimization techniques**, Jonh Willey Sons, Inc. 1968.

Frisch, K. **The logarithmic potential method of convex programming**, University Institute of Economics, Oslo. 1955.

Gil, E., Bustos, J. e Rudnick, H. Short-term hydrothermal generation scheduling model using a genetic algorithm, **IEEE Transactions on Power Systems**, 18(4): pp. 1256-1264. 2003.

Lyra, C. **Contribuição ao planejamento da produção de energia em sistemas de potência**, Tese de Doutorado, FEEC-Unicamp, Campinas. 1984.

Mantawy, A., Soliman, S. e El-Hawary, M. The long-term hydro-scheduling problem – a new algorithm, **Electric Power Systems Research**, 64(1): pp. 67-72. 2003.

Martinez, L. **Solução de Problemas de Otimização através de Redes Neurais Multi-Camadas Recorrentes**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos-SP. 1996.

Martinez, L. e Soares, S. Comparisons between partial open-loop and closed-loop feed-back control policies in long term hydrothermal scheduling, **IEEE Transaction on Power** Systems, 17(2): pp. 330-336. 2001.

Martins, L. S. A. **Método de pontos interiores não-linear para otimização determinística a usinas individualizadas do planejamento da operação energética do sistema interligado nacional com restrições de intercâmbio entre subsistemas**, Tese de Doutorado, FEEC-Unicamp, Campinas-SP. 2009.

Nocedal, J. e Wright, S. **Numerical Optimization**, Springer, USA. 2006.

Pereira, M. V e Pinto, L. M. V. G., Optimal stochastic operation scheduling of large hydroelectric systems, **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, 11(3): pp. 237-279, 1985.

Rosenthal, R. A nonlinear networks flow algorithm for maximization of benefits in a hydroelectric power system, **Operation Research**, 29(4): pp. 763–786. 1981.

Silva, S. C. P. **Comparação entre as soluções de malha fechada e semi-aberta para a otimização da operação de sistemas de produção de energia elétrica**, Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP-São Carlos. 1999.

Simba, J. C. C. **Planejamento a médio prazo da operação energética de sistemas hidrotérmicos interconectados usando técnicas de pontos interiores**, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ. 1998.

Soares, S. e Carneiro, A. A. F. M. Optimal operation of reservoirs for electric generation, **IEEE Transactions on Power Delivery**, 6(3): pp. 1101–1107. 1991.

Wright, S. **Primal-dual interior-point methods**, Society for Industrial and applied Mathematics – SIAM, Philadelphia. 1997.

Zambelli, M., Martins, L. e Soares, S. Model predictive control applied to the long-term hydrothermal scheduling of the brazilian power system, **Power Tech,** pp. 1-6. 2013.

VIII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PROPOSTA DE AÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM O USO DE LÂMPADAS DE LED NO NAVIO PATRULHA GUARUJÁ P49

SUZANE CRUZ DE AQUINO[1]; THIAGO COSTA DOS SANTOS[2]; MARIA EMÍLIA DE LIMA TOSTES [2]; HITO BRAGA DE MORAES [3]
1 – PPGEE/UFPA; 2 – FEE/UFPA; 3 – PPGEN/UFPA
1su.aquino@gmail.com

Resumo *- A natureza finita e a instabilidade no preço dos combustíveis fósseis atreladas à preocupação com a preservação do meio ambiente levaram a eficienciatização do uso da energia a ser um tópico de extrema importância no mundo atual em todas as áreas, não diferindo no setor naval. A IMO (International Maritime Organization), a responsável por instituir um sistema de colaboração entre governos no que se refere a questões técnicas que interessam à navegação comercial internacional, tem dedicado esforços significativos a fim de promover e regular a eficiência energética em navios nos últimos anos, diminuindo, assim, a emissão de gases do efeito estufa. A IMO desenvolveu, então, algumas medidas técnicas e operacionais como o Indicador Operacional de Eficiência Energética (EEIO), o Plano de Gestão de Eficiência Energética (SEEMP) e o Índice de Design de Eficiência Energética (EEDI), sendo os dois primeiros de caráter voluntário e o último obrigatório desde 01 de Janeiro de 2013 e assim justificando o estudo da eficientização do uso da energia nessa área. Este artigo mostra uma análise em eficiência energética direcionada à iluminação do navio patrulha Guarujá P49 com a proposta da troca das lâmpadas presentes no navio, incandescentes, halógenas e fluorescentes, por lâmpadas mais eficientes, as lâmpadas de LED, fazendo um estudo econômico e ambiental do consumo de combustível fóssil no caso atual e do caso proposto com o auxílio do software RETScreen.*

Palavras-chave: Eficiência Energética. Lâmpadas de LED. Transporte Fluvial.

I. INTRODUÇÃO

A década de 1970 foi uma época conturbada em todo o mundo, pois se descobriu a natureza finita dos recursos fósseis, criando uma atmosfera de instabilidade em toda a cadeia produtiva. O preço do petróleo aumentou consideravelmente, levando a uma crise internacional de grande escala. Foi neste contexto, com os choques crescentes no valor do barril de petróleo, que a eficiência no uso da energia passou a entrar em pauta nas discussões cientificas no mundo: tecnologia na recuperação de energia através de fontes renováveis, investimentos em melhorias na performance de equipamentos em geral e a crescente preocupação com os hábitos de consumo. Assim, de maneira natural, o conceito de eficiência energética foi se formando e consolidando nos mais diversos setores de produção. Logo observou-se que um serviço ou processo poderia ser realizado com o mesmo nível de qualidade e conforto, porém com menor consumo de energia, quando adotadas praticas mais inteligentes e equipamentos mais eficientes, diminuindo os impactos econômicos, ambientais e sociais.

O Transporte Marítimo movimenta cerca de 90% das mercadorias de todos os tipos em todo o mundo: vestuário, alimentos, brinquedos, equipamentos, energia, matérias-primas, etc. E a nível de navios mercantes, o transito diário nos oceanos é de cerca de 70 mil embarcações.

Apesar de ser considerada uma forma eficiente de transporte de cargas, a escala de emissões do transporte marítimo gira em torno de um bilhão de toneladas por ano, incluindo o dióxido de carbono, e emissão de poluentes, como o óxidos de azoto (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e material particulado. Estima-se que o transporte marítimo é responsável por mais de 3% das emissões globais de CO2, com tendência de chegar a 5% em 2050 (SARDINHA, 2013).

A International Maritime Organization (IMO), agência das Nações Unidas especializada nos assuntos técnicos marítimos, atua na instituição de um sistema de colaboração entre governos referentes às questões técnicas de navegação comercial internacional, encorajando, ainda, a adoção geral de normas relativas à segurança marítima e à eficácia da navegação. Portanto, cabe à IMO estimular o abandono de medidas discriminatórias aplicadas à navegação internacional, examinar questões relativas a práticas desleais de empresas de navegação, tratar de assuntos relativos à navegação marítima apresentados por outros órgãos das Nações Unidas e promover o intercâmbio, entre os governos, de informações acerca de questões estudadas pela organização.

A IMO é, por conseguinte, o principal órgão regulador da navegação e, observando o panorama energético e ambiental do mundo, tem dedicado esforços significativos para promover e regular a eficiência energética em navios. Para esse propósito, a IMO elaborou medidas técnicas e operacionais: o EEIO (Indicador Operacional de Eficiência Energética), o SEEMP (Plano de Gestão de Eficiência Energética) e o EEDI (Índice de Design de Eficiência Energética) (OMI, 2015).

O EEIO (Indicador Operacional de Eficiência Energética) é um instrumento de informação que permite aos operadores de navios, comparar a eficiência de consumo de combustível dos navios em relação a valores de referência. O SEEMP (Plano de Gestão de Eficiência Energética) do navio permite registar medidas operacionais que são ou podem ser aplicadas, para melhorar a eficiência energética do navio comparativamente a valores de referência (EEOI). E, finalmente, o EEDI (Índice de Design de Eficiência Energética), considerado como a medida mais importante em termos de eficiência energética para

ISSN 1809-3957

embarcações, pois visa promover o uso de equipamentos de maior eficiência energética, sendo ainda a primeira medida obrigatória da história no setor com o propósito de reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Esse índice requer um nível mínimo de eficiência energética por distância feita pelo navio em milhas, de acordo com o tipo e tamanho do navio. Em vigor desde 1 de janeiro de 2013, o EEDI tem como diretrizes (OMI, 2015):

- Será aplicada uma meta de melhoria global de 10% na eficiência energética, aos novos navios construídos entre 2015 e 2019;
- Os navios construídos entre 2020 e 2024 terão de melhorar a sua eficiência energética de 15 a 20%, dependendo do tipo de navio;
- Os navios entregues após 2024 terão de ser 30% mais eficientes.

Com o objetivo de atender aos padrões da IMO, a indústria naval vem desenvolvendo novas tecnologias para deixar os navios cada vez mais eficientes, os chamados navios verdes. As categorias de tecnologia de eficiência mais relevantes aos navios existentes incluem os seguintes vetores de ação:

- **Casco dos Navios**: Revestimentos, otimização e manutenção;
- **Propulsão**: Sistemas de propulsão principal e auxiliar;
- **Iluminação**: A utilização de sistemas de iluminação mais eficientes.

A maioria dos cascos de navios são projetados para mares calmos com calados específicos (distância vertical entre a superfície da água e a parte mais baixa do navio naquele ponto). Somente sob essas condições eles navegam de forma mais eficiente. No entanto, quando o mar é mais bravo, o calado difere do valor ideal, tornando-o menos eficaz. Experiências revelam que o simples fato de considerar as condições hidroviárias das localizações onde a embarcação irá navegar melhora significativamente a sua eficiência, permitindo uma redução de até 15% do consumo de combustível (ALIANÇA, 2015).

O sistema de propulsão pode ser eficientizado com o emprego de propulsões hibridas, combinando duas ou mais fontes de energia para auxiliar no processo de movimentação do navio; e/ou com a recuperação máxima das energias disponíveis a bordo, como a recuperação do calor pelos gases de escape do motor principal e pela recuperação do torque mecânico do eixo do motor principal com o acoplamento de alternadores.

O sistema de iluminação também é uma parte relevante na análise de redução do consumo de combustíveis em navios, pois muitos ambientes a bordo são totalmente desprovidos de iluminação natural. Nestes, o sistema de iluminação funciona 24 horas por dia. Assim, uma análise econômica e ambiental da substituição das lâmpadas de um determinado navio por modelos mais eficientes se faz pertinente. Nesse entorno, têm-se as lâmpadas de LED, ganhando espaço no mercado por apresentarem maior índice de eficiência luminosa e maior vida útil em comparação com as lâmpadas que estão atualmente no mercado.

II. ESTUDO DE CASO: NAVIO PATRULHA GUARUJÁ P-49

O Navio Patrulha Guarujá P-49, o "Águia do Norte", é um navio de guerra da Marinha do Brasil que foi encomendado em 1995 como parte do 5° lote de duas unidades da classe Grajaú no estaleiro INACE – Industria Naval do Ceará S/A, em Fortaleza. O navio é o segundo a fazer uso do nome Guarujá na Marinha do Brasil, o qual faz homenagem à cidade homônima localizada no litoral de São Paulo. Sua construção foi feita segundo o projeto da Vosper-QAF, de Singapura. A cerimônia de batimento de sua quilha, a qual marca o início de sua construção, foi feita pelo Governador do Ceará, Tasso Jereisatti, em 22 de abril de 1996; seu lançamento ao mar foi feito em 24 de abril de 1998 e incorporado pela Marinha em 30 de novembro de 1999 (MD/MB, 2015). A Figura 1 apresenta o Águia do Norte.

Figura 1 – Navio Patrulha Guarujá P49.

O P-49 está subordinado ao 4° Distrito Naval e integra o Grupamento Naval do Norte (GrupNNorte). Sua área de atuação engloba os litorais dos estados do Amapá, Maranhão, Pará e também os rios da Amazônia, operando a partir da Base Naval de Val-de-Cães. O P-49, além das atividades de patrulhas fluvial e costeira, também participa de operação em conjunto com outros órgãos do governo, como o Ibama, e missões de resgate de navios, tendo sido agraciado com o Prêmio de "Navio Socorro do Ano" e "Navio Socorro Distrital" referente ao ano de 2007.

O Navio Patrulha Guarujá P-49 apresenta as seguintes dimensões (MD/MB, 2015):

- Comprimento total: 46,5 metros;
- Comprimento entre perpendiculares: 42,5 metros;
- Boca moldada: 7,5 metros;
- Pontal moldado: 4,68 metros;
- Calado carregado: 1,76 metros;
- Espaçamento entre cavernas: 1 metro;
- Deslocamento: 197 ton (padrão), 217 ton (carregado);
- Velocidade (nós): 26 (máxima);
- Propulsão: 2 motores diesel MTU 16V 396 TB94 de 2.740 bhp cada;
- Combustível: 23 toneladas de diesel marítimo;
- Autonomia: 4.000 Km a 12 nós ou 10 dias em operação contínua;
- Tripulação: 29 homens;

A energia elétrica é provida por três motores a diesel de 100 kW (2 principais e 1 auxiliar), trabalhando em 3 níveis de tensão: 440 V, 220 V e 127V (iluminação); à 60 Hz.

A. LÂMPADAS DO NAVIO PATRULHA GUARUJÁ P-49

O Águia do Norte possui em seu sistema de iluminação lâmpadas dos tipos incandescentes, 34, halógena, 01,

ISSN 1809-3957

fluorescentes compactas, 54 e fluorescentes tubulares, 223, segundo o manual técnico das suas luminárias. A troca destas lâmpadas por lâmpadas de LED representa a alternativa em eficiência energética abordada neste artigo. A tabela 1 mostra a relação das lâmpadas analisadas como estudo de caso de acordo com as luminárias presentes no navio.

Tabela 1 – Relação das lâmpadas do navio P-49 analisadas.

Modelo de Luminária	Lum. (pçs)	Tipo de Lâmpada	Lâmp. (pçs/ lum)	Potência Lâmp (W)
LEN-096	02	Incandescente	01	40
LEN-097	32	Incandescente	01	40
LEN-100	01	Halógena	01	50
LEN-303	05	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-203N	29	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-202LG	12	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-203VM	05	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-203GVM	03	Fluorescente Compacta	01	15
BFN-115	22	Fluorescente tubular	02	20
BFN-211B	20	Fluorescente tubular	02	20
BFN-101	35	Fluorescente tubular	02	20
BFN-105	11	Fluorescente tubular	02	20
BF-101P	16	Fluorescente tubular	02	20
BFN-119	10	Fluorescente tubular	01	15
BFN-130	05	Fluorescente tubular	01	15

A lâmpada incandescente é a tecnologia mais antiga ainda em uso. Ilumina pura e simplesmente através do efeito Joule, onde a corrente elétrica atravessa fios metálicos aquecendo o filamento, que com altas temperaturas passa a emitir luz.

As lâmpadas halógenas dispõem do mesmo princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes. O que a diferencia é a adição de gases halogênios (iodo ou bromo) dentro do bulbo. Estes se combinam com partículas de tungstênio (desprendidas do filamento durante a passagem de corrente) fazendo com que as partículas se depositem de volta no filamento e, assim, a durabilidade média do filamento é aumentada e o escurecimento do bulbo, reduzido, aumentando sua eficiência em relação às incandescentes.

As lâmpadas fluorescentes são formadas por um cilindro de vidro cujo interior é revestido de por uma camada de fósforo. O princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas é idêntico, mas bem diferente das lâmpadas incandescentes. Em cada extremidade, há dois eletrodos de filamento de tungstênio responsáveis pela circulação de átomos de mercúrio presentes, juntamente com um gás inerte de baixa pressão no interior da lâmpada. Uma nuvem de elétrons é, então, liberada por uma pequena descarga elétrica nos eletrodos. Os elétrons do arco colidem com os átomos de gás argônio e de mercúrio, liberando certa quantidade de luz ultravioleta, a qual ativa a camada de fósforo que reveste a lâmpada, que por sua vez, emite luz visível. (GOEKING, 2009).

A lâmpada de LED está surgindo no mercado como a mais nova alternativa em eficiência energética nos sistemas de iluminação. O LED, diodo emissor de luz, é composto por um material semicondutor que, quando energizado, emite luz visível. O efeito luminoso é formado em um cristal em estado sólido, cujo tamanho não é superior a 0,25 mm². A lâmpada é composta por filamentos de LED's azuis com uma camada de fósforo ligados em conjunto, emitindo luz visível de forma semelhante às lâmpadas fluorescentes.

O maior avanço das lâmpadas de LED em relação às concorrentes de mercado se dá pelas características dos semicondutores, pois, não havendo a necessidade de aquecer um filamento ou provocar uma descarga elétrica, o consumo de energia é reduzido significativamente. Basta promover a passagem de corrente pelo cristal semicondutor sob uma tensão de condução entre 2,5 V e 4,0 V para que o LED exerça a sua função. A figura 2 mostra exemplos de lâmpadas de LED.

Figura 2 - Exemplos de lâmpadas de LED.

B. ANÁLISE LUMINOTÉCNICA COMPARATIVA DAS LÂMPADAS ANALISADAS

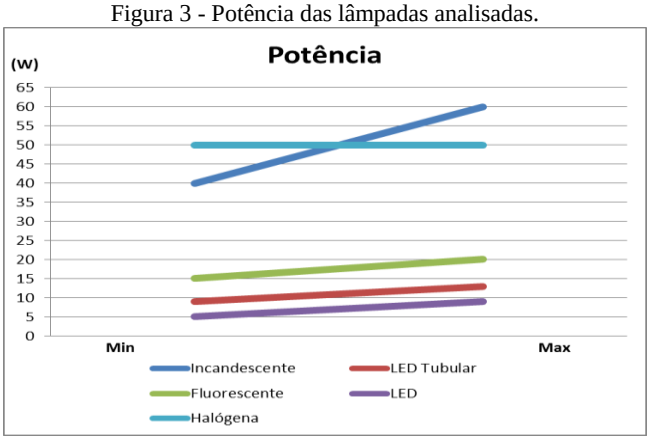
Para a análise comparativa de lâmpadas faz-se necessário o balanço de alguns parâmetros de natureza luminotécnica, como a potência da lâmpada, eficiência luminosa, IRC (Índice de Restituição de Cores), entre outros, para perceber as vantagens e desvantagens dos modelos apresentados em termos de qualidade e eficiência (MAMEDE, 2010).

Os gráficos abaixo relacionam os tipos de lâmpadas presentes no Navio Patrulha Guarujá P-49 e suas lâmpadas de LED correspondentes, ou seja, com potência equivalente e modelos mais apropriados para as luminárias do navio. Essas comparações foram feitas com base nas tabelas dos produtos de 3 empresas do ramo luminotécnico.

Encabeçando os parâmetros analisados está a potência das lâmpadas consideradas. A Figura 3 mostra duas áreas bem claras quanto às potências máximas e mínimas investigadas: as lâmpadas de LED compactas foram as mais econômicas, sendo seguidas pelas LED tubulares e as fluorescentes; e a segunda região foi formada pelas incandescentes e halógenas, revelando que a demanda de energia de uma única lâmpada incandescente pode alimentar até 12 lâmpadas de semicondutores.

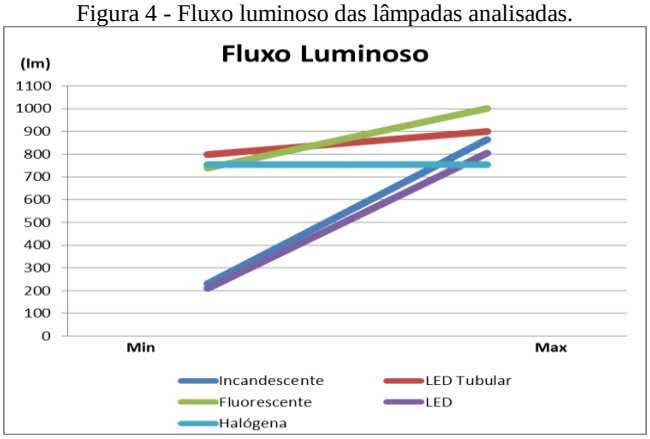
ISSN 1809-3957

Figura 3 - Potência das lâmpadas analisadas.



O Fluxo Luminoso é a potência da radiação luminosa total emitida por uma fonte de luz em todas as direções do espaço, tendo como unidade o lúmen (lm). A partir da Figura 4 nota-se que o fluxo luminoso máximo de todas as lâmpadas se concentram praticamente no mesmo patamar, entre 750 e 1000 lúmens, sendo os índices mínimos os que variam mais: as halógenas, LED's tubulares e fluorescentes, entre 750 e 800, e as LED compactas e incandescentes, de 200 a 250.

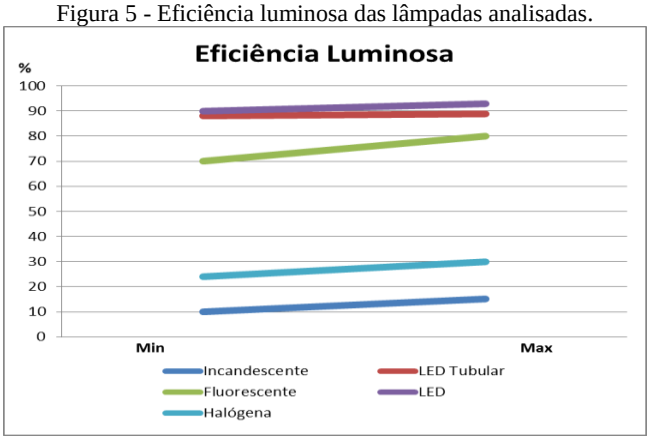
Figura 4 - Fluxo luminoso das lâmpadas analisadas.



A Eficiência Luminosa é a grandeza que indica o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida e é expressa em lúmen/Watt.

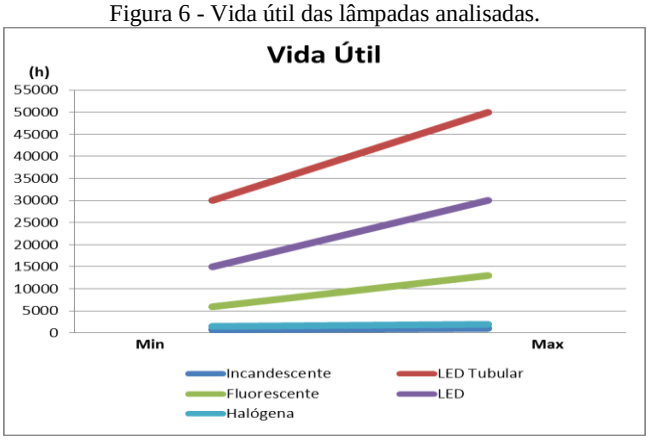
A Figura 5 salienta, mais uma vez, duas áreas bem definidas: as mais eficiente, as LED's, LED tubulares e, ainda, as fluorescentes; e as menos eficientes, incandescentes e halógenas, devido sua perda de energia em forma de calor.

Figura 5 - Eficiência luminosa das lâmpadas analisadas.



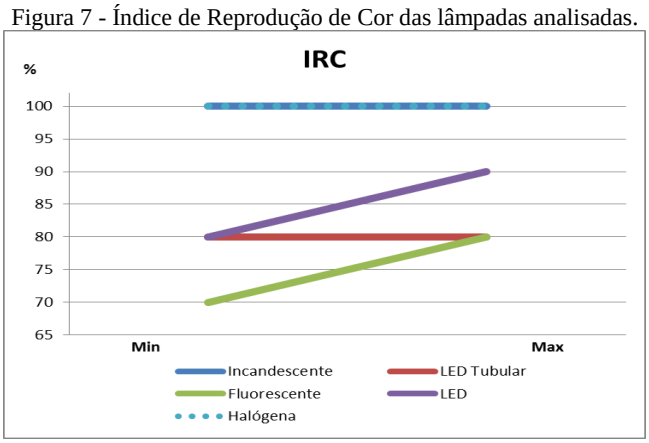
A Vida Útil é outro fator muito importante, pois representa a expectativa de durabilidade da lâmpada através do número decorrido de horas para se atingir 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada. Pela Figura 6, observa-se a superioridade das lâmpadas de semicondutores também neste quesito, possuindo expressiva vantagem sobre todas as concorrentes consideradas.

Figura 6 - Vida útil das lâmpadas analisadas.



O Índice de Restituição de Cores relaciona a iluminação artificial e iluminação natural, o Sol, pela cor real de um objeto ou superfície e a aparência percebida diante de uma fonte luminosa. A Figura 7 apresenta as incandescentes e as halógenas como as mais fieis e precisas na percepção das cores pelo observador e as fluorescentes tubulares, o pior caso.

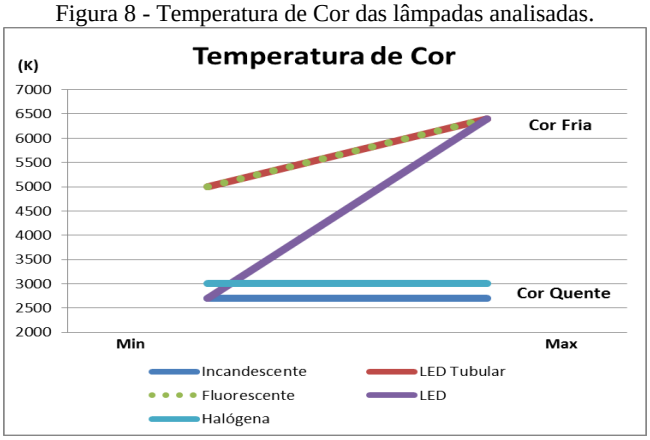
Figura 7 - Índice de Reprodução de Cor das lâmpadas analisadas.



A Temperatura de Cor (TC), expressa em kelvins (K), classifica a tonalidade da luz emitida de acordo com a temperatura: as cores "quentes" com aparência avermelhada ou amarelada e as cores "frias", azuladas. O estudo da tonalidade da luz é importante por seu efeito sobre o homem, onde as mais quentes trazem mais sensação de conforto e as mais frias, mais atenção e presteza. De acordo com a Figura 8, as lâmpadas de LED compactas podem ser encontradas em todos níveis de temperatura considerados e, por isso, levam vantagem sobre todas as demais. As incandescentes e halógenas se encontram na região dos tons quentes e as tubulares fluorescente e LED, nos mais frios.

ISSN 1809-3957

Figura 8 - Temperatura de Cor das lâmpadas analisadas.



C. ANÁLISE ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PROPOSTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com base nos dados pesquisados sobre o fluxo luminoso, a potência de cada lâmpada e a eficiência luminosa efetuou-se a análise da viabilidade econômica e ambiental da proposta de substituição das lâmpadas existentes no Navio Patrulha Guarujá P-49 por lâmpadas de LED. Para tanto, utilizou-se cálculos manuais e o software canadense RETScreen.

O RETScreen é um software desenvolvido pelo Governo do Canadá através do Centro de Pesquisa CanmetENERGY, em Varennes, Quebec, para auxiliar na análise de projetos de energia dita limpa, possibilitando a redução dos custos dos estudos de pré-viabilidade, disseminando conhecimento e informação para auxiliar seus usuários na tomada de decisão. É apoiado por uma rede internacional de especialistas da indústria, do governo e do mundo acadêmico, tendo os principais parceiros a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), Parceria Energia Renovável e Eficiência Energética (REEEP), Programa do Ambiente das Nações Unidas (UNEP) e Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF).

Para os cálculos e para os dados de entrada do RETScreen adotou-se o custo da geração de energia a diesel de 1,420 R$/kWh (ANEEL, 2015) e a inflação no Brasil de 9% (BCB, 2015).

Os cálculos foram baseados no custo de geração de energia (R$/Wh), na análise de potência, no número total de lâmpadas e no tempo mensal de uso. No navio P49 ainda são utilizadas lâmpadas incandescentes para as luzes de emergência, então o tempo determinado para o uso diário deste tipo de lâmpada foi de 5 minutos, ou 0,0833 h/dia. Para as demais lâmpadas adotou-se o tempo de uso de 4 h/dia, relacionando o tempo de iluminação artificial tanto em lugares totalmente fechados quanto em lugares com iluminação natural. Assim, o gasto mensal de iluminação no navio de acordo com o tipo de lâmpada pode ser obtido através da equação (1).

$$C_{Lâmp} = CG_{(R\$/Wh)} \times N \times P_{(W)} \times T_{(h)} \times 30 \times 12 \qquad (1)$$

A Tabela 2 representa a quantidade, a potência, os custos anuais e a vida útil por tipo de lâmpada do caso atual.

Tabela 2 – Relação dos custos mensais por lâmpada do navio.

Tipo de Lâmpada	Quant.	Potência (W)	Custo Anual Calculado (R$)	Vida Útil
Incandescente	34	40	57,84	1.000
Halógena	01	50	102,24	2.000
Fluorescente Compacta	54	15	1656,24	6.000
Fluorescente Tubular	15	15	460,08	13.000
Fluorescente Tubular	208	20	8506,32	13.000
Total	**312**	**-**	**10.782,72**	**-**

Com a substituição das unidades do caso proposto por lâmpadas de LED, o custo anual de combustível seria de R$ 6.818,40, como exposto na Tabela 3. Analisando somente a partir da economia de combustível calculada de R$ 3.964,32/ano, o investimento de R$ 13.265,30 reais para a troca dessas lâmpadas se pagaria em 3,31 anos, ou seja, aproximadamente 40 meses.

Tabela 3 – Relação dos custos anuais por lâmpada de LED.

Tipo de Lâmp.	Quant.	Potência (W)	Custo Anual Calculado (R$)	Vida Útil
LED E27	34	6,5	9,36	15.000
LED Dicroica	01	5	10,20	25.000
LED E27	54	9	993,72	15.000
LED TUBE	15	9	276,00	50.000
LED TUBE	208	13	5529,12	50.000
Total	**312**	**-**	**6.818,40**	**-**

Todavia, se a vida útil for levada em consideração, o custo do caso atual é acrescido do preço das permutações das lâmpadas, diminuindo o tempo de retorno do investimento. A Tabela 4 mostra os preços unitários de cada lâmpada analisada e o preço da permutação, custos em manutenção e operação (O&M), das lâmpadas do caso atual para atender a mesma taxa de vida útil das lâmpadas de LED.

Tabela 4 – Investimento das lâmpada de LED.

Tipo de Lâmp.	Un	Preço (R$/un)	Corresp.	Preço (R$/un)	O&M (R$/un)
LEDe27	34	19,90	Incand.	2,90	43,50
LED Dicr.	01	69,90	Halóg.	17,90	223,75
LEDe27	54	29,90	Fluoresc. Comp.	10,90	27,25
LED TUBE	15	35,00	Fluoresc.Tubular	7,90	30,38
LED TUBE	208	49,90	Fluoresc. Tubular	10,29	39,57
Total	**312**	**13265,30**	**-**	**-**	**11.860,51**

Para relacionar os custos anuais com combustíveis do caso atual aos custos de O&M é preciso estimar a duração de cada lâmpada em anos. Assim, utilizou-se o software RETScreen para auxiliar o balanço econômico. O RETScreen calcula o tempo de retorno mais próximo do real, considerando tanto a economia de combustível quanto a economia em operação e manutenção (O&M Incremental). A Tabela 5 apresenta os resultados gerados no software.

ISSN 1809-3957

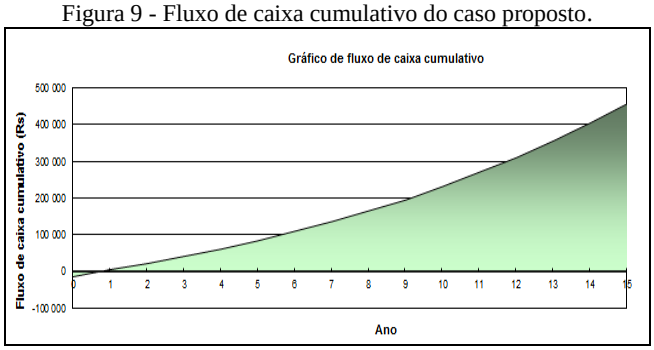
Tabela 5 – Resultados do RETScreen para o caso proposto.

Lâmp. Do Caso Proposto	Custo increm (R$)	Econ. Comb. (R$)	Econ. O&M (R$)	Retorno/ano
Incand.	667	49,00	1479,00	0,4
Halógena	70	93,00	224,00	0,2
Fluoresc. Compact	1615	672,00	1472,00	0,8
Fluoresc. Tub. 15	525	187,00	456,00	0,8
Fluoresc. Tub. 20	10379	3019,00	7191,00	1,0
Total	**13256**	**4019**	**10821**	**0,89**

Para o caso de referência, o consumo anual de combustível foi de 7,7 MWh, com custo de R$10.933,00/ano; e o caso proposto, 4,9 MWh e R$ 6.913,00/ano, respectivamente. Portanto, segundo o software, a economia na demanda de energia foi de 2,8 MWh e a economia no custo do combustível de R$ 4.019,00/ano, representando 36,8% de redução, valor aproximado ao calculado, R$ 3964,32/ano. O software avaliou o retorno do investimento em torno de 11 meses ou 0,89 ano, considerando todos os aspectos de economia: combustível, operação e manutenção.

Baseado nos dados gerados, o software ainda plota o fluxo de caixa cumulativo por ano de vida do projeto (15 anos) através de um gráfico, formando o Figura 9, exibindo o tempo de retorno do investimento e o ganho acumulado oriundo da economia de combustível, chegando a mais de R$ 400.000,00 ao fim da vida útil do projeto.

Figura 9 - Fluxo de caixa cumulativo do caso proposto.



O RETScreen entrega também os resultados na esfera ambiental, mostrando a redução anual líquida as emissões dos gases do efeito estufa. Se adotado, o caso proposto proporcionará 0,2 tCO2 (toneladas de CO2), ou seja, 0,6 barris de petróleo bruto não consumidos; e ao fim da vida útil do projeto, aproximadamente 9.

III. CONCLUSÃO

Conforme a análise luminotécnica das unidades adotadas, as lâmpadas de semicondutores tanto compactas quanto tubulares se destacaram em quase todos os aspectos, demandando menos energia, emitindo praticamente o mesmo nível de iluminação e sendo, portanto, mais eficientes e, ainda, com uma taxa de vida útil maior do que todos os outros tipos de lâmpadas. Isso fez toda a diferença no orçamento do caso proposto, pois se analisados os fatores de economia de combustível, de manutenção e de operação, o tempo de retorno do investimento cai de 40 para 11 meses.

Os cálculos foram confirmados pelo software RETScreen, ferramenta sofisticada para o cálculo em eficiência energética, que indicou praticamente os mesmos valores de demanda e custo de combustível calculados, auxiliando em todo o processo de estimativa de retorno, mostrando não somente aspectos econômicos como também ambientais. No fim da vida útil do projeto, estimou-se um ganho acumulado de mais de R$ 400.000,00, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa equivalentes a 9 barris de petróleo bruto não consumidos, a partir simplesmente do investimento de R$ 13.256,00 no sistema de iluminação do navio patrulha Guarujá com a troca das lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas e fluorescentes tubulares nele presentes por lâmpadas de LED compactas, dicroicas e tubulares.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIANÇA. **Hull**. Disponível em: http://www.alianca.com.br/alianca/en/alianca/qualityenvironment_2/ecology_2/shipofthefuture_2/hull_2/hull.html. Acesso em 27 ago 2015

ANEEL. **Contribuição à Audiência Pública n° 012/2015**. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2015/012/contribuicao/light_ap_012-2015.pdf. Acesso em 27 set 2015.

BCB, Banco Central do Brasil. **Inflação**. Disponível em: http://www.bcb.gov.br/pt-br/paginas/default.aspx. Acesso em 27set 2015.

GOEKING, W. Lâmpadas e Leds. Atitude Editorial Edição 46: **O Setor Elétrico**, Novembro, 2009

MAMEDE, J. **Instalações Elétricas Industriais**, 7° Edição, 2010.

MD/MB, Marinha do Brasil. **NPa Guarujá – P49 – Classe Grajaú**. Disponível em: https://www.mar.mil.br/gpnort/navios/guaruja.html. Acesso em 27 ago 2015.

OMI, Organização Marítima Internacional. **Technical and Operational Measures**. Disponível em: http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Technical-and-Operational-Measures.aspx. Acesso em 27 ago 2015.

SARDINHA, Alvaro. “Dimensões de navios – Porte, Arqueação, Deslocamento” e “Poluição e o Transporte Marítimo”. Referências CMF0022013 e CMF0012013. Lisboa: **Colecção Mar Fundamental**, Agosto, 2013.

V. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICO ISOLADO E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA: ESTUDO DE CASO EM CONDOMINIO HORIZONTAL

ORLANDO MOREIRA GUEDES JUNIOR[1]. TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA[1];
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP-FEG
engorlandojunior@yahoo.com.br; teofilo_miguel@yahoo.com.br

Resumo *- A necessidade de buscar fontes alternativas de energia está a cada dia mais evidente, nesse contexto, este trabalho apresenta uma solução por meio de painéis fotovoltaicos para alimentação de energia elétrica em um condomínio horizontal. O fornecimento da energia é obtido pela concessionária local que está conectada ao (SIN) Sistema Interligado Nacional, com forte predominância em fontes de energias convencionais. Em condomínios, a energia elétrica não é considerada somente um fator de conforto e sim um item de segurança. A continuidade da energia elétrica e indispensável para proposta apresentada.*

I. INTRODUÇÃO

O condomínio objeto de pesquisa deste trabalho, possui 15 residências com aproximadamente 100 m² cada unidade, situado na região do Vale do Paraíba na cidade de Porto Real, estado do Rio de Janeiro.

Os condomínios horizontais possuem cargas com características diferenciadas como, iluminação para decoração de jardins, iluminação pública para as vias de acesso, vias internas, computadores, sistema de câmeras, portão elétrico e as cargas residenciais, onde pode-se citar eletrodomésticos, lâmpadas e chuveiros. Algumas dessas cargas devem ter sua continuidade garantida, para auxiliar na segurança dos moradores. Para manter as cargas mínimas de segurança, os prédios, condomínios, residências, utilizam equipamentos acumuladores de energia, conhecidos como *UPS (uninterruptible power supply)* fonte de alimentação ininterrupta.

No ano de 2015, o Brasil novamente passa por desafios no que diz respeito a geração de energia elétrica, levando ao aumento tarifário no primeiro trimestre de aproximadamente 33%. A elevação é justificada pela ascensão do custo de geração de energia hidrelétrica e acionamento de usinas termoelétricas (AES, 2015).

O aproveitamento das fontes convencionais está reduzindo devido aos impactos ambientais como represamento de rios, desmatamento e também à pressão da sociedade com relação aos impactos sociais e econômicos ocasionados pela inundação de grandes áreas destinadas aos reservatórios (TIOPOLO, G. CANCIGLIERI JUNIOR, O. URBANETZ JUNIO, J, 2015).

Nessa conjuntura, as fontes renováveis de energia são uma opção que atende aos requisitos desejados de disponibilidade de maneira eficiente e sustentável.

As energias renováveis são aquelas que utilizam recursos naturais que são capazes de se regenerar, e que portanto, não geram impactos relevantes ao meio ambiente quando na sua instalação comparadas com as fontes de energias convencionais, seja por meio do esgotamento de recursos ou pela emissão de CO2 na atmosfera. As principais fontes alternativas de energia são: energia solar, eólica, biomassa, maremotriz e geotérmica (NEOSOLAR, 2015).

A Figura 1 apresenta a vista do condomínio, as residências e iluminações da via principal.

Figura 1 - Vista do condomínio.

Fonte: autores.

Este trabalho apresenta uma proposta de utilização de um sistema fotovoltaico ligado ao circuito de emergência de um condomínio fechado residencial horizontal. O circuito de emergência é responsável pela alimentação das cargas de iluminação das vias, iluminação dos jardins, computador, portão automático de acesso e câmeras de segurança.

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol pode ser considerado inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz. É considerado atualmente uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano (CEPEL, 2015).

II. PROCEDIMENTOS

Para uma proposta de um sistema fotovoltaico adequado, inicia-se com as etapas preliminares como: avaliação do recurso solar, localização, escolha da configuração, levantamento da demanda e consumo de energia (MOEHLECKE *et al.*,2014).

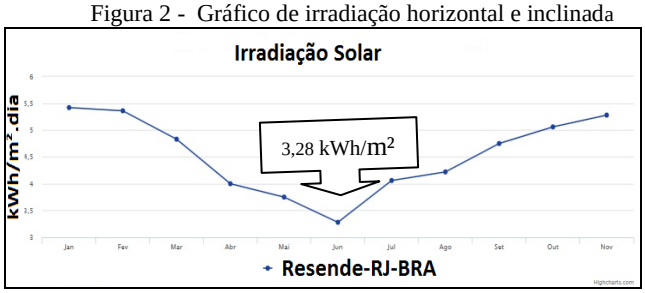
A cidade de Porto Real localiza-se na região sudeste do estado do Rio de Janeiro, a 385m de altitude, com área de 50,7km². Suas coordenadas geográficas possuem os

ISSN 1809-3957

seguintes dados: Latitude: 22º 25' 11" S, Longitude: 44º 17' 25" W (GEOGRAFOS, 2015).

A Figura 2 apresenta o gráfico do nível de irradiação solar no plano horizontal, na localidade mais próxima, onde foi considerada a cidade de Resende, dados obtidos pelo CRESESB.

Figura 2 - Gráfico de irradiação horizontal e inclinada



Fonte: CRESESB, 2015.

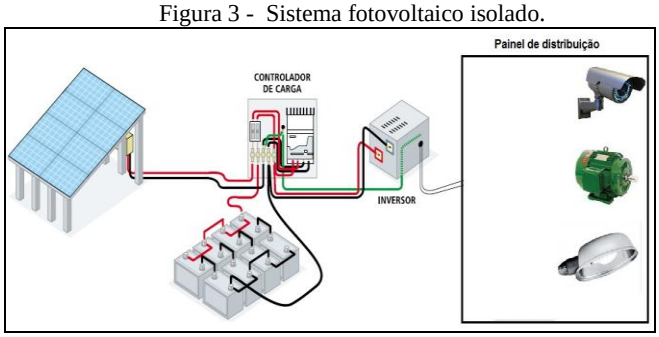
A Figura 2, evidencia por meio dos valores mínimos de irradiação encontrado no mês de junho, 3,28 kWh/m².dia no plano horizontal que a proposta é viável em termos de potencial solar.

Como trata-se de uma localidade urbana, a área de instalação fica limitada, por isso será indicado o tipo *rooftop* (de telhado), o mais próximo do painel de distribuição, para aproveitamento da infraestrutura existente e economia de material.

A configuração escolhida será um sistema do tipo isolado individual, constituído de: i) gerador fotovoltaico (fonte de energia que converte energia luminosa em elétrica), ii) controlador de carga (unidade no qual monitora constantemente a tensão dos acumuladores), iii) sistema de armazenamento (sistema com a função de acumular a energia que se produz durante as horas de luminosidade), iv) inversor (módulo destinado a transformar a corrente contínua em corrente alternada).

A Figura 3 apresenta um exemplo de sistema fotovoltaico isolado individual, ligado a um painel de distribuição.

Figura 3 - Sistema fotovoltaico isolado.



Fonte: adaptado de CRESESB 1 (2015)

Para estimar a demanda da instalação e o consumo de energia elétrica, foi feito o levantamento das cargas por meio de uma planilha, definindo todas unidades consumidoras que serão conectadas ao sistema fotovoltaico.

Para um melhor entendimento do levantamento das cargas, deve-se ter em mente que a base do dimensionamento do sistema fotovoltaico é gerar mais eletricidade do que o limite estabelecido para consumo (MOEHLECKE, A et al.,2014).

A Tabela 1 apresenta a relação das cargas de consumo do tipo alternada (ca), contendo em cada equipamento a potência individual nominal e total em watts (W), a corrente individual de trabalho em amperes (A), a corrente total e a tensão do sistema em 24 (Vdc), tensão contínua.

Tabela 1- Potência e corrente individual/total

Tensão do sistema	24	VDC	
Cargas AC	**Quantidade**	**Potencia (W)**	**Corrente (A)**
Iluminação publica	8	35	0,3
Motor portão	1	370	1,3
Lâmpada	3	15	0,105
Sistema de cameras	8	4,7	0,88
Computador	1	63	2,1
Iluminação Jardim	4	5	0,335
Potencia Total			
Corrente Total			14,495

A Tabela 2 apresenta os 7 dias semanais considerados, as horas de utilização por dia, a corrente em Ah (ampère.hora), a corrente total Ah (ampère.hora), o consumo diário em Wh (watt.hora), o consumo total diário em Wh (watt.hora).

Tabela 2- Corrente e consumo diário

Horas/dias	Dias/semanas	Corrente (Ah)	Consumo (Wh)
10	7,00	24,00	2800,00
1	7,00	1,30	370,00
2	5,00	0,45	64,29
24	7,00	168,96	902,40
24	7,00	50,40	1512,00
11	7,00	14,74	220,00
Corrente Total (Ah)		259,85	
Consumo total Wh			5868,69

Para o dimensionamento do painel fotovoltaico será considerado o mês crítico, onde ocorre as condições estimadas mais desfavoráveis durante o período do ano.

O mês de junho (apresentado na Figura 2), é definido como o período de menor irradiação solar, ou seja, o mês intuitivo para o dimensionamento. Se o sistema isolado de cargas fixas proposto funcionar em perfeita condição, isso também ocorrerá ao longo dos onze períodos posteriores e com sobra de energia comparado com o mês crítico.

Para efeito de cálculo da potência do painel fotovoltaico (Pm), será considerada a quantidade de energia consumida diariamente (Li) apresentado na tabela 2, horas de sol pleno no plano do painel (HSPi), considerado 5 horas diárias, fator de redução da potência dos módulos (Red1), fator de perdas no sistema (Red2).

Pode-se definir a potência ativa do painel (Pm) pela equação 1 (MOEHLECKE, A et al.,2014).

$$P_m = max_{i=1}^{12}\left(\frac{L_i}{HSP_i \times Red_1 \times Red_2}\right) \quad (1)$$

Aplicando os valores de eficiência dos inversores e baterias com o valor de consumo total diário da tabela 2, considerou-se 8,03kW para o consumo (Li), 5 horas de pico de irradiação solar, valores recomendados de (Red 1) de 0,75 e (Red 2) de 0,9. Esses valores são, fator de redução das potências dos módulos e fator de redução da potência devido a perdas no sistema como fiação e diodo. A potência ativa (Pm) encontrada de acordo com a Equação 1 é de 2377,94 W, corrente com potência máxima de 9,09A e

ISSN 1809-3957

capacidade de carga por módulo de 45,45Ah/dia conforme informado pelo fabricante.

O módulo para atender a potência calculada será de 250W, 24V com dimensões de 164 cm x 99cm x 3,5 cm.

A razão da tensão de trabalho (Vsist) 24Vdc e a tensão de máxima potência sobre temperaturas elevadas (VmaxTmax), define o número de módulos em série. Como o valor encontrado considerando a tensão de carregamento 20% acima da tensão nominal de trabalho, menor do que 1, o sistema terá somente 1 módulo em série.

A razão entre a corrente de trabalho e a mínima corrente em potência máxima define 7 painéis em paralelo.

A Figura 4 apresenta a configuração adotada dos painéis.

Figura 4 - Configuração do painel fotovoltaico policristalino.

No mercado comercial existem diferentes tipos de baterias, fabricadas com tecnologias e materiais distintos, diferenciando os equipamentos em tamanhos, pesos, capacidades de armazenamento, custos e durabilidades (SOLENERG, 2015).

Para escolha do banco de bateria, foi considerado a energia solicitada pela carga, Tabela 2, para regime de descarga de 20 horas (C20), ciclo profundo com fator de 50% a 80%. O tempo de autonomia da bateria é tipicamente usual utilizar entre 2 a 4 dias, não sendo menor do que 2 dias. A profundidade de descarga indica o quanto da capacidade nominal da bateria foi retirado em percentuais (MOEHLECKE, A *et al*.,2014). Como a bateria é do tipo ciclo profundo, foi considerado 60% de profundidade de descarga máxima. A capacidade do banco de baterias é de 240Ah (ampère/ hora), 24V(volts). A Figura 5, ilustra um exemplo de bateria do tipo estacionária utilizada em sistemas fotovoltaicos.

O número de baterias em série depende da razão da tensão do sistema, 24Vdc, tabela 1, e a tensão nominal da bateria.

O número de baterias em paralelo depende do consumo diário, tabela 2, acrescido das perdas no sistema.

O total de baterias necessária para o sistema proposto é um produto do número de baterias em série e paralelo, totalizando 5 unidades.

Figura 5 - Baterias do tipo estacionária

Para sistema isolado com armazenamento de energia em baterias, usa-se um dispositivo para controlar a carga e a descarga, evitando danos por sobrecarga ou descarga profunda, chamado controlador de carga (CRESESB 2, 2015).

O controlador foi especificado considerando a corrente de curto-circuito (ISC) dos módulos fotovoltaicos e a máxima corrente do controlador. A corrente de curto-circuito individual (ISCi) adicionado ao fator de segurança totaliza uma corrente de curto-circuito do conjunto dos painéis de 89,18A.

De acordo com os modelos disponíveis no mercado e pensando na eficiência do conjunto, 2 controladores foram especificados com características como: corrente nominal de 45A, tensão nominal de 24V, display LCD. A Figura 6 apresenta a vista frontal do controlador do sistema fotovoltaico.

Figura 6- Controlador de carga.

Como o sistema atenderá equipamentos com tensões alternadas (Vac), cujo o valor e polaridade alternam periodicamente ao longo do tempo (GUSSOW, M, 1997), há necessidade de um inversor para converter a tensão contínua (Vcc) proveniente dos painéis fotovoltaico em tensão alternada.

O valor da potência nominal do inversor deve ser igual ou superior a maior potência da curva de carga, nesse caso considerando a potência total da tabela 1, 2 inversores de 500W (watts) com potência contra surto de 1800W atende os requisitos. A tensão de entrada será aquela fornecida pelo painel, 24V (volts), a tensão de saída é aquela nominal requerida pela carga, 117 V.

Outros fatores também são importantes na escolha como: proteção contra sobrecarga, proteção contra curto-circuito, números de tomadas de saída, frequência, e temperatura de funcionamento. A Figura 7 ilustra um inversor para utilização em sistemas fotovoltaicos.

Figura 7- Inversor 24Vcc/110Vca.

III. SISTEMA FOTOVOLTAICO PROPOSTO

Esta proposta de configuração é classificada como isolada individual, uma vez que sua função é a geração de energia elétrica somente a um consumidor.

ISSN 1809-3957

O consumidor para esse caso possui uma instalação existente e suas cargas são caracterizadas como puramente CA (correte alternada).

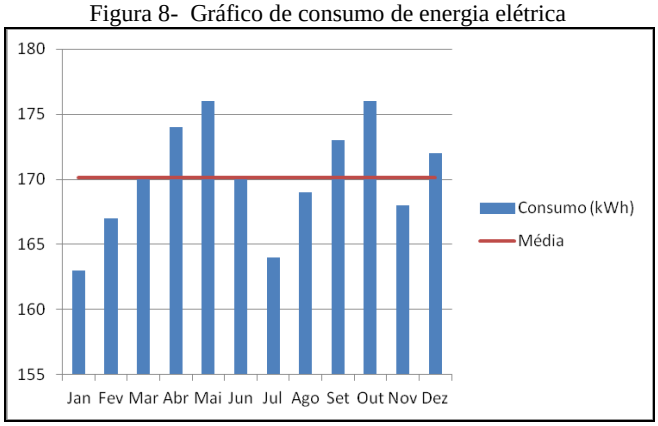
Os componentes que compõe a proposta do sistema de geração de energia fotovoltaica são especificados como i) 7 painéis fotovoltaicos, com potência e tensão individual de 250W(watts), 24V (volts) ligados em paralelo, ii) 6 baterias de 250 Ah (ampère/ hora), 24V (volts) ligadas em paralelo, iii) 2 controladores de carga, 1080W (watts), corrente nominal de 45A (ampere), corrente de curto-circuito de 89,18A (ampere), iv) 2 inversores, potência nominal de 1000 W (watts), potência de surto de 2200 W (watts).

IV. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECÔNOMICA

Para análise de viabilidade econômica é necessário obter o consumo de energia elétrica e o custo da energia em um determinado período, nesse caso foi considerado de janeiro a dezembro de 2014, totalizando 12 meses. Essa análise foi realizada por meio das faturas de energia elétrica.

O gráfico da Figura 8 apresenta os valores de consumo de energia elétrica em kW mensal e a média do período. A média do custo por kWh consumido de acordo com as faturas de energia consideradas no período é da ordem de R$ 0,56.

Figura 8- Gráfico de consumo de energia elétrica



O sistema proposto possui capacidade para atender toda demanda do condomínio. Ao longo do período de 12 meses pode ser fornecido pelos painéis fotovoltaicos isolados, uma energia de 2112kWh.

Para prover uma ideia de grandeza, calcula-se o valor da economia gerada substituindo a energia elétrica proveniente da concessionária pela energia do sistema solar.

O valor economizado (R$eco) durante o período é o produto da energia disponibilizada pelos painéis fotovoltaicos (Epf) e a média do custo da tarifa de energia elétrica (Tee). Com base nesse conceito, a economia gerada anual será de aproximadamente RS 1.478,40. Esse valor representa 98,1 % da fatura de energia. O valor não computado, representa a taxa de iluminação pública. Para uma economia mais eficiente, desativa-se o ponto da concessionária, evitando a taxa de iluminação pública e o custo pela disponibilidade do sistema, que é aproximadamente R$ 336,00 ao ano. O custo de investimento para aquisição dos equipamentos, 7 módulos fotovoltaicos, 6 baterias estacionárias, 2 inversores, 2 controladores, suportes, cabos, conectores, eletrodutos, somam R$14 050,00.

O tempo de amortização do investimento será realizado pelo cálculo de (PRS), período de retorno simples.

Dividindo o valor da compra do sistema proposto e o valor que passará a ser economizado ao longo dos anos pela nova fonte de energia renovável, resulta em uma recuperação de aproximadamente 9,5 anos. De acordo com NEOSOLAR (2015), os sistemas conectados à rede possuem uma vida útil de 30 a 40 anos. Inicialmente o resultado encontrado de amortização é superior aos aceitos no mercado, porém existem possibilidades de redução com utilização de sistemas conectados à rede (GRID-TIE) reduzindo no projeto equipamentos como, as baterias e controladores, consequentemente diminuindo o custo de investimento.

V. CONCLUSÃO

A geração de energia por sistema solar apresenta um desafio em termos tecnológicos, reduzindo o valor dos painéis deixando o sistema mais competitivo no mercado quando comparado com as fontes convencionais de energia.

A proposta atende as cargas estimadas, ficando no valor da fatura de energia elétrica somente o valor da contribuição com o sistema de iluminação e taxa mínima de disponibilidade.

O sistema fotovoltaico isolado, apresenta uma amortização considerável, porém em localidades isoladas de difícil acesso e centros de consumo relativamente pequeno, onde a concessionária terá que instalar uma infraestrutura mínima até o ponto de entrega de energia, a proposta passa a ser considerada como uma opção viável.

De acordo com o histórico dos indicadores de qualidade de energia da concessionária, o máximo de duração de interrupção individual (DIC) nos últimos 5 anos são de 4 horas. Como o sistema proposto foi dimensionado para uma autonomia de 2 dias, em termos de segurança do condomínio pelas câmeras, o mesmo está perfeitamente adequado com a necessidade.

Os sistemas fotovoltaicos vão além da economia de energia, é considerado como alternativa de fonte inesgotável.

Com o avanço da tecnologia e incentivos fiscais, a viabilidade econômica passa a ser possível dentro de um ambiente de desenvolvimento sustentável.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AES, Eletropaulo. **Entenda o aumento na conta de energia** (Março/2015). Disponível em: https://www.aeseletropaulo.com.br/para-sua-casa/conteudo/para-sua-casa - Acesso em 16/05/2015.

CEPEL, **Centro de pesquisa de energia elétrica** - Disponível em: http://www.cepel.br/main.jsp?lumPageId=4028E49E2FE048EC012FF952D1D47C72&CodLinhaPesquisa=4028B88136E3DBC70136E40476463ABA&lumItemId=4028B88136E3DBC70136E404764C3ABC - Acesso em 20/06/2015.

MOEHLECKE, A *et al*. grupo de trabalho de energia solar (GTES), **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**, 2014.

CRESESB 1, **Tutorial de energia solar fotovoltaica**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar - Acesso em 4/05/2015.

CRESESB 2, **Configuração do sistema de geração elétrica da casa solar**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=381 - Acesso em 4/05/2015.

GEOGRAFOS. **Município Brasileiro localizado na região Sudeste do Brasil**. Disponível em http://www.geografos.com.br/cidades-rio-de-janeiro/porto-real.php - Acesso em 2/05/2015.

GUSSOW, M. **Eletricidade Básica**. 4ª edição, Ed. Pearson Education do Brasil, São Paulo, Brasil. 1997.

NEOSOLAR, **Energias renováveis ou energias alternativas**. Disponível em: http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energias-renovaveis-ou-energias-alternativas - Acesso em 16/05/2015.

SOLENERG, **Módulos fotovoltaicos**. Disponível em: http://www.solenerg.com.br/produtos-modulos-fotovoltaicos.html - Acesso em 10/05/2015.

TIEPOLO, G. CANCIGLIERI JUNIOR, O. URBANETZ JUNIO, J. Comparação do potencial fotovoltaico do Paraná com Alemanha, Espanha e Itália – Valores revisados e atualizados, **Revista Sodebras**. XXXIII International Sodebras Congress, vol. 10, n.º 116, 2015, pp. 127-130.

VII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO A LED

DALMACIO ALMEIDA[1,2]; TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA[3]
1 – FATEC PROF. MIGUEL REALE; 2 – UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES;
3 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP/FEG)
dalmacio.almeida@gmail.com

Resumo - O objetivo deste estudo é apresentar os custos aproximados para servir de referência na implantação de um sistema solar fotovoltaico aliado ao uso de lâmpadas de LED, em uma edificação que abriga uma faculdade de tecnologia em São Paulo. O estudo objetivou os sistemas conectados a rede elétrica e secundariamente os sistemas isolados. O dimensionamento do sistema e o levantamento de custos foram feitos somente visando os circuitos de iluminação, por isso a proposta do estudo visa também substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. Com a implantação do sistema solar fotovoltaico, além da economia de energia, existe a possibilidade de se obter créditos de energia junto à concessionária nos momentos em que haver energia gerada e não consumida. O estudo vem de encontro com os projetos que visam à redução do consumo de energia, a geração de energia limpa e uma diminuição das cargas dependentes dos sistemas convencionais de geração de energia, que já se encontram no limite da capacidade de geração.

Palavras-chave: Sistema Solar Fotovoltaico, Lâmpadas de LED, Crédito de Energia.

I. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o ser humano, proporcionando o funcionamento de eletrodomésticos, lâmpadas e máquinas, dentre outras infinidades de cargas. Com o crescimento da população, cresce também a demanda por energia elétrica, exigindo-se cada vez mais dos sistemas de geração. A matriz energética do Brasil é predominantemente dependente dos sistemas hidráulicos, onde nos últimos 18 meses, de outubro de 2013 a março de 2015, foram responsáveis por uma produção de variou entre 66,2 % e 78,6 % da energia gerada na matriz (MME, 2015).

Nos sistemas hidráulicos de geração, o percentual de geração varia em função dos níveis dos reservatórios, ou seja, nos períodos em que os níveis hídricos ficam abaixo da margem mínima de segurança, o percentual de energia gerada através de sistemas hidráulicos diminuem e em contra partida, aumentam os percentuais de energia gerada por outras fontes de energia. Nos reservatórios de água, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é para o consumo humano e de animais (POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997).

No Brasil, a principal fonte de geração de energia que auxilia o Sistema Integrado Nacional nos momentos em que os níveis das hidroelétricas estão em baixa, tem sido as usinas termoelétricas que tem contribuído com aproximadamente 28% da energia gerada pela matriz energética do país, são sistemas que além de produzirem energia a um custo mais levado, são extremamente poluentes (MME, 2015).

Os sistemas eólicos de geração de energia elétrica cresceram 122% em 2014, contribuindo com 3,6% da energia elétrica gerada pela matriz brasileira. Já os sistemas fotovoltaicos, também em 2014, cresceram 202%, e mesmo assim não ultrapassam os 0,01 % da matriz energética (MME, 2015). O percentual de sistemas fotovoltaicos no Brasil, ficou ainda um número muito baixo em função da baixa quantidade de sistemas existentes anteriormente, que serviram como referência, com isso, o resultado final manteve-se em um patamar ainda muito baixo, desprezível, frente aos números da matriz energética brasileira, conforme informações da Tabela 1.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser uma alternativa interessante não somente para contribuir com a matriz energética do país, mas, principalmente porque o Brasil possui níveis de irradiação solar satisfatórios para esse tipo de geração de energia, entre 4500 e 6300 $Wh/m^2/dia$ (PEREIRA & MARTINS, 2006). Apesar de ser uma fonte de geração de energia ainda muito cara, é uma alternativa para que se possa aumentar a geração e atender a demanda por energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos de geração são mais regulares que os sistemas eólicos (GAZOLI & VILLALVA, 2012), pois, dependem única e exclusivamente dos níveis de irradiação solar que são mais constantes que os ventos, além disso, podem ser instalados em todas as regiões do país. A capacidade de geração de energia elétrica no Brasil, apesar de possuir algumas das maiores hidrelétricas do mundo, está muito próxima do limite, dependendo muitas vezes da importação de energia de países vizinhos (MME, 2015).

O Brasil possui grandes bacias hidrográficas com grande potencial hidráulico para explorar, no entanto, são projetos que podem se tornar extremamente caros, provocando grandes impactos ambientais e que necessitam de cerca de uma década para que possam ser concretizados. Diversos fatores podem contribuir ainda mais para o atraso da obra, tais como: estudos de impactos ambientais, licenças ambientais, opinião pública, protestos de ribeirinhos, tribos indígenas e ONGs, dentre outros.

Dentro deste contexto, os sistemas alternativos de geração de energia elétrica, principalmente o eólico e o solar fotovoltaico, apesar de serem intermitentes, com relação à geração, são muito bem vindos, podendo funcionar plenamente como sistemas auxiliares na geração de energia. São fontes de geração de energia que causam pouco ou nenhum impacto ambiental e podem gerar oportunidades de emprego de uma forma mais pulverizada, mais distribuída no território nacional.

ISSN 1809-3957

Os principais fatores que contribuíram para o baixo nível de interesse pela tecnologia fotovoltaica foram: Custos elevados de implantação, informações imprecisas com relação à eficiência energética do sistema e o tempo de *payback*. Os valores informados por fornecedores de sistemas fotovoltaicos giram em torno de R$7,50 o preço do Watt com um *payback* de 6 a 7 anos, no entanto, na prática, esses números são mais elevados.

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser instalados de duas formas, dependendo das características elétricas do consumidor, da localização e dos investimentos envolvidos. Em função dessas características, pode ser instalado a versão denominada de Sistema Isolado (Off-grid) ou pode ser instalada a versão denominada de Sistema Conectado a Rede (On-grid ou ainda Grid-tie). Nos Sistemas Isolados existe a necessidade de se utilizar um banco de baterias, o que acaba tornando-o mais caro. O uso de banco de baterias também torna o sistema menos eficiente, pois, os sistemas fotovoltaicos que possuem banco de baterias, dependendo do dimensionamento realizado, podem desperdiçar energia, pois, nos momentos em que o banco de baterias estiver totalmente cheio, o controlador de carga do sistema desconecta os painéis e a partir desse instante, toda energia gerada pelos painéis não são mais armazenadas, passam a ser energia desperdiçada (ZILLES *et al*, 2012).

No Brasil, a energia solar fotovoltaica tem sido instalada principalmente em locais não atendidos pela rede elétrica, em regiões de difícil acesso ou em regiões onde a instalação de linhas de distribuição de energia elétrica não é economicamente viável (MME, 2015), uma linha de transmissão pode apresentar valores bem mais elevados de investimentos, principalmente em se tratando de atendimento de locais de baixa demanda de energia.

A Tabela 1 traz informações sobre a evolução da matriz energética brasileira e também o percentual de uso de cada tipo de fonte de geração de energia, usando como referência os anos de 2013 e 2014.

Tabela 1: Matriz da Capacidade Instalada no Brasil

Fonte	Dez/2013 Capacidade Instalada (MW)	Dez/2014 Capacidade Instalada (MW)	Evolução Dez /13 a Dez /14
Hidráulica	86.019	89.193 (66,6%)	3,7 %
Térmica	38.529	39.817 (27,9%)	3,3 %
Gás Natural	13.888	12.590 (9,4%)	-9,3 %
Biomassa	11.472	12.392 (9,3%)	8,0 %
Petróleo	7.676	9.096 (6,8%)	18,5 %
Carvão	3.389	3.593 (2,7%)	6,0 %
Nuclear	1.990	1.990 (1,5%)	0,0 %
Outros	114	155 (0,1%)	36,3 %
Eólica	2.202	4.888 (3,6%)	122,0 %
F. Voltaica	5	15 (0,01%)	201,8 %
Total	126,775	133,913 (100%)	5,6 %

FONTE: Ministério de Minas e Energia (2015)

Em função dos crescentes aumentos da energia, autorizados pela ANEEL e também dos critérios do uso de bandeiras que elevam os preços da energia, dependendo do sistema de geração, tudo pago pelos consumidores em geral, este pode ser o momento ideal para investimentos em sistemas alternativos de geração de energia, até mesmo para aproveitar os incentivos do Governo para esses projetos. Neste ano de 2015, as contas de energia passaram a trazer o sistema das três bandeiras tarifárias. As bandeiras verde, amarela e vermelha, que indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade, ou seja, condições de geração favoráveis, condições de geração menos favoráveis e condições mais custosas de geração (ANEEL, 2015). Energia gerada por sistemas termoelétricos custam mais caro, neste caso, recebem a bandeira vermelha e têm os seus custos extras repassados para o consumidor, seguindo as condições de acréscimo do valor da energia conforme Tabela 2.

Tabela 2: Sistema de Bandeiras

CONDIÇÕES DE GERAÇÃO	BANDEIRA	ACRESCIMO
FAVORÁVEIS	VERDE	NÃO
MENOS FAVORÁVEIS	AMARELA	R$0,025/kWh
CUSTOSAS	VERMELHA	R$0,025/kWh

FONTE: ANEEL (2015)

II. PROCEDIMENTOS

Foram utilizados como referência para esse trabalho, os circuitos de iluminação de uma faculdade de Tecnologia em São Paulo, atualmente com 2220 lâmpadas fluorescentes de 32 W, totalizando uma potência instalada de 71040 W. Levando-se em conta que as lâmpadas vão ficar acesas por um período médio de 8 horas/dia e 26 dias úteis por mês, isso totaliza um consumo mensal de 14776320 W, só com iluminação.

O estudo está focado no levantamento de cargas e dimensionamento básico de sistema fotovoltaico para atendimento dessa demanda. Não foram apontados cálculos de dimensionamento e nem eventuais perdas que poderão ocorrer em cada etapa do processamento da eletricidade, pois, há perdas relacionadas a diferentes causas, tais como: aumento de temperatura de operação do gerador fotovoltaico, perdas ôhmicas no cabeamento, perdas nas etapas de conversão do inversor. As resultantes dessas perdas definem o grau de eficiência total do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (ZILLES *et al*, 2012).

O estudo propõe também a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED de 18 W cada, além da implantação do sistema solar fotovoltaico. A mudança da tecnologia de iluminação permitirá a redução de até 43,75% da energia consumida nos circuitos de iluminação, mudança que além de reduzir o número de painéis fotovoltaicos durante o processo de dimensionamento, resultará em uma potência instalada de 39960 W, que será utilizada como referência para o estudo.

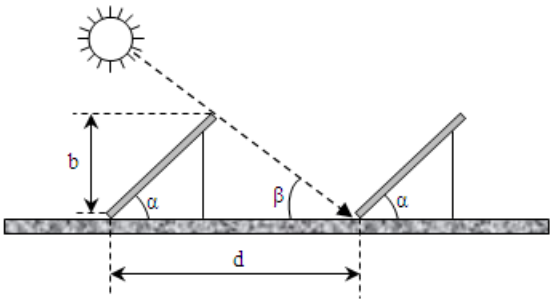
Todos os circuitos da edificação serão divididos em dois grandes grupos, que serão um grupo só para circuitos de iluminação e outro grupo só para circuitos gerais. Os circuitos de iluminação receberão energia do sistema solar fotovoltaico e também da rede elétrica, nos momentos em que não haver geração do sistema solar fotovoltaico. Os circuitos denominados de circuitos gerais recebem energia exclusivamente da rede elétrica da concessionária local de energia. Desta forma, o dimensionamento do sistema

ISSN 1809-3957

fotovoltaico será feito para atender somente os circuitos de iluminação da edificação, deixando todos os demais circuitos da edificação alimentados pela rede de energia da concessionária local.

A edificação possui uma arquitetura propícia para instalação do sistema solar fotovoltaico, pois, possui uma laje na cobertura com cerca de 600m^2 de área livre que pode ser utilizadas para instalação dos painéis fotovoltaicos, sendo possível um bom distanciamento entre os painéis, de forma a não provocar o efeito sombreamento um no outro, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Distância entre os painéis.



$$d = b \times (\cos \beta + \text{sen}\alpha / \text{tg}\, \beta) \quad (1)$$

Onde:
β – Altura mínima do Sol que vai determinar a distância máxima entre as fileiras para evitar o sombreamento entre elas;
α – Ângulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos;
d – Afastamento entre as fileiras dos painéis fotovoltaicos (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

A edificação está localizada no centro do terreno, não possui edificações vizinhas que possam gerar sombreamentos, o que seria prejudicial para o rendimento do sistema solar fotovoltaico de geração de energia.

O estudo tem como foco a viabilidade de se implantar um sistema fotovoltaico conectado a rede de energia da concessionária local, apresentando custos aproximados de um sistema tipo Grid-tie, gerando energia para os circuitos de iluminação e quando possível, fornecendo energia para a rede de energia da concessionária local que poderá fazer uso dessa energia para atender outros consumidores. A concessionária de energia por sua vez, fornecerá créditos de energia, em função dessa energia utilizada do sistema fotovoltaico. Em segundo plano, o estudo traz números para usar como referência, em se tratando de um sistema isolado. São números que apontam para uma inviabilidade total de se implantar um sistema isolado, para esse tipo de aplicação, uma vez que haverá a necessidade de um banco de baterias que encarecerá muito o projeto, além de trazer vários outros problemas como excesso de gastos com as trocas das baterias que devem ser feitas periodicamente, uma vez que a vida útil está dentro da faixa de 3 a 5 anos, isso sem falar no fator ecológico, pois as baterias são feitas à base de chumbo que é um material extremamente poluidor.

O sistema conectado a Rede de Energia da concessionária local apresentou números elevados, porém bem mais acessíveis que o modelo de sistema isolado. Com um dimensionamento para uma potência instalada de 39960 W, obteve-se um sistema com consumo mensal de 8311,68 W e um consumo anual em torno de 99740160 W. Neste estudo, o sistema fotovoltaico ficou configurado com 73,32 kWp, uma produção anual de 99732 kWh/ano, com 293 placas de 250 W cada, ocupando uma área de 470 m^2 na laje da edificação.

Essa proposta de estudo foi motivada pela possibilidade de redução do consumo de energia, obtenção de créditos de energia da concessionária local de energia para redução dos gastos com energia, assim como a contribuição com o aumento do uso de sistemas alternativos de geração de energia, diminuindo as cargas conectadas ao sistema convencional de geração de energia, proporcionando alternativas menos impactantes ao meio ambiente.

III. COMPARATIVO DE CUSTOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os custos para implantação de sistemas fotovoltaicos no país dependem de uma série de variáveis, que envolvem, por exemplo, o modelo de sistema solar fotovoltaico adotado, se esse sistema será conectado a Rede (Grid-tie) ou se será isolado (Off-grid), fabricante do sistema, cidade onde será montado o sistema, níveis de irradiação solar local, fiação necessária para a instalação, dentre outros fatores. Por esses motivos, a nível nacional, só é possível fazer o levantamento de custos por aproximação, mesmo se tratando de projetos com as mesmas características elétricas.

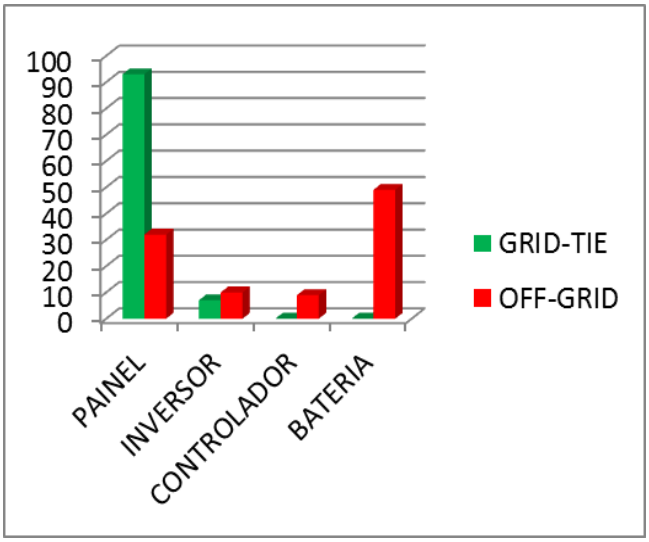
Neste estudo, foram utilizados os níveis de irradiação solar da cidade de São Paulo, local onde está localizada a edificação usada como referência para o projeto. O custo de implantação do sistema conectado a Rede de Energia, objetivo deste trabalho, ficou orçado em R$550.000,00, acrescido de cerca de R$35.000,00, após aproximadamente 12 anos, em função da troca dos inversores, onde segundo os fabricantes, a vida útil do inversor fica em torno de 10 a 12 anos. A vida útil dos painéis, segundo os fabricantes é de aproximadamente 25 anos.

Já o custo de implantação do sistema solar fotovoltaico para os mesmos circuitos, porém instalado isoladamente (Off-grid), foi orçado em cerca de R$1.040.000,00 acrescido também de R$35.000,00, referente a troca dos inversores após aproximadamente 12 anos da instalação, e também a troca de todo o banco de baterias que deverá ser feito periodicamente, acrescentando R$490.000,00 a cada 4 anos em média. Em 25 anos de vida útil dos painéis, o banco de baterias deverá ser trocado 5 vezes, o que acrescentaria um gasto total extra de cerca de R$2.450.000,00 ao longo dos 25 anos em função da troca do banco de baterias, totalizando um investimento ao longo de 25 anos em torno de R$3.525.000,00, sem as devidas correções e/ou aumento dos produtos.

A Figura 2 ilustra o porcentual de gastos por componentes, envolvendo os dois sistemas de geração: sistemas Isolados e também os sistemas conectados a Rede de Energia Local, deixando notórias as desvantagens em termos de custos do sistema solado (Off-grid).

ISSN 1809-3957

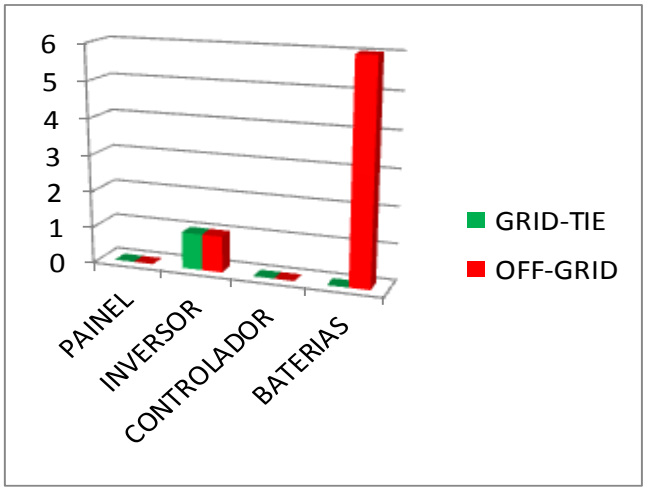
Figura 2 – Percentual de gastos por componentes



A Figura 3 ilustra a quantidade de vezes que cada item que compõe os sistemas deve ser trocados, em função da vida útil de cada componente:

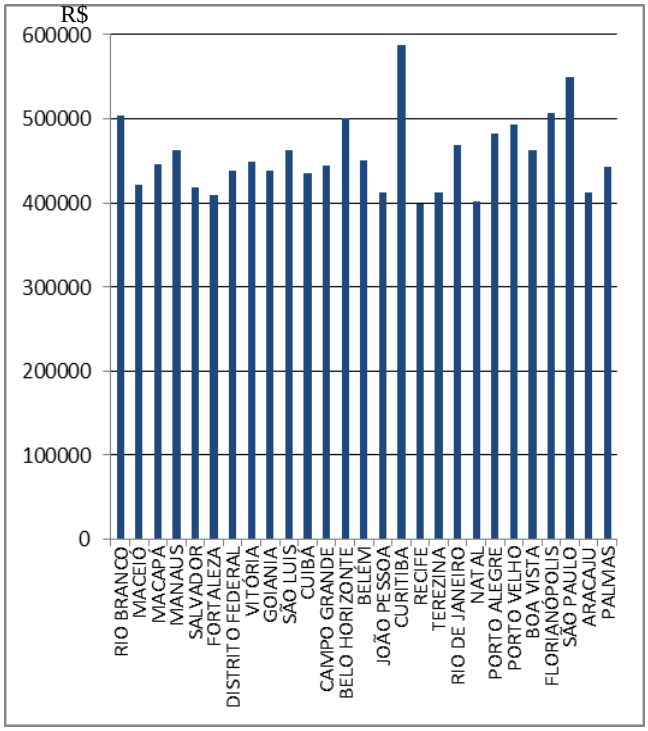
Os preços de cada projeto envolvendo sistemas fotovoltaicos podem variar para mais ou para menos, dependendo da cidade em que for implantado o sistema, isso acontece, principalmente em função dos níveis de radiação solar de cada cidade, podendo aumentar ou diminuir o número de painéis solares necessários para o projeto (PORTALSOLAR, 2015).

Figura 3 – Trocas realizadas antes de 25 anos de uso.



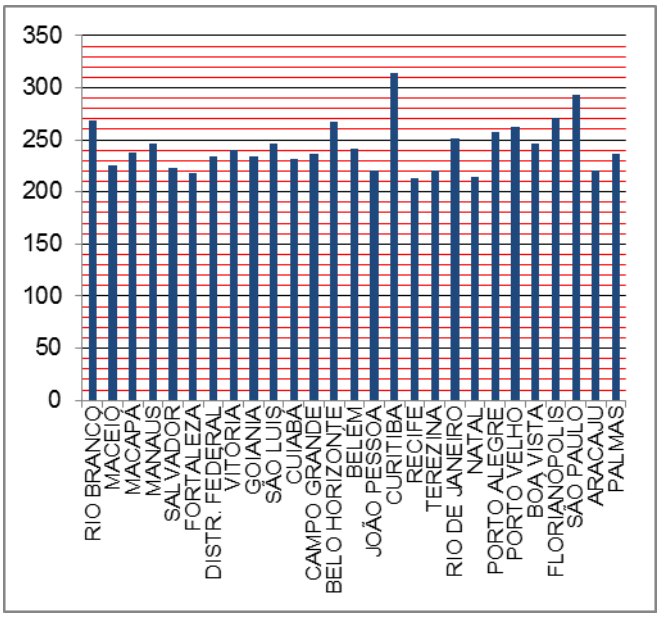
A Figura 4 ilustra de forma resumida os valores do mesmo projeto, com as mesmas características elétricas, com a mesma potência instalada, no entanto, implantado em cidades diferentes do país, sinalizando que os valores podem variar, com o mesmo projeto, até R$190.000,00 do menor para o maior caso, usando como exemplo na comparação, as cidades de Curitiba e Recife que apresentaram essa grande diferença de valores em função da quantidade de painéis necessárias para atender a demanda.

Figura 4 – Valores do sistema Grid-tie nas capitais.



Os valores são diferenciados principalmente pelo nível de radiação solar de cada localidade, podendo apresentar números bastante diferentes em termos de quantidade de painéis mesmo em se tratando de um projeto com as mesmas características de potência instalada, conforme ilustração da Figura 5.

Figura 5 – Quantidade de paineis em função da localização



Conforme informações contidas na Figura 5, haverá uma diferença de 101 painéis, do menor caso para o maior caso (Recife x Curitiba), fato que pode ser muito importante na definição de valores. Os valores de irradiação solar são apenas orientações para auxiliar no dimensionamento do sistema fotovoltaico, são registros de medições que variam ao longo dos anos. O valor de irradiação solar depende da

ISSN 1809-3957

localidade onde se deseja instalar o sistema. O ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar (Equação 2) é adotado para se obter maior geração anual de energia de acordo com a Resolução Normativa da Aneel n° 482/12 (ANEEL, 2015).

IV. CUSTOS DAS LÂMPADAS DE LED

Os custos para implantação das lâmpadas de LED, modelo T18 18 W cada, ficaram em R$150.000,00, valor que deverá ser somado aos custos de implantação do projeto.

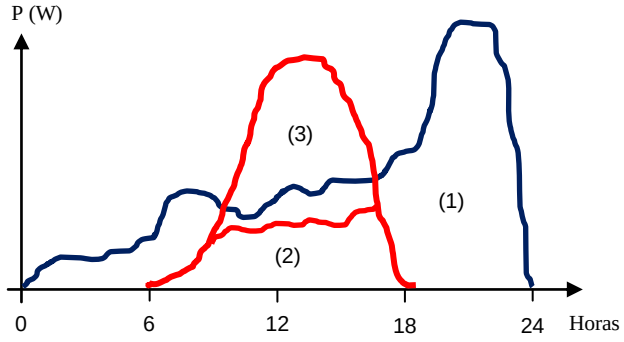
V. RESULTADOS

Como o objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade de instalação de um sistema Grid-tie, os números levantados são positivos, pois, durante o período em que haver maior incidência de irradiação solar, conforme ilustração da Figura 5, toda a energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico será utilizada para alimentar os circuitos de iluminação e se houver excedente de energia, essa energia será transmitida para a rede elétrica da concessionária local para que a mesma seja utilizada por outro consumidor. A energia transmitida para a rede será convertida em créditos que poderão ser utilizados nos momentos em que haver pouca ou nenhuma geração de energia, onde, dependendo dos créditos adquiridos, poderá haver troca de créditos por energia, podendo haver custo zero, dependendo da quantidade de créditos adquiridos durante o dia.

Dentro desse contexto, dependendo do rendimento do sistema e também da quantidade de créditos adquiridos pelo usuário durante o dia, o tempo de *payback* poderá ser inferior a 8,5 anos, praticamente um terço da vida útil dos painéis fotovoltaicos.

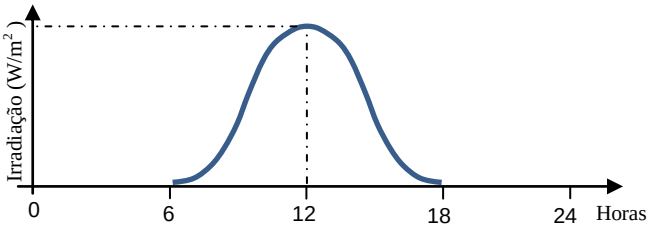
Na Figura 6, as linhas de cor azul representam a energia fornecida pela concessionária de energia local e as linhas de cor vermelha representam a energia gerada pelo sistema fotovoltaico. A região indicada pelo número (2) representa o período do dia em que houve consumo da energia dos circuitos de iluminação e também houve consumo da energia pelos demais circuitos, nesse período, os circuitos de iluminação consumiram a energia gerada pelo sistema fotovoltaico e os demais circuitos consumiram a energia gerada pela rede de energia. A região da Figura 6, indicada pelo número (3) representa a energia gerada pelo sistema fotovoltaico e não consumida pelos circuitos de iluminação. Essa energia gerada e não consumida será transmitida para a rede de energia da concessionária local que fará uso dessa energia. A quantidade de energia utilizada pela concessionária local será transformada em créditos de energia. Mais tarde, durante o período indicado pelo número (1) na Figura 6, todos os circuitos estarão consumindo energia somente da concessionária local que fará a troca pelos créditos obtidos durante o período indicado pelo número (3), podendo até, dependendo do caso, abater toda a energia consumida no período (1). Ao meio-dia solar, que é o ângulo entre o Sol e o meridiano local, onde o observador vê o Sol exatamente à sua frente ou acima, dependendo da época do ano, é o momento em que ocorre a maior geração de energia (Almeida et al, 2013).

Figura 6 – Sistema de Crédito de Energia



A energia solar captada que é recolhida durante uma determinada hora do dia e que é indicada em horas, é denominada de hora de pico solar (HPS). O valor do HPS pode variar entre 3 e 6 horas, dependendo do mês e do lugar da instalação (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011). A Figura 7 ilustra os níveis de pico solar durante o dia, atingindo o maior nível de energia ao meio dia solar.

Figura 7 – Hora de Pico Solar



O valor do HPS pode ser obtido através da fórmula:

$$HPS_\beta = G_\beta / I_\beta \qquad (2)$$

Onde:
HPS_β = Valor de horas de pico solar;
G_β = Valor da Radiação Solar;
I_β = Valor da potência de radiação solar incidente (kW/m^2);
β = Qualquer ângulo. Modificando-se esse ângulo, mudam-se os valores da irradiação solar e o número de horas de pico solar.

A Figura 8 traz um gráfico comparativo, de forma sintetizada, de todos os gastos envolvidos nos dois modelos de sistemas fotovoltaicos (on-grid e off-grid) onde é possível observar que em se tratando de sistemas isolados, além do custo inicial maior, haverá ainda mais investimentos ao longo do tempo, referentes as manutenções periódicas que acabam por elevar ainda mais os custos, fazendo com que praticamente, para esse tipo de projeto proposto, não haja *payback*.

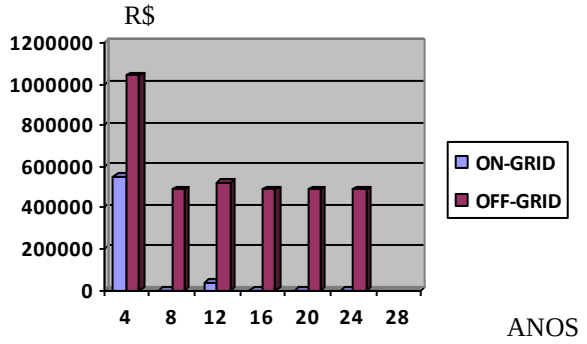
Para o sistema Grid-tie, o *payback* acontecerá em aproximadamente de 8,5 anos, podendo haver ainda uma pequena redução desse tempo, dependendo da eficiência do sistema solar fotovoltaico que poderá resultar em mais créditos de energia adquiridos nesse período e consequentemente menos energia a ser paga junto à concessionária.

As contas de energia dessa instituição giram em torno de R$16.800,00 mensais, onde, segundo a concessionária de energia, 42% desse valor, correspondem ao consumo de energia dos circuitos de iluminação, o que quer dizer que o gasto com iluminação na instituição é de aproximadamente

ISSN 1809-3957

R$7.056,00. Com a alimentação dos circuitos de iluminação feita através do sistema fotovoltaico e também pelos créditos de energia adquiridos junto a rede de energia da concessionária local, esse valor (R$7.056,00) seria a economia mensal da instituição.

Figura 8 – Gastos com os sistemas ao longo de 25 anos.



O *payback* do projeto será de aproximadamente 8,5 anos, desconsiderando os eventuais créditos de energia, que poderiam reduzir ainda mais esse número. Com esses números, haveria aproximadamente 16,5 anos de uso do sistema pagando a conta de uso da energia com uma economia de aproximadamente 43,75% ao mês, usando como referência as contas atuais e considerando a vida útil dos painéis.

VI. CONCLUSÃO

O sistema fotovoltaico conectado a rede poderá atender a demanda de energia solicitada pelos circuitos de iluminação da edificação, havendo inclusive, a possibilidade de obtenção de créditos de energia junto à concessionária de energia. Esses créditos poderão ser trocados por energia da rede, em momentos em que o sistema gere pouco ou nenhuma energia, o que poderia resultar em economia de energia consumida da rede, ou até mesmo não haver gasto algum de energia consumida da rede, reduzindo o tempo de *payback* do investimento. O sistema isolado que foi tratado de forma secundária nesse estudo, serviu para apontar a inviabilidade, de se utilizar esse tipo de sistema, para esse tipo de projeto, uma vez que as baterias, presentes nesse tipo de sistema encarecem vertiginosamente o projeto, e ainda contribuindo negativamente com o meio ambiente em função do uso de materiais poluentes em sua manufatura. Para o sistema isolado, praticamente não haverá *payback*.

VII. REFERÊNCIAS

Almeida, D.; Godoy Júnior, E.; Camargo, J. R.; Marcelino, M. A.; Garcia, R. L.; Oliveira, J. Y.; Jesus, R. O.; Correa, V. A. System Burner Low Flow of Biogas for Carbon Credits With Direct Thermoelectric and Photovoltaic Microgeneration. **Applied Thermal Engineering**, 2014. MICROGEN III, 2013.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso em: julho de 2015.

Gazoli R. J; Villalva M. G. **Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo: Editora Érica, 2012, p.15-216.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em: julho de 2015.

Pereira, E. B.; Martins, R. F.; Abreu, S. L. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**, ex.2, ed. 1, ed./2006.

Pereira F.; Oliveira M. **Curso Técnico Instalador de Energia Solar Fotovoltaica.** Porto: Publindústria, Produções de Comunicações, 2011.

PORTAL SOLAR. Disponível em : www.portalsolar.com.br. Acesso em julho de 2015.

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS: Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997

Zilles, R; Macêdo, W. N; Galhardo, M. A. B; Oliveira, S. H. F; **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2012.

VIII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE POR ILUMINAÇÃO A LED EM UM CENTRO COMERCIAL NA CIDADE DE APARECIDA, SP

EVALDO CHAGAS GOUVÊA, TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" – CAMPUS GUARATINGUETÁ – UNESP / FEG
gouvea.evaldo@gmail.com

Resumo *- A tecnologia mais recente no ramo da iluminação é a lâmpada LED. Existe uma grande expectativa no mercado consumidor para que as tradicionais lâmpadas fluorescentes sejam substituídas pelas lâmpadas LED, pois, de acordo com a literatura, economizam uma quantidade considerável de energia. O objetivo deste trabalho independente é analisar, do ponto de vista da eficiência energética, quais os possíveis benefícios que a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED pode trazer a um centro comercial localizado na cidade de Aparecida, estado de São Paulo. Foi realizado um levantamento de dados sobre as características e condições do sistema atual de iluminação do local e foram sugestionadas melhorias para aumentar a eficiência energética. Estima-se uma redução de 65,94% no consumo mensal de energia da iluminação com a utilização de lâmpadas LED, além de uma melhoria no fator de potência da instalação, redução de custos com reposição de lâmpadas e outros ganhos indiretos decorrentes do uso desta nova tecnologia.*

Palavras-chave: Iluminação. Lâmpadas LED. Eficiência energética.

Abstract – The latest technology in the lighting industry is the LED lamp. There is a great expectation in the consumer market for the replacement of traditional fluorescent lights by LED lamps, because, according to the literature, they save a considerable amount of energy. The objective of this independent work is to analyze, from the point of view of energy efficiency, which are the potential benefits that the replacement of fluorescent lamps by LED lamps can bring to a trade center located in the city of Aparecida, State of São Paulo. A data survey of the characteristics and conditions of the current lighting system of the site was done and were made suggestions of improvements to increase energy efficiency. It is estimated a reduction of 65.94% in the monthly energy consumption of lighting by using LED lamps, as well as an improvement in the power factor of the installation, reduction of costs with lamps replacement and other indirect gains from the use of this new technology.

Keywords: Lighting. LED lamps. Energy efficiency.

I. INTRODUÇÃO

A constante busca do ser humano por melhores soluções para os diversos problemas que enfrenta tem impulsionado vários avanços em pesquisa e desenvolvimento. Isso é verdade, especialmente, no campo da iluminação artificial, tão importante e necessária para a correta e segura realização de trabalhos em ambientes industriais, comerciais e residenciais.

Ao longo do tempo, foram desenvolvidas diferentes tecnologias para a construção de lâmpadas elétricas, desde as mais antigas incandescentes no início do século XIX (CAVALIN; CERVELIN, 2008) até as amplamente difundidas lâmpadas de descarga fluorescentes, utilizadas na iluminação de casas, escritórios, lojas de departamentos, mercados, e entre muitos outros.

A tecnologia mais recente no ramo da iluminação é a lâmpada LED. O LED (do inglês, *Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz) é um componente eletrônico composto por um semicondutor que emite luz ao ser percorrido por corrente elétrica (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1998), de maneira semelhante a uma lâmpada incandescente. No entanto, os LEDs de elevada eficiência não possuem filamentos e nem bulbo, sendo o semicondutor coberto por uma pequena lente plástica resistente.

Existe uma grande expectativa de que as lâmpadas LED substituam as tradicionais lâmpadas fluorescentes no mercado de iluminação ao longo dos próximos anos, devido a características como elevada eficiência energética e grande vida útil. Atualmente, os LEDs são empregados em diversas aplicações (RODRIGUEZ, 2014), tais como: lanternas, faróis automotivos, sinalização semafórica, letreiros luminosos, iluminação decorativa direcionada (como vitrines de lojas e projetos arquitetônicos) (OSRAM, 2014), iluminação pública (JÚNIOR, 2012), industrial e residencial (BRITO; FORTES, 2014).

Além disso, a situação crítica do sistema hidroelétrico brasileiro, que sofreu com os baixos índices pluviométricos registrados em 2014, resultando num baixo nível de geração hidrelétrica e na necessidade de ativação de usinas termelétricas para suprir a crescente demanda nacional por energia (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2014), provocou um aumento das tarifas de energia elétrica, aumentando, assim, a necessidade dos consumidores por sistemas de iluminação mais eficientes e econômicos.

Este é um trabalho independente, cujo objetivo é analisar, do ponto de vista da eficiência energética, quais os possíveis benefícios que a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED pode trazer a um centro comercial localizado na cidade de Aparecida, estado de São Paulo.

II. METODOLOGIA

Para este artigo, foram coletados dados sobre o sistema de iluminação do centro comercial em questão, através de

visitas realizadas ao local. Entre estes dados estão: quantidade, tipo, potência nominal e horários de funcionamento das lâmpadas. Na sequência, foram realizados cálculos com estimativas sobre as grandezas luminotécnicas e elétricas do sistema, para que seja feita uma avaliação das condições atuais.

Em seguida foi realizada uma pesquisa de mercado sobre lâmpadas alternativas que possam substituir as atuais, melhorando a eficiência energética. Por fim, foram realizadas estimativas teóricas sobre o novo desempenho do sistema, custos envolvidos, tempo de retorno do investimento e listados os benefícios e dificuldades da utilização de lâmpadas LED.

III. CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO COMERCIAL

Inaugurado em 1998, o centro comercial possui uma área de cerca de 8.200 m², um único andar, aproximadamente 330 lojas e uma praça de alimentação.

A praça de alimentação tem formato circular e é o centro da construção; possui estabelecimentos comerciais circundando as mesas e cadeiras, dispostas no centro do círculo. A partir da praça de alimentação, a construção se divide em quatro grandes seções retangulares, chamadas de asas, onde se localizam a maioria das lojas. No final de cada asa encontram-se os sanitários.

O centro comercial permanece aberto todos os dias da semana, inclusive em feriados nacionais, funcionando por nove horas consecutivas de segunda a sexta-feira e onze horas consecutivas aos sábados e domingos.

IV. CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

A fim de facilitar o entendimento do assunto, apresentam-se, a seguir, os conceitos simplificados de luminotécnica utilizados neste artigo (MAMEDE FILHO, 2010):

a) Fluxo luminoso: é a potência de radiação emitida por uma lâmpada em todas as direções do espaço. Unidade: lúmen (lm).

b) Intensidade luminosa: é a potência de radiação emitida por uma lâmpada em uma determinada direção do espaço. Unidade: candela (cd).

c) Iluminância, iluminamento ou nível de iluminamento: é a razão entre o fluxo luminoso e a área de superfície atingida por esse fluxo. Unidade: lm/m² ou lux.

d) Eficiência luminosa: é a razão entre o fluxo luminoso emitido e a potência elétrica da lâmpada. Unidade: lm/W.

e) Refletância: é a razão entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente em uma determinada superfície. É uma grandeza adimensional, geralmente expressa em percentual.

V. SITUAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A iluminação do centro comercial utiliza, principalmente, três tipos de lâmpadas: lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs) de 60 W, lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W e de 20 W. Também são utilizadas LFCs de baixa potência (cerca de 15 W), mas em pequena quantidade.

A iluminação dos corredores das asas e da praça de alimentação utiliza LFCs de 60 W, totalizando uma carga instalada de 29,22 kW. Porém, o elevado pé-direito da estrutura de cobertura da construção permite fazer um bom aproveitamento da iluminação natural, sem que haja insolação direta no ambiente interior, o que permite que a iluminação artificial permaneça desligada na maior parte do dia, sendo acionada apenas no final da tarde e em dias nublados.

As luminárias que acompanham as LFCs de 60 W têm o formato de projetor industrial, porém, são feitas de um material semitransparente, o que faz com que parte do fluxo luminoso da lâmpada seja direcionado ao teto, desperdiçando assim parte da luminosidade. Além disso, as luminárias das asas estão instaladas a cerca de quatro metros de altura, porém, o pé-direito das lojas das asas é de cerca de 2,5 m. Na praça de alimentação, as luminárias estão instaladas a uma altura ainda maior, pois o pé-direito é de cerca de dez metros e elas estão fixadas na estrutura da cobertura.

A iluminação das lojas é feita com a utilização de lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W de potência, totalizando uma carga instalada aproximadamente de 14,784 kW. Com o interior das lojas sendo todo em pintura branca (teto, paredes e piso) e com boa distribuição espacial das luminárias, verificou-se que o iluminamento está em níveis adequados para este tipo de ambiente com 543 lux, um pouco acima do que recomenda a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5413:1992[1] (ABNT, 1992), de acordo com cálculos feitos pelo Método dos Lumens (MAMEDE FILHO, 2010). As luminárias são do tipo calha (sem controle de ofuscamento), de embutir e, em geral, estão em bom estado de conservação. A iluminação artificial permanece acesa durante todo o período de funcionamento das lojas, visto que a iluminação natural não atende aos requisitos de iluminamento previstos em norma.

A iluminação dos sanitários utiliza lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W, gerando uma carga instalada de 6,08 kW. Diferentemente das lojas, as paredes são de tom amarelado, mas aqui também ocorre boa distribuição espacial das luminárias, que são do tipo calha aberta para duas lâmpadas de sobrepor. Pôde-se notar que as luminárias são antigas, possuem apenas superfície interna esmaltada (têm uma refletividade média, se comparadas aos modelos mais modernos) e algumas delas não estão em boas condições de limpeza. O nível de iluminamento, segundo os cálculos realizados, se mostra adequado ao tipo de ambiente (548 lux). A iluminação permanece acesa continuamente durante onze horas por dia, mesmo que não haja nenhuma pessoa utilizando os sanitários.

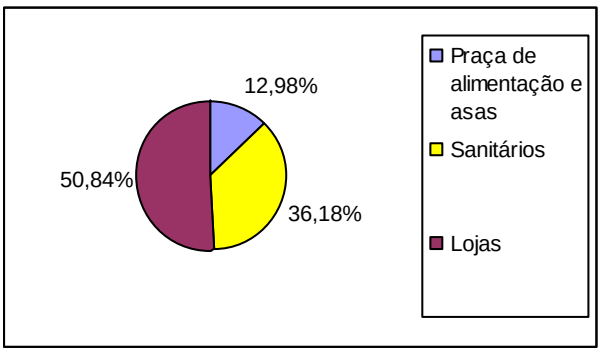
Somente as lâmpadas tubulares necessitam de um reator separado para sua correta operação. Não foi possível obter dados sobre o tipo de reator utilizado, mas devido à idade da construção, há uma grande possibilidade de que existam vários reatores eletromagnéticos ainda em uso no local. No entanto, para fazer uma estimativa conservadora da carga instalada, considerou-se que são empregados apenas os modernos reatores eletrônicos, que são mais econômicos.

[1] Norma vigente à época do projeto do centro comercial. Atualmente foi substituída pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

A carga instalada total do sistema de iluminação é de aproximadamente 50,084 kW. Considerando os diferentes horários de funcionamento do centro comercial durante a semana, pôde-se estimar o consumo mensal de energia elétrica em aproximadamente 10,35 MWh e, anualmente, consome-se 124,2 MWh.

A contribuição percentual de cada parte do sistema de iluminação é distribuída de acordo com o gráfico da Figura 1.

Figura 1 – Contribuição de cada parte do sistema no consumo mensal de energia da iluminação.



Pode-se notar, na Figura 1, que a iluminação das lojas é a responsável pela maior parte do consumo de energia com iluminação da instalação, seguido pelas lâmpadas dos sanitários.

Devido ao uso de iluminação natural na praça de alimentação e asas do centro comercial, as LFCs existentes nesses locais contribuem muito pouco para o consumo mensal, mesmo sendo de maior potência, já que permanecem desligadas na maior parte do dia. Dessa maneira, promover a substituição destas lâmpadas resultaria em um impacto reduzido na conservação de energia, motivo pelo qual optou-se pela não alteração desta parte do sistema de iluminação. As melhorias serão sugeridas apenas nas lojas e sanitários.

As lâmpadas fluorescentes compactas e tubulares utilizadas têm, em média, uma vida útil de 10.000 horas (PHILIPS ILUMINAÇÃO, 2015); considerando o tempo de uso mensal em cada ambiente, a durabilidade média das lâmpadas das lojas é de 37 meses e dos sanitários é de 30 meses.

Com a ajuda da iluminação natural, a durabilidade média das LFCs das asas e da praça de alimentação é estimada em 217 meses.

VI. MELHORIAS SUGERIDAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De posse dos dados sobre a situação atual da iluminação, foi realizado um estudo, no qual foram apontados diversos pontos de melhoria no sistema de iluminação, de maneira a reduzir o consumo de energia.

As sugestões de melhorias identificadas são descritas nesta seção.

No interior das lojas, a sugestão é a substituição das atuais lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W por lâmpadas LED tubulares de 10 W, que produzem quase o mesmo valor de fluxo luminoso das fluorescentes, mas consomem metade da energia destas. A iluminância sofreria uma pequena redução de 5,7%, mas ainda atende às recomendações da norma ABNT NBR 5413:1992 e também da nova norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (ABNT, 2013).

Além disso, os atuais reatores das lâmpadas fluorescentes seriam retirados, pois as lâmpadas LED não necessitam deles, sendo conectadas diretamente à rede elétrica. As luminárias das lojas seriam mantidas, pois estão em boas condições e podem ser adaptadas facilmente para o uso de LEDs.

Nos sanitários, há uma lista de melhorias que podem ser realizadas:

a) substituir as antigas luminárias do tipo calha aberta, de sobrepor, por modernas luminárias para lâmpadas LED, de sobrepor;

b) realizar limpeza nas luminárias a cada seis meses, para evitar a depreciação (redução) do fluxo luminoso das lâmpadas;

c) substituir as lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W por lâmpadas LED tubulares de 20 W.

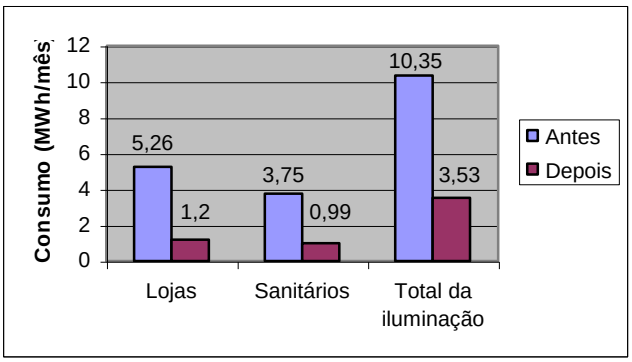
As lâmpadas LED de 20 W produzem menor quantidade luz que as fluorescentes de 36 W, mas ainda forneceriam uma quantidade de luz adequada para este tipo de ambiente (de acordo com as recomendações das normas vigentes), considerando que é um local de curta permanência; o novo nível de iluminamento é estimado em 466 lux. Assim como ocorreria nas lojas, as lâmpadas nos sanitários não necessitam de reator, proporcionando uma maior economia de energia.

VII. RESULTADOS ESPERADOS

Com a implementação das medidas sugeridas, espera-se alcançar uma redução na carga instalada da iluminação das lojas de aproximadamente 54,6% ou 8,064 kW. Nos sanitários, espera-se uma redução de aproximadamente 47,4% ou 2,88 kW. No total, a carga instalada em iluminação diminui de 50,084 kW para 39,14 kW; isso significa um alívio total no carregamento do sistema elétrico de 10,944 kW, que representa a quantidade de cargas que podem ser adicionadas ao centro comercial para outros fins, sem que haja a necessidade de substituir condutores e disjuntores por outros de maior capacidade ou em criar novos circuitos elétricos para alimentação dos novos equipamentos. Dessa maneira, poderiam ser adicionados outros elementos como, por exemplo, lâmpadas para iluminação direcionada nas vitrines das lojas ou ainda, ventiladores para refrigeração ambiente.

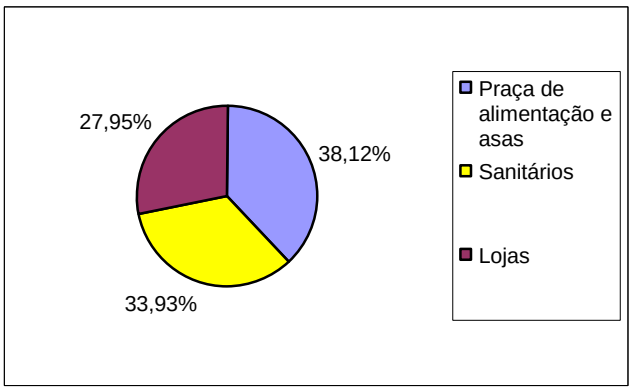
Em relação à eficiência energética, estima-se uma notável redução de 65,94% no consumo de energia do sistema de iluminação, de 10,35 MWh/mês para cerca de 3,53 MWh/mês. De maneira mais específica, nas lojas calcula-se uma redução de 77,3% no consumo de energia e nos sanitários uma economia de 73,7%. Estes dados podem ser melhor visualizados na Figura 2.

Figura 2 – Estimativas da redução no consumo de energia após a modernização da iluminação.



A nova contribuição percentual de cada parte do sistema no consumo de energia da iluminação do centro comercial está representada graficamente na Figura 3.

Figura 3 – Contribuição esperada de cada parte do sistema no consumo de energia da iluminação após implementação de melhorias



Nota-se, na Figura 3, uma maior uniformidade das contribuições de cada parte do sistema, quando comparado ao gráfico da Figura 1. É possível perceber, também, a redução das contribuições no consumo mensal das lojas e sanitários, graças às sugestões de melhoria da eficiência energética. A contribuição percentual da praça de alimentação e asas aumentou consideravelmente; no entanto, deve-se ressaltar que não houve alterações nesta parte do sistema de iluminação, portanto, o consumo mensal de energia (em MWh) permaneceu o mesmo.

Espera-se também uma melhoria no fator de potência da instalação, pois os reatores eletromagnéticos possuem um fator de potência muito baixo, da ordem de 0,35. Devido à idade da instalação, é possível que vários deles ainda estejam em uso, reduzindo o fator geral do local. As lâmpadas LED possuem um sistema eletrônico integrado, que faz com que o fator de potência atinja valores acima de 0,92, não necessitando assim de um sistema externo de correção do valor, como ocorreria com os reatores tradicionais.

Lâmpadas LED têm uma vida útil de, no mínimo, 30.000 horas, segundo dados obtidos em catálogos de fabricantes (PHILIPS ILUMINAÇÃO, 2015). Este valor é três vezes superior à vida útil das lâmpadas fluorescentes, o que poderia proporcionar uma redução dos custos de reposição de lâmpadas para apenas um terço do valor atual, sendo este um ganho significativo para o setor de manutenção do centro comercial. Com LEDs, a durabilidade média das lâmpadas das lojas seria de 112 meses e para os sanitários seria 91 meses.

Além de ganhos em eficiência energética, financeiros e de manutenção, a utilização de lâmpadas LED pode proporcionar ganhos indiretos, os quais não podem ser mensurados analiticamente. Destacam-se aqui os ganhos estéticos, pois o uso de LEDs confere um aspecto de modernidade e elegância ao centro comercial, que poderá receber boas críticas por parte de seus visitantes, o que, por sua vez, poderá atrair ainda mais pessoas para conhecer o local, causando maior visibilidade à tecnologia.

É importante ressaltar, também, os ganhos ambientais, já que ao economizar energia consomem-se menos recursos naturais, poupando a água dos principais reservatórios do país, especialmente em épocas com índices pluviométricos abaixo do normal. Ademais, lâmpadas LED não contêm mercúrio, um metal pesado que é nocivo ao meio ambiente.

VIII. CUSTOS E TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Tomando como base os preços médios praticados no mercado em julho de 2015, o investimento total para a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED é de R$ 86.192,00, incluídos neste valor o custo dos materiais e da mão-de-obra.

Considerando: o preço médio da energia elétrica praticado pela concessionária local de energia no mês de julho de 2015, para alimentação em baixa tensão (classe B3) (EDP, 2015a); os tributos que incidem sobre a conta de energia (EDP, 2015b); o custo estimado da mão de obra para manutenção do sistema de iluminação do centro comercial; o custo das lâmpadas para reposição e o consumo mensal de energia estimado, pôde-se calcular o tempo de retorno do investimento em cerca de 19 meses.

Para fins de comparação entre a iluminação fluorescente e a LED, a Tabela 1 apresenta os principais valores resultantes do cálculo do tempo de retorno do investimento.

A partir dos dados da Tabela 1, pode-se concluir que apesar do preço das lâmpadas LED ser, em média, 7,2 vezes superior ao das lâmpadas fluorescentes no presente momento, o consumo geral de energia é três vezes mais baixo, assim como o valor a ser pago à concessionária mensalmente, diminuindo a conta de energia em R$ 4.189,20 por mês. Além disso, as lâmpadas LED têm uma durabilidade três vezes maior, o que causa uma redução dos gastos com manutenção em 34,9%. Em termos gerais, o novo custo operacional do sistema de iluminação é 2,66 vezes mais baixo que o atual, significando que o sistema com LEDs é 62,38% mais econômico que o fluorescente.

Nota-se também que a economia mensal total é estimada em R$ 4.476,14, o que representa uma economia anual de R$ 53.713,68, que ficariam disponíveis para que a administração possa investir em outras áreas do estabelecimento. Como os custos com manutenção são reduzidos, alguns funcionários deste setor poderiam ser redistribuídos para outros setores do centro comercial, onde ocorra falta de pessoal.

Tabela 1- Comparativo entre lâmpadas fluorescentes e LED e tempo de retorno do investimento.

	Unidades	ANTES	DEPOIS	Diferença
Tipo de lâmpada	-	Fluorescente	LED	-
Vida útil média das lâmpadas	horas	10.000	30.000	-
Preço médio das lâmpadas	R$	5,90	42,50	-
Consumo mensal de energia da iluminação	MWh/mês	10,35	3,53	6,82
Custo do consumo mensal de energia[1]	R$/mês	6.352,88	2.163,68	4.189,20
Custo de manutenção da iluminação[2]	R$/mês	822,34	535,40	286,94
Custo operacional mensal[3]	R$/mês	7.175,22	2.699,08	4.476,14
Investimento total	R$	-	86.192,00	-
Tempo de retorno do investimento	meses	-	19,26	-

Notas:
1: Inclui os tributos PIS, COFINS, e ICMS.
2: Somatório dos custos com reposição de lâmpadas e da mão-de-obra para manutenção.
3: Somatório do custo do consumo mensal de energia e do custo de manutenção da iluminação.

É importante destacar ainda que o tempo de retorno do investimento calculado é um valor mínimo, ou seja, são necessários, no mínimo, 19 meses para recuperar a quantia investida. Isso ocorre porque o cálculo executado é denominado na literatura de *payback* simples: este, diferentemente do *payback* descontado, não leva em conta os efeitos da inflação ao longo dos anos e do aumento gradual das tarifas de energia, que podem fazer o tempo de retorno do investimento aumentar (HIRSCHFELD, 1998). O *payback* simples fornece uma estimativa rápida do tempo de retorno.

Ocorrendo uma redução dos preços das lâmpadas LED nos próximos anos (o que indica a tendência atual), o tempo de retorno do investimento, neste caso, tenderá a diminuir.

IX. CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE LEDS EM ILUMINAÇÃO

Embora as lâmpadas LED sejam capazes de gerar uma significativa economia de energia, elas são uma tecnologia nova que vem se consolidando no mercado, especialmente quando se trata de iluminação geral de ambientes internos. Por isso, lâmpadas LED têm um custo elevado, quando comparadas com as tradicionais fluorescentes, e são pouco utilizadas pelo público em geral.

Os preços vêm reduzindo significativamente desde 2013 (RODRIGUEZ, 2014), mas ainda não alcançaram o mesmo nível de preço competitivo das fluorescentes.

Outro aspecto a ser considerado é a falta de padrões internacionais para fabricação e teste de lâmpadas LED (KEMELING, 2014), por ser esta uma tecnologia nova e em constante desenvolvimento, o que dificulta a comparação e escolha de um modelo apropriado pelo consumidor, fato que pode criar inseguranças sobre aspectos como qualidade e durabilidade.

Além disso, lâmpadas LED podem conter limitações ainda não conhecidas (KEMELING, 2014), já que a tecnologia se desenvolve muito rapidamente e nem todas as suas características podem ter sido exaustivamente testadas.

X. CONCLUSÃO

Com este trabalho independente, pode-se concluir que a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED gera um grande aumento na eficiência energética de uma instalação, produzindo vários benefícios para o sistema elétrico e de iluminação, apesar de ainda haver algumas dificuldades no uso em larga escala dos LEDs.

A substituição da iluminação fluorescente por iluminação a LED pode gerar uma redução de 65,94% no consumo mensal de energia do estabelecimento comercial analisado, além de uma redução na carga instalada de 10,944 kW. A longa vida útil das lâmpadas LED resulta em uma redução de 34,9% nos gastos com manutenção, enquanto o baixo consumo de energia destas produz uma economia anual de R$ 53.713,68 no custo operacional do sistema de iluminação, que seria 62,38% mais econômico que o fluorescente. Apesar de o custo para substituição das lâmpadas ser alto (R$ 86.192,00), o retorno do investimento se daria em um prazo relativamente curto, de 19 meses.

A tecnologia de lâmpadas LED é relativamente nova na história da indústria da iluminação e, como qualquer novidade, apresenta elevado custo inicial para sua utilização. Além disso, no presente momento, não há uma padronização estabelecida para sua produção e comercialização.

Porém, o uso das modernas lâmpadas LED traz vários benefícios ao consumidor. O principal deles é a redução significativa do consumo de energia, mantendo o mesmo nível de iluminação no ambiente. Destaca-se, também, a ausência de reatores, o que economiza ainda mais energia e aumenta o fator de potência da instalação; o aumento considerável da vida útil das lâmpadas e redução dos custos com reposições; melhoria do aspecto visual do ambiente (estética), causada pela modernização da iluminação e contribuição para o meio ambiente, pois as lâmpadas LED não contêm mercúrio (como nas lâmpadas fluorescentes) e reduzem o consumo de recursos hídricos e fósseis usados na geração de energia.

XI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413:** Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 649p.

BRITO, A. S. de; FORTES, M. Z. Selo PROCEL – Avaliação da Etiquetagem em Eletrodomésticos. **Revista SODEBRAS**, [s.l.], v. 9, n. 99, p. 57-61, mar. 2014.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais:** Conforme Norma NBR 5410:2004. 18. ed. São Paulo: Érica, 2008. 422p.

EDP. **Informações Comerciais:** Tarifas de fornecimento. Disponível em: <http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/informacoes/comerciais/tarifas-de-fornecimeto/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 22 jul. 2015.

EDP. **Informações Comerciais:** Tabela de cálculo do PIS/PASEP e COFINS. Disponível em: <http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/informacoes/comerciais/tabela-do-calculo-pis-pased-confins/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 22 jul. 2015.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

JÚNIOR, G. M. da S. Utilização da Energia Solar em Sistemas de Iluminação Pública. **Revista SODEBRAS**, [s.l.], v. 7, n. 76, p. 12-17, abr. 2012.

KEMELING, J. **Tips & Trends:** Tackle LED Compatibility. EDN Network, 15 jan. 2014. Disponível em: <http://edn.com/design/led/4427117/Tips---Trends--Tackle-LED-compatibility>. Acesso em: 27 ago. 2014.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 666p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro:** Agosto 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/Boletim_de_Monitoramento_do_Sistema_Elxtrico_-_Agosto-2014.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

OSRAM. **Notícias e conhecimento:** Página de LED. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/noticias-e-conhecimento/pagina-de-led/index.jsp>. Acesso em: 04 out. 2014.

PHILIPS ILUMINAÇÃO. **Catálogo de produtos:** Lâmpadas. Disponível em: <http://www.ecat.lighting.philips.com.br/l/lampadas/41334/cat/>. Acesso em: 22 jul. 2015.

RODRIGUEZ, E. **What you should know about HBLEDs – and nobody will tell you, part 1.** EDN Network, 14 jun. 2014. Disponível em: <http://www.edn.com/design/led/4431287/What-you-should-know-about-HBLEDs-and-nobody-will-tell-you--part-1>. Acesso em: 27 ago. 2014.

XII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

UMA ANÁLISE PREVENTIVA E COMPARATIVA DO PROBLEMA FLUXO DE POTÊNCIA ÓTIMO COM RESTRIÇÃO DE SEGURANÇA

MARINA TEIXEIRA COSTA[1]; EDMÉA CÁSSIA BAPTISTA[2]; LEONARDO NEPOMUCENO[3]
1 – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica UNESP-Bauru; 2 –Departamento de Matemática UNESP-Bauru; 3 – Departamento de Engenharia Elétrica UNESP-Bauru
marinateixeiracosta@gmail.com[1]; baptista@fc.unesp.br[2]; leo@feb.unesp.br[3]

Resumo ***- O problema Fluxo de Potência Ótimo (FPO), proposto por Carpentier (1962), determina a melhor condição de operação de um sistema elétrico de potência (SEP). Existem diferentes classes de problemas FPO de acordo com os diversos tipos de funções a serem otimizadas, e conjuntos de controles e de restrições utilizados. Neste trabalho, é investigado o FPO com Restrição de Segurança Preventivo (FPORS preventivo), o qual considera restrições decorrentes da operação do sistema sob um conjunto de contingências. Este problema é não-linear, não-convexo e de grande porte. Na literatura existem diversos modelos e métodos de solução para o mesmo. A proposta deste trabalho é resolver o FPORS preventivo e comparar sua solução com a do FPO padrão para resolver os problemas é utilizado o método primal-dual de pontos interiores. Foram resolvidos o FPO e o FPORS preventivo associados a um sistema elétrico de 14 barras e os resultados obtidos foram comparados.***

Palavras-chave: Fluxo de Potência Ótimo com Restrição de Segurança. Otimização Não-Linear. Método de Pontos Interiores.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, qualquer problema que envolva a determinação de estado ótimo de um sistema elétrico de potência (SEP) é referido como sendo um problema de FPO. O estado ótimo é atendido ajustando-se controles disponíveis para minimizar uma função objetivo sujeito a restrições operacionais e de segurança. Este problema é formulado como um problema de otimização restrita, não linear, não convexo, de grande porte e de variáveis contínuas e/ou discretas.

Diferentes classes de problemas de FPO são determinadas de acordo com as funções escolhidas para serem otimizadas, e conjuntos de controles e de restrições utilizados. Essas classes de problemas de FPO podem ser vistas como subconjuntos de um problema geral. Destaca-se que diversas técnicas de solução têm sido desenvolvidas para resolver os problemas de FPO (EL-HAWARY, 2007).

Podemos citar algumas das classes de FPO, como: o problema de despacho econômico, cujas formulações clássicas envolvem um problema quadrático, que minimiza uma função associada ao custo dos combustíveis empregados na geração termoelétrica de energia e as restrições podem envolver os limites das variáveis de controle, as equações de fluxo de potência, o balanço de geração, entre outras (BALBO *et al*, 2012); o problema de máximo carregamento, o qual pode ser modelado como um problema de otimização restrita, não-linear, com variáveis contínuas e discretas, cujo objetivo é determinar o máximo aumento de carga em um SEP, satisfazendo suas restrições operacionais (SOLER *et al*, 2013); e o FPO com Restrição de Segurança (FPORS), o qual leva em consideração restrições decorrentes da operação de um sistema sob um conjunto de contingências e é um problema não-linear, não-convexo, de grande porte e com variáveis contínuas e discretas (CAPITANESCU *et al*, 2011).

Segundo (CAPITANESCU *et al*, 2011), o FPORS tem sido abordado na literatura por diversos autores, e é uma importante ferramenta para os operadores dos sistemas de transmissão, tanto para o planejamento operacional do sistema, quanto para a precificação da energia.

Neste trabalho são investigados os problemas de FPO padrão e o de FPORS Preventivo, utilizando o Método Primal-Dual de Pontos Interiores para a resolução.

Este trabalho encontra-se dividido como segue: na seção II é apresentado o modelo geral do problema FPORS; na seção III é apresentado o Método Primal-Dual de Pontos Interiores; na seção IV os resultados dos testes realizados para um problema FPO padrão e um FPORS Preventivo, considerando um sistema elétrico de 14 barras e, finalmente, na seção V as conclusões são estabelecidas.

II. O FPO COM RESTRIÇÃO DE SEGURANÇA

Muitos artigos, os quais discutem os desafios do FPORS, foram publicados após os anos 90, entre eles destacam-se, (CAPITANESCU *et al*, 2011) e (SOLIMAN & MANTAWY, 2012).

Diversas questões tornam o FPORS mais complicado do que o problema FPO padrão, como: o grande número de variáveis adicionais e a variedade de estratégias de controle corretivo no estado de pós-contingência, (CAPITANESCU *et al*, 2011).

As principais dificuldades de resolução dos FPORS são: formulação/elaboração do problema, as dificuldades computacionais, e as técnicas de resolução.

i. O modelo do FPORS

A formulação convencional do problema FPORS apresentada em Capitanescu *et al* (2011) é descrita de (1) a (8):

ISSN 1809-3957

$$\text{Minimizar} \quad f\ \ x_0, u_0 \tag{1}$$

sujeito a:

$$g_0\ \ x_0, u_0\ \ = 0 \tag{2}$$

$$h_0\ \ x_0, u_0\ \ \le L_l \tag{3}$$

$$g_k^s\ \ x_k^s, u_0\ \ = 0, \qquad k = 1, \cdots, c \tag{4}$$

$$h_k^s\ \ x_k^s, u_0\ \ \le L_s, \qquad k = 1, \cdots, c \tag{5}$$

$$g_k\ \ x_k, u_k\ \ = 0, \qquad k = 1, \cdots, c \tag{6}$$

$$h_k\ \ x_k, u_k\ \ \le L_m, \qquad k = 1, \cdots, c \tag{7}$$

$$\left| u_k - u_0 \right| \le \overline{\Delta u_k}, \qquad k = 1, \cdots, c \tag{8}$$

em que, k representa a configuração do sistema, adota-se $k = 0$ para a configuração de pré-contingência, e $k = 1, \ldots, c$ para as c configurações de pós-contingência.

Tem-se que:

- x_k é o vetor de variáveis dependentes para o estado k. No problema FPORS preventivo aqui investigado este vetor é composto pela magnitude de tensão V_i^k nas barras de carga para as configurações de contingência $k = 1, \ldots, c$ e ângulo das tensões θ_i^k em todas as barras para os estados de contingência $k = 1, \ldots, c$;
- x_k^s é o vetor de variáveis dependentes para o estado pós-contingência k em um curto período de tempo (antes de ocorrer a ação do operador para modificar as variáveis controláveis após uma contingência);
- u_k é o vetor de variáveis controláveis para o estado k. No problema FPORS preventivo aqui investigado este vetor é composto pela potência ativa gerada na barra de geração i, para a configuração k, dada por Pg_i^k e pelas magnitudes de tensão nas barras i controladas, para a configuração k, dada por V_i^k; Assim temos $u_0 = \left[Pg^0, V^0 \right]^T$ e $u_k = \left[Pg^k, V^k \right]^T$, em que Pg^k é o vetor das potências ativas geradas nas barras de tensão controladas, e V^k é o vetor das magnitudes de tensão nas barras controladas para o estado pós-contingência $k = 1, ..., c$.
- $\overline{\Delta u_k} = T_k\, du_k / dt$ é o vetor de máximo ajuste permitido para as variáveis de controle entre o caso base e o *k-ésimo* estado de pós-contingência;
- T_k é o intervalo de tempo disponível para as ações corretivas para garantir a factibilidade do estado de pós-contingência e du_k / dt é a taxa de alteração das variáveis de controle, em resposta a uma contingência;
- L_s, L_m, L_l denotam, respectivamente, os limites de operação de curto (emergência), médio e longo prazos (normal).Em geral, $L_l \le L_m \le L_s$, pois os limites que são suportados por um equipamento em longo prazo são menores do que os limites que ele pode suportar em curto período de tempo.

A função objetivo $f(x_0, u_0)$ em (1) é dada pela função quadrática que representa o custo de produção de energia de unidades termelétricas, conforme (9):

$$f\ \ u_0, x_0\ \ = f\ \ u_0\ \ = \sum_{i \in \Omega_c} a_i\ \ Pg_i^0\ \ ^2 + b_i Pg_i^0 + c_i \tag{9}$$

em que, Ω_c é o conjunto das barras de carga; Pg_i^0 é a potência gerada pela unidade de geração i para a configuração pré-contingência $(k=0)$; a_i, b_i e c_i são constantes pré-determinadas para a função de custo de geração da unidade de geração i.

As restrições de igualdade (2), (4) e (6) representam as equações de balanço de potência ativa e reativa da transmissão sem e com contingências, as quais, de modo geral, podem ser representadas por (10) e (11):

$$\Delta P_i = Pg_i - Pc_i - \sum_{m \in \kappa_i} V_i V_m \left[g_{im} \cos\ \theta_{im}\ + b_{im} \text{sen}\ \theta_{im}\ \right] \tag{10}$$

em que a restrição (10) é escrita para todo $i \in \Omega_c \cup \Omega_g$; sendo que Ω_g é o conjunto das barras com tensão controlada; κ_i é o conjunto definido pela barra i e suas vizinhas; Pg_i e Pc_i são as potências ativas geradas e consumidas na barra i, respectivamente; g_{im} e b_{im} são a condutância e susceptância da linha im, respectivamente, e $\theta_{im} = \theta_i - \theta_m$.

$$\Delta Q_j = Qg_j - Qc_j - \sum_{m \in \kappa_j} V_j V_m \left[b_{jm} \cos\ \theta_{jm}\ + g_{jm} \text{sen}\ \theta_{jm}\ \right] \tag{11}$$

em que a restrição (11) é escrita para todo $j \in \Omega_c$; κ_j é o conjunto definido pela barra j e suas vizinhas; Qg_j e Qc_j são as potências reativas geradas e consumidas na barra j, respectivamente.

As restrições de desigualdades (3), (5) e (7) representam os limites físicos e operacionais do sistema, os quais são descritos por meio das restrições (12), (13), (14) e (15) detalhadas a seguir. Estas restrições são escritas para os estados de pré e pós-contingência.

Os limites nos fluxos de potência ativa nas linhas de transmissão e transformadores, são dados em (12):

$$P_{km}^{\min} \le P_{km} \le P_{km}^{\max}, \forall km \in \Omega_r \tag{12}$$

em que Ω_r é o conjunto de todos os ramos do sistema (linhas de transmissão e transformadores) e a expressão para o fluxo de potência ativa no ramo km é dada por (13):

$$P_{km} = g_{km} V_k^2 - V_k V_m\ \ g_{km} \cos\theta_{km} + b_{km} \text{sen}\theta_{km}\ \ , \forall km \in \Omega_r \tag{13}$$

Os limites na geração de potência ativa e reativa em barras de tensão controlada são dados em (14) e (15):

ISSN 1809-3957

$$Pg_i^{\min} \le Pg_i \le Pg_i^{\max}, \forall i \in \Omega_g \quad (14)$$

$$Qg_j^{\min} \le Qg_j \le Qg_j^{\max}, \forall j \in \Omega_g \quad (15)$$

em que a expressão para a geração de potência reativa na barra j é formulada conforme (16):

$$Qg_j = Qc_j + \sum_{m \in \kappa_j} -b_{jm}V_j^2 + V_jV_m\left[b_{jm}\cos\theta_{jm} + g_{km}\text{sen}\theta_{jm}\right] \quad (16)$$

Os limites nas magnitudes de tensão são formulados por meio de restrições canalizadas, conforme (17):

$$V_i^{\min} \le V_i \le V_i^{\max}, \forall i \in \Omega_c \cup \Omega_g \quad (17)$$

A inequação (8) é uma restrição destinada a prevenir ajustes irrealistas das variáveis de controle entre os estados base e de pós-contingência.

É importante enfatizar que o problema FPO padrão é um caso particular do FPORS, em que as restrições (4) a (8), associadas às configurações de pós-contingências, não são consideradas. Destaca-se que a variáveis de controle u_0 das restrições (4) e (5) para as redes com contingência são as mesmas utilizadas para a rede sem contingência nas equações (2) e (3). Isso significa que os controles u_0 (calculados quando as restrições de (2) a (5) são conjuntamente consideradas) são controles calculados para suportar intrinsecamente todas as c contingências do sistema por um determinado período de tempo. Dessa forma, se algumas dessas c contingências ocorrer na operação em tempo real do sistema, o operador ainda terá um interval de tempo para exercer ações de controle corretivo. Devido a esse fato, tais controles são denominados de controles preventivos. Supõe-se que no curto prazo, não haverá tempo suficiente para se tomar ações de controle corretivos (para a correção alguma infactibilidade na rede pós-contingência), de modo que os controles corretivos devem estar previamente preparados para tais contingências. A partir dessa análise, define-se o problema FPORS preventivo, em que somente as restrições de (2) a (5) são levadas em consideração.

Por outro lado, os controle u_k, $k = 1, \cdots, c$ utilizados nas equações de rede (6) a (7) e na equação (8), não são os mesmos calculados para o caso base. Esses controles são calculados imaginando-se que em um determinado intervalo de tempo (médio prazo) serão possíveis de adotar ações que corrijam problemas relacionados (ações corretivas). As ações de controle u_k, $k = 1, \cdots, c$ são portanto denominadas de ações de controle corretivo.

III. MÉTODO DE RESOLUÇÃO

Vários modelos e métodos de resolução foram desenvolvidos para a solução do FPORS (MITHUN, MUTHYALASRINIVAS & SYDULUMAHESWARAPU, 2011).

Neste trabalho é proposta a solução do modelo do FPORS preventivo, (1) a (5), utilizando o Método Primal-Dual de Pontos Interiores (WRIGHT, 1997) o qual é apresentado nesta seção.

Dado o problema restrito:

$$\begin{aligned} &\textit{Minimizar} && f(x) \\ &\textit{sujeito a} && h(x) = 0 \\ & && g(x) \le 0 \end{aligned} \quad (18)$$

em que $x \in \mathbf{R}^n$, $f: \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}$, $h: \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}^l$ e $g: \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}^m$, e f, g e h são de classe C^2.

São adicionadas variáveis de folga às restrições de desigualdade de (18), as quais são tratadas através da função barreira logarítmica, resultando no problema (19):

$$\begin{aligned} &\textit{Minimizar} && \varphi_\mu(z) \equiv f(x) - \mu\sum_{i=1}^{m}\ln s_i \\ &\textit{sujeito a}: && h(x) = 0 \\ & && g(x) + s = 0 \end{aligned} \quad (19)$$

em que $s > 0$ é um vetor de variáveis de folga, $z = (x, s)^T$ e $\mu > 0$ é o parâmetro de barreira. Ao problema (19) é associada a seguinte função Lagrangiana:

$$L(z, \lambda, \mu) = \varphi_\mu(z) + \lambda_h^T h(x) + \lambda_g^T (g(x) + s) \quad (20)$$

em que $\lambda_h \in \mathbf{R}^l$ e $\lambda_g \in \mathbf{R}^m$ são os vetores dos multiplicadores de Lagrange é definido $\lambda = (\lambda_h, \lambda_g)^T$.

O Método Primal-Dual de Pontos Interiores consiste em encontrar uma solução aproximada para o problema (18), através da resolução de uma sequência de problemas irrestritos, tendo como função objetivo (20), em que o parâmetro de barreira $\mu = \mu_k$ é fixado e atualizado por $\mu_{k+1} = \beta\mu_k$, $\beta > 1$.

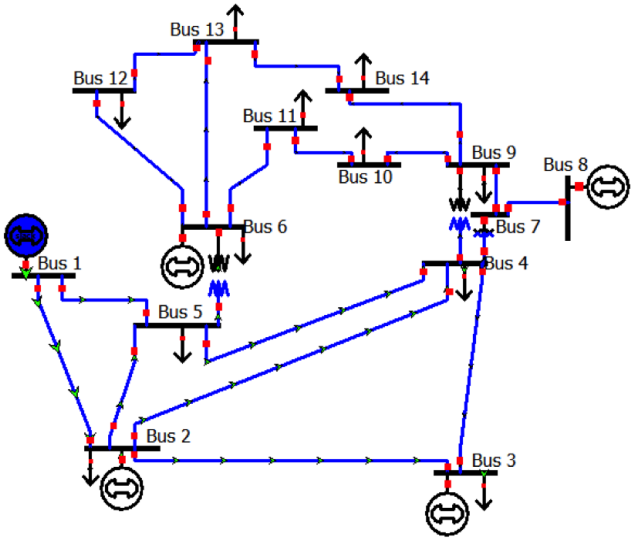
Uma sequência de soluções desses problemas $z(\mu_k)$ é determinada e quando $\mu_k \to 0$, então $z(\mu_k) \to z^*$, em que z^* é um ótimo local do problema restrito (18).

IV. RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Para a análise dos problemas FPO padrão e de FPORS preventivo, foi utilizado um sistema teste de 14 barras, cujo diagrama unifilar é apresentado na Figura 1. Associado a esse sistema formula-se o problema FPO padrão. Em seguida, foi simulada nesse sistema uma contingência na linha 2-4, conforme mostrado na Figura 2, e, a partir deste sistema contingenciado, formula-se o problema FPORS preventivo. Os testes foram realizados em um computador com processador Intel Core i5, 2.50GHz e 8.0 GB de memória RAM e o Método Primal-Dual de Pontos Interiores foi utilizado através do pacote de otimização KNITRO em interface com a plataforma GAMS (WALTZ & PLATENGA, 2010).

ISSN 1809-3957

Figura 1 - Diagrama do Sistema Elétrico de 14 barras.



O sistema da Figura 1, possui cinco barras de geração (barras 1, 2, 3, 6 e 8) e onze barras de carga (barras 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 e 14). Para a formulação do FPO padrão, o limite de longo período de fluxo de potência nas linhas é adotado como $L_l = 30MW$ (este valor foi obtido através de simulações com o FPO sem limite de fluxo de potência nas linhas). Os valores para os limites das tensões e dos ângulos do problema são fixados da seguinte maneira: $0{,}94 \le V_i^0 \le 1{,}06, \forall i = 1,\cdots,14$ e $\theta_1^0 = 0$, (em que o sobrescrito $k = 0$ representa o sistema original, sem contingência). Desta forma, resolvemos o problema FPO padrão utilizando as equações (1) a (3).

Os coeficientes da função objetivo (9), que representam os custos de geração de cada unidade termelétrica, são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 1 – Coeficientes da função objetivo.

UNIDADE GERADORA	a_i	b_i	c_i
1	0,043029	20	0
2	0,250000	20	0
3	0,010000	40	0
6	0,010000	40	0
8	0,010000	40	0

Os resultados obtidos através da resolução do problema FPO padrão são apresentados na Tabela 2. Observou-se que o algoritmo convergiu em um tempo de 0,085s e em 9 iterações. O valor da função objetivo obtido é $f = \$\,8{,}436027$.

Tabela 2 – Valores obtidos para o problema FPO padrão.

BARRA	$\mathbf{V}^0$	$\boldsymbol{\theta}^0$	$\mathbf{Pg}^0$
1	1,059999	0	0
2	1,058685	0,009894	1,191911
3	1,059999	-0,047057	0,636448
4	1,043287	-0,039067	-
5	1,047041	-0,027456	-
6	1,047076	-0,025991	0,627176
7	1,030314	-0,046157	-
8	1,052760	-0,005653	0,249337
9	1,010456	-0,076358	-
10	1,008626	-0,007256	-
11	1,023323	-0,005127	-
12	1,029807	-0,046103	-
13	1,021081	-0,005128	-
14	1,021081	-0,009733	-

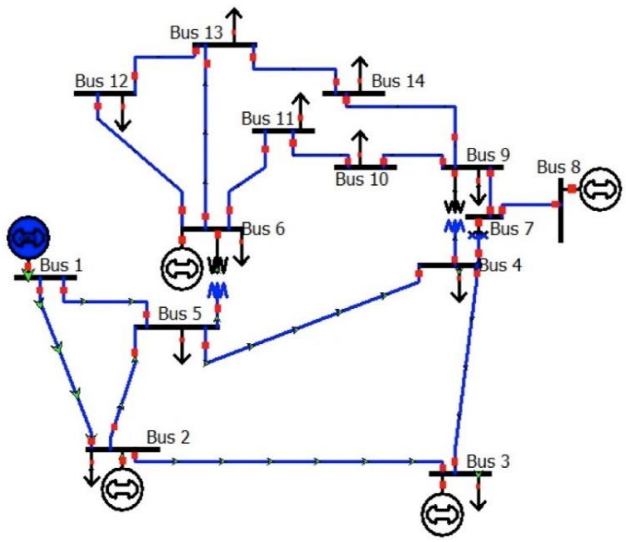
Na Tabela 3 são apresentadas as dimensões do problema FPO padrão.

Tabela 3 – Dimensões do problema FPO padrão.

NÚMERO DE VARIÁVEIS	32
NÚMERO DE RESTRIÇÕES DE IGUALDADE	23
NÚMERO DE RESTRIÇÕES DE DESIGUALDADE	50
NÚMERO DE RESTRIÇÕES DE VARIÁVEIS CANALIZADAS	19

Na Figura 2 é simulada uma contingência na linha 2-4 do sistema em questão:

Figura 2 - Diagrama do Sistema Elétrico de 14 barras com contingência na linha 2-4.



Para a formulação do problema FPORS preventivo, adota-se, na Figura 2, o limite emergencial de curto período de fluxo de potência nas linhas como $L_s = 40MW$ (o valor de L_s foi adotado como 33% maior do que L_l). Os valores para os limites das tensões e ângulos do problema são fixados da seguinte maneira: $0.94 \le V_i^1 \le 1.06, \forall i = 1,\cdots,14$ e $\theta_1^1 = 0$ (O sobrescrito k=1 representa a primeira situação de contingência - perda da linha 2-4). O modelo de FPORS preventivo é formulado utilizando as equações (1) a (5).

ISSN 1809-3957

Nesta formulação, a função objetivo é mantida a mesma da formulação do FPO padrão e além das restrições do problema padrão, são acrescentadas as equações de balanço de fluxo de potência e os limites operacionais para o sistema contingenciado.

O mesmo conjunto de variáveis de controle ótimo utilizado para o FPO padrão é também utilizado para o FPORS preventivo. Neste caso, as variáveis ótimas calculadas são denominadas de controles preventivos, visto que elas já preveem uma potencial situação futura de contingência. Quando esta contingência ocorrer, o operador do sistema terá tempo para efetuar uma ação de controle específica, já que os controles ótimos calculados já previram esta contingência.

Os resultados obtidos através da resolução do problema são apresentados na Tabela 4. Observou-se que o algoritmo convergiu em um tempo de 0,095s e 10 iterações. O valor da função objetivo é $f = \$\ 9{,}438794$.

Tabela 4 – Valores obtidos para o problema FPORS preventivo.

BARRA	V^1	θ^1	Pg^1
1	1,034035	0	0,329339
2	1,030231	-0,014026	0,108796
3	1,059999	-0,035614	0,895360
4	1,022485	-0,026518	-
5	1,027065	-0,015738	-
6	1,032647	0,046286	0,945564
7	0,982343	-0,005641	-
8	0,969934	0,049849	0,300000
9	0,970282	-0,028696	-
10	0,972188	-0,020379	-
11	0,997032	0,011057	-
12	1,014137	0,025661	-
13	1,004367	0,020775	-
14	0,965841	-0,025484	-

Na Tabela 5 são apresentadas as dimensões do problema FPORS preventivo.

Tabela 5 – Dimensões do problema FPORS preventivo.

NÚMERO DE VARIÁVEIS	58
NÚMERO DE RESTRIÇÕES DE IGUALDADE	46
NÚMERO DE RESTRIÇÕES DE DESIGUALDADE	92
NÚMERO DE RESTRIÇÕES DE VARIÁVEIS CANALIZADAS	33

Comparando as Tabelas 2 e 4, é observado um decréscimo na potência gerada total para o caso com restrição de segurança, o que pode ser relacionado a uma redução de perdas do sistema entre o estado base e de pós-contingência, já que o sistema foi novamente despachado de maneira diferente e os fluxos nas linhas foram rearranjados. Pode ser notado também um decréscimo no perfil de tensão, devido ao novo despacho.

Um aumento do custo da função objetivo é observado após a contingência, o qual é condizente com um sistema mais seguro. Ou seja, em geral torna-se mais caro operar um sistema com restrições de segurança.

V. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram investigados os problemas de FPO padrão e FPORS preventivo, os quais foram resolvidos através do Método Primal-Dual de Pontos Interiores. Através de um sistema teste de 14 barras foi possível destacar as principais diferenças nas formulações de ambos os problemas e verificar a influência da segurança no perfil de tensão, na geração de potência ativa e nos custos de geração. Observou-se que os controles ótimos calculados pelo FPORS preventivo trazem informações sobre as contingências das linhas do sistema de transmissão, desta forma, são capazes de prevenir o sistema contra tais contingências, de modo que o operador do sistema dispõe de um intervalo de tempo para a execução de ações corretivas. No sistema teste investigado, verificou-se que para a prevenção de contingências, os controles ótimos são recalculados de modo que a função objetivo aumenta de valor. Mostrou-se que as alterações estão coerentes com a física do sistema de potência, já que no caso com contingência, as potências ativas precisam ser reajustadas de modo a suprir o desarranjo do sistema. Pode-se verificar também o aumento na dimensão do problema computacional a ser resolvido, já que foram necessárias diversas variáveis e restrições adicionais para a representação do sistema elétrico contingenciado (Tabelas 3 e 5). Assim, os principais efeitos associados às contingências foram verificados neste trabalho. Para investigações futuras, pretendemos resolver os problemas de FPO e FPORS utilizando: sistemas de maiores dimensões, as demais equações (corretivas) do modelo não abordadas neste trabalho e estratégias de redução do conjunto de restrições de modo a reduzir as dimensões dos problemas.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, A. R.; SOUZA, M. A. DA S.; BAPTISTA, E. C.; NEPOMUCENO, L. Predictor-Corrector Primal-Dual Interior Point Method for Solving Economic Dispatch Problems: A Postoptimization Analysis. **Mathematical Problems in Engineering** (Print) p. 1-26, 2012.

CAPITANESCU, F.; MARTINEZ RAMOS, J. L.; RAMOS, M.; PANCIATICI, P.; KIRSCHEN, D.; MARANO MARCOLINI A.; PLATBROOD, L.; WEHENKEL, L. State-of-the-art, challenges, and future trends in security constrained optimal power flow, **Electric Power Systems Research**, 1731-1741, 2011.

CARPENTIER,J. L. Contribution a Lètude du Dispatching Economique, **Bull-Soc. Fr. Elec. Ser**, 431-447, 1962.

EL-HAWARY, M. E. Electrical Energy Systems 2nd ed, **CRC Press Inc, Bosa Roca**, 2007.

SOLER, E. M.; BAPTISTA, E. C.; SOUSA. V. A.; COSTA, G. R. M. Resolução do Problema de Máximo Carregamento com variáveis de controle discretas, **Anais do XLVSBPO**, 1205-1213, 2013.

WALTZ, R. A.; PLATENGA, T. D. Knitro user's manual. Version 7.0, **Technical Report, Ziena Optimization**, Evanston, IL, USA. (http://www.gams.com/dd/docs/solvers/knitro.pdf), 2010.

WRIGHT, S. J. (1997), Primal-Dual Interior Point Methods, **SIAM Journal**, 289-304.

VII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE FINOS DOS PRECIPITADORES

SANTOS, GUILHERME SOUZA[1], SILVA, JOSÉ ANTÔNIO DA[1], ASSUNÇÃO, TERESA CRISTINA BESSA NOGUEIRA[1]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
guilhermesouzasantos@yahoo.com.br, jant@ufsj.edu.br, bessa@ufsj.edu.br

Resumo - O presente estudo tem como objetivo analisar a eficiência energética no transporte pneumático de finos dos precipitadores de uma planta de pelotização. Sabe-se que o ar comprimido, nesse tipo de aplicação, é o responsável pelo arraste do material particulado, dentro de calhas ou tubos de fluidização, para retorná-lo ao processo de pelotização após a captação desse material pelo precipitador. A utilização de ar comprimido é um recurso frequentemente usado na indústria. Em suas várias aplicações é importante conhecer que para se comprimir o ar utiliza-se energia. Um dado volume de material particulado requer uma determinada vazão de pressão de ar para que seja transportado, assim os compressores são os responsáveis por transmitir a energia necessária para obtenção da vazão e pressão de ar requerida. Nesse sentido, evidenciou-se que há formas mais eficientes para utilização de energia elétrica para gerar potência no acionamento dos compressores. Para tanto, primeiramente avaliou-se as condições ideais de trabalho dos compressores como também o tratamento do ar e a forma de operar o sistema e, posteriormente, estudou-se o transporte de finos, avaliando quais os parâmetros no precipitador podem afetar diminuindo ou aumentado a demanda de vazão ou pressão de ar comprimido que por sua vez utilizará mais ou menos energia elétrica que é o parâmetro final a ser analisado.

Palavras-chave: Eficiência energética. Pelotização. Compressores.

I. INTRODUÇÃO

Sabe-se que dentro das usinas de pelotização é necessária a retirada de material particulado de minério de ferro do forno com o objetivo de evitar emissões e ajudar na qualidade do ar local. Esse material é retirado por sucção gerada por ventiladores e posteriormente são retidos nos precipitadores eletrostáticos nas placas com campo magnético.

No processo de separação do material particulado de efluentes gasosos, um dos equipamentos mais usados em indústrias de grande porte é o precipitador eletrostático, devido a sua elevada eficiência na remoção de partículas finas, pois há necessidade de remover partículas com diâmetros menores de 2,5 µm, por trazerem prejuízos ao sistema respiratório humano (CASS *et al*., 1998).

Após a passagem pelo precipitador, o particulado é destinado para silos ou moegas que o armazenam. Na planta de pelotização da empresa Vale, localizada em Congonhas, Minas Gerais, o material armazenado nessas moegas é retornado ao processo por transporte pneumático. Dentro de tubos ele é impulsionado pelo ar comprimido que se mistura com o sólido e o faz fluir até o ponto inicial do processo, que no caso da planta de Mina Fábrica fica em pontos de até 300 metros do início do transporte.

Desta forma, o objetivo do estudo foi analisar a eficiência energética no transporte pneumático de finos dos precipitadores, buscando evidenciar o modo mais eficiente do ponto de vista energético para a realização do transporte desse material particulado de minério de ferro.

II. PROCEDIMENTOS

O minério de ferro é o principal componente da produção mundial de ferro e aço. Vale observar que praticamente todo o minério de ferro produzido no mundo é consumido na fabricação de aço. O remanescente é, por sua vez, destinado às indústrias de cimento, química, dentre outras (MINÉRIO DE FERRO, 2015).

O aproveitamento do minério se dá através da lavra, onde o produto bruto vai para o beneficiamento, sendo submetido a várias operações de fragmentação, classificação por tamanhos, concentração, desaguamento, etc. de forma que seja tornado químico-físico-metalurgicamente ao atendimento das exigências dos processos siderúrgicos (MINÉRIO DE FERRO, 2015).

Durante o processo de desmonte, lavra, fragmentação e manuseio, grãos finos são gerados, mas são inadequados para o uso direto em reatores de redução – alto-forno e módulo de redução direta, devendo ser aglomerados em plantas de sinterização ou pelotização (MINÉRIO DE FERRO, 2015).

A pelotização é o processo de compressão ou moldagem de um dado material na forma de um pellet. Uma grande variedade de materiais diferentes pode passar por tal processo, incluindo produtos químicos, minério de ferro, ração animal composta, dentre outros.

No caso do minério de ferro, a pelotização em partículas ultrafinas se dá através de um tratamento térmico. Esta fração ultrafina (abaixo de 0,15 mm) é encontrada desta forma na natureza ou gerada por meio do beneficiamento.

A pelotização tem como produto aglomerados esféricos de tamanhos na faixa de 8 a 18 mm, com características apropriadas para alimentação das unidades de redução, tais como altos-fornos.

A função dos precipitadores eletrostáticos é precipitar, através de impulsos eletromagnéticos, o pó em suspensão, que passa por ele. Na Usina de Pelotização de Fábrica existem 3 precipitadores eletrostáticos, 2 na região da queima e 1 ambiental, e o pó coletado por eles é extremamente fino (granulometria abaixo de 1 mm). Assim, todo o pó coletado pelos precipitadores eletrostáticos é

ISSN 1809-3957

direcionado a uma moega. Este pó deve ser transportado da moega a um silo elevado, onde vai ser inserido novamente ao processo.

A maneira mais eficiente de se transportar este material é através de pulsos de ar comprimido nos dutos que contêm o pó, fazendo com que a pressão provocada no duto transporte o material até o silo.

Os pulsos de ar comprimido são provocados pelo sistema pilotado de regulagem de pressão. Cada vez que o ar pilotado chega à válvula reguladora, esta libera o ar da linha de alta pressão no duto de transporte, gerando o pulso de ar comprimido. Existem vários conjuntos de reguladores pilotados em toda a extensão da tubulação. Com isso, o sistema garante que vários pulsos serão liberados, de acordo com a demanda de material, gerando o transporte.

Quando a válvula solenoide, através da leitura do medidor de nível da moega, libera o ar comprimido na linha pilotada, todo o sistema começa a funcionar e o transporte é realizado.

Segundo Meira (2009), o precipitador eletrostático é usado para controle de material particulado. Em termos comerciais, é usado por quase um século para o controle de emissões de cinzas de caldeiras, incineradores e outros processos industriais, como a fabricação de cal, cimento, papel e processamento e produção de ácidos.

O precipitador eletrostático é um equipamento muito importante nas plantas industriais, sendo utilizado tanto para o controle das emissões de material particulado para a atmosfera, quanto para a proteção de equipamentos auxiliares, servindo de exemplos os ventiladores de tiragem reduzida. Segundo Falaguasta (2005), o precipitador eletrostático pode atingir alta eficiência de remoção para uma ampla faixa granulométrica, incluindo as partículas mais finas.

Para Branco (2015), o precipitador eletrostático possibilita o controle de poluição em empresas que emitem gases e partículas poluidoras à atmosfera, por meio da captação de poluentes e liberação de gás limpo para a atmosfera. Suas vantagens residem na operação a elevadas temperaturas, alta eficiência de coleta das partículas, baixa perda de carga e baixo custo de manutenção, conforme Kim, Park e Lee (2001) e Parker (2003).

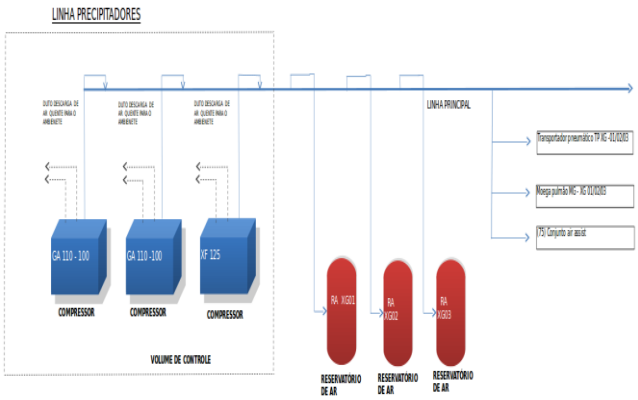
Sua instalação, assim, está associada, quase sempre, ao controle ambiental; no entanto, a recuperação e produtos, como sulfato de sódio dentre outros metais, fazem com que ele se torne um equipamento mais importante ainda.

Os precipitadores industriais presentam eficiência de coleta superior a 99% para grandes volumes de gases (NÓBREGA, 2002; ZHUANG et al., 2000; HUANG; CHEN, 2002). O precipitador eletrostático promove a remoção de material particulado, utilizando forças elétricas originadas na alta tensão aplicada nos eletrodos de emissão para deslocar as partículas dos gases de exaustão até os eletrodos de captação. O campo elétrico gerado nos eletrodos de emissão carrega as partículas eletricamente pelo efeito corona e elas serão atraídas pelos eletrodos de captação, onde serão aglomeradas, formando uma camada de material. Os eletrodos de captação são submetidos a um ciclo intermitente de batimento, provocando a queda do material particulado até as tremonhas inferiores, onde ocorrerá a remoção do material aglomerado. Os gases limpos são encaminhados para a chaminé.

III. RESULTADOS

Para abordar os problemas operacionais encontrados foram utilizadas duas técnicas. Na primeira abordagem foi feita uma avaliação dos compressores. O objetivo final era avaliar quanta energia elétrica o compressor consome para gerar o ar requerido pelo sistema de transporte, ou seja, definiu-se o volume de controle para essa análise, conforme Figura 1.

Figura 1 – Linha compressores



Para realizar o estudo, foi utilizado o equipamento multi canal que é instalado nos equipamentos para recolher informação crítica do sistema e determinar as características do sistema existente. Foi medida reação individual dos compressores e pressão do sistema em relação aos processos de consumo dinâmico, o que torna imperativo ter-se a máxima informação do sistema.

O sistema Intellisurvey recolhe dados uma vez por segundo em cada canal, resultando em mais de 3,000,000 de pontos de medida durante um ciclo típico de produção de 7 dias.

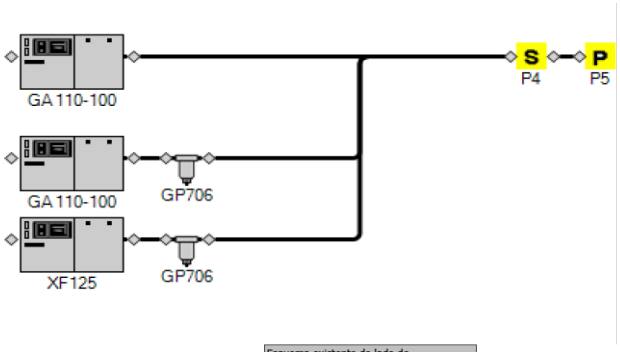
Assim, o método detalhado consiste no seguinte: coloca-se um relógio amperímetro em cada compressor e a pressão é controlada entre o ponto S e P (em toda a linha).

O relógio amperímetro envia os dados de cada compressor para o software, que por sua vez transforma os dados de corrente em potência e vazão. Os dados são disponíveis uma vez a cada segundo. Já o monitoramento de pressão da linha é enviado para o software que o registra diretamente como pressão, também uma vez a cada segundo. As especificações individuais dos compressores também são imputadas previamente no software.

A Figura 2 demonstra o esquema com dados resumidos dos compressores, sistema e ambiente.

ISSN 1809-3957

Figura 2 - Esquema com dados dos compressores, sistema e ambiente



Esquema existente do lado do fornecimento		
Capacidade disponível:	60,83	m3/min
Deposito Seco	0	Litros
$P2_1$	6,8	barg
$P2_2$	6,8	barg
$P2_3$	7,5	barg
P3	6,23	barg
Qualidade do Ar ISSO:	6.-.-	
Temperatura Ambiente:	31	ÂºC
Altitude:	1.116	m

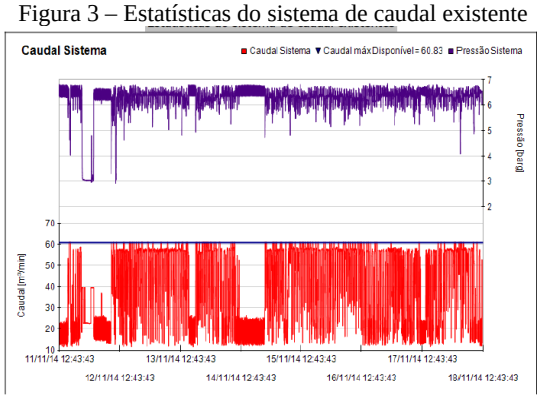
O objetivo é identificar oportunidades de reduzir o consumo de energia e aumentar a viabilidade do sistema. São considerados muitos fatores, mas as áreas principais são:

- Utilização ineficiente da capacidade do compressor;
- Compressor operando excessivamente em vazio;
- Pressão elevada do sistema;
- Armazenamento de ar insuficiente;
- Má aplicação dos componentes do sistema de ar comprimido.

Passa-se agora apara a análise e proposta de soluções par aos problemas encontrados.

Na Figura 3, é possível perceber o perfil de pressão do sistema relacionado à vazão total dos compressores.

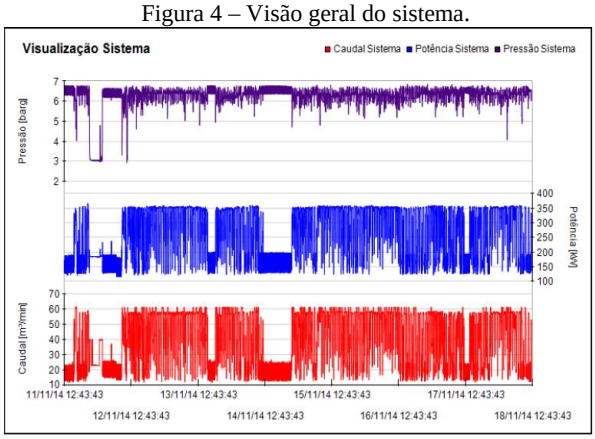
Figura 3 – Estatísticas do sistema de caudal existente



		Compressor 1	Compressor 2	Compressor 3	Sistema
Caudal máximo	m3/min	21,2 a 11/11/2014 16:17	21,2 a 11/11/2014 16:17	18,43 a 11/11/2014 16:43	60,83 a 11/11/2014 16:43
Caudal mínimo	m3/min	1,41 a 11/11/2014 15:11	1,41 a 11/11/2014 14:01	1,35 a 12/11/2014 0:53	11,56 a 13/11/2014 17:49
Caudal médio	m3/min	15,66	13,15	13,99	41,63

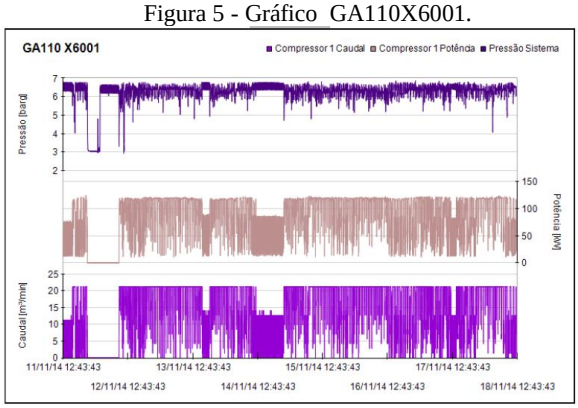
Em primeira análise, já se percebe uma grande variabilidade de pressão no decorrer do tempo que sugere que os compressores entram em carga e alívio constantemente. Abaixo do gráfico, os dados permitem perceber uma considerável diferença de vazão média dos compressores, o que demonstra a contribuição individual em vazão de cada compressor. Pode-se também perceber que a vazão média utilizada é de 41,63 m3/min sendo que o sistema disponibiliza até 60,83 m3/min.

Figura 4 – Visão geral do sistema.



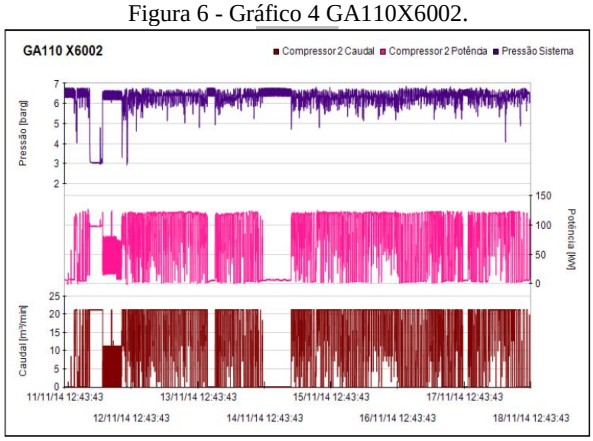
A Figura 4 adiciona o perfil de potência dos compressores relacionando com vazão total dos compressores e pressão do sistema. Valida a hipótese da entrada constante dos compressores em alívio indicada pela alta variabilidade da potência dos compressores. Todas as vezes que a pressão tem um vale, ela está requerendo vazão para o sistema, um pico de potência significa que o compressor ou os compressores estão em carga gerando vazão para o sistema.

Figura 5 - Gráfico GA110X6001.



	Min	Max	Média
Pressão	2,93 barg a 12/11/2014 11:11	6,86 barg a 16/11/2014 23:05	6,23 barg
Caudal	1,35 m3/min a 12/11/2014 0:53	18,43 m3/min a 11/11/2014 16:43	13,99 m3/min

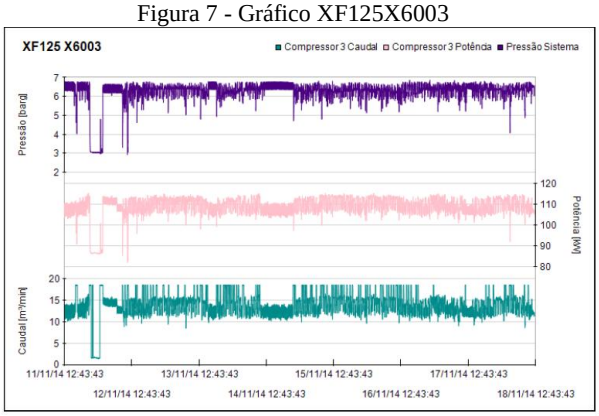
Figura 6 - Gráfico 4 GA110X6002.



	Min	Max	Média
Pressão	2,93 barg a 12/11/2014 11:11	6,86 barg a 16/11/2014 23:05	6,23 barg
Caudal	1,41 m3/min a 11/11/2014 15:11	21,2 m3/min a 11/11/2014 16:17	15,66 m3/min

ISSN 1809-3957

Figura 7 - Gráfico XF125X6003



	Min	Max	Média
Pressão	2,93 barg a 12/11/2014 11:11	6,86 barg a 16/11/2014 23:05	6,23 barg
Caudal	1,35 m3/min a 12/11/2014 0:53	18,43 m3/min a 11/11/2014 16:43	13,99 m3/min

As Figuras 4 a 7 e os dados subsequentes mostram o comportamento individual de cada compressor relacionando potência, pressão e vazão. Deve-se abordar e interpretar da mesma maneira os gráficos e os dados individuais dos compressores que foi realizada nos gráficos anteriores, mostrando todo o sistema.

Figura 8 - Gráfico Perfil Carga Base.

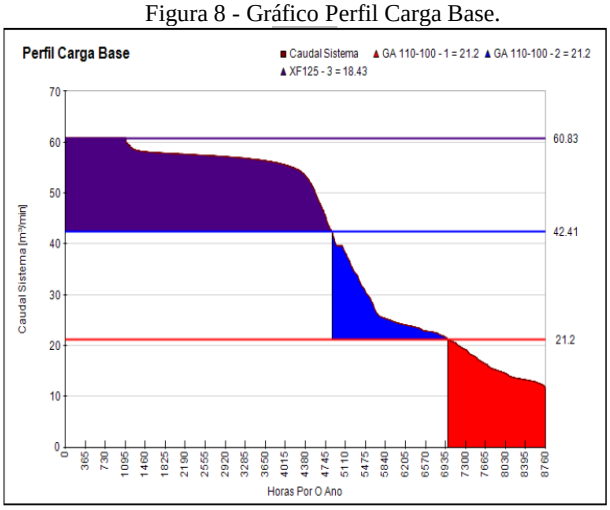
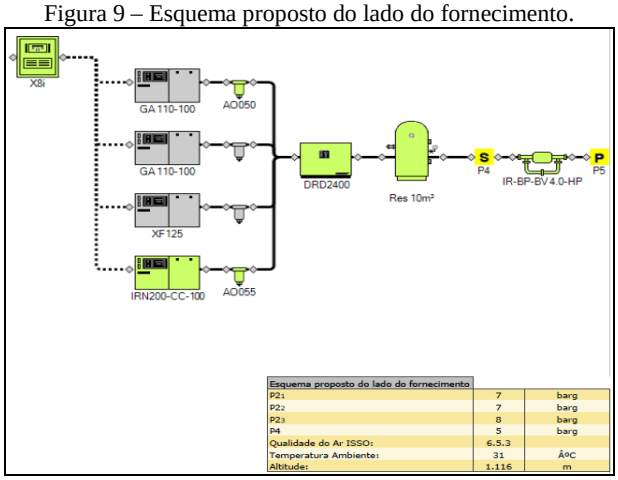


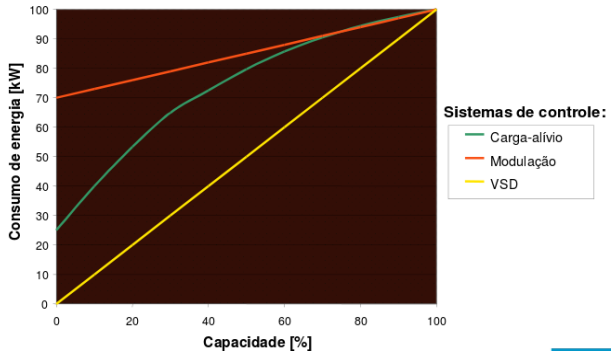
Figura 9 – Esquema proposto do lado do fornecimento.



A Figura 9 sugere alguns itens que podem ser adicionados ao sistema para melhorar a performance energética e da qualidade do ar.

Do ponto de vista energético, pode-se focar em dois itens: o primeiro seria o controlador do sistema (X8 I e DRD2400) que visa controlar a pressão do sistema e, com isso, ligar e desligar os compressores objetivando a melhor performance energética. Esse controle inicialmente não foi estudado por se mostrar economicamente inviável e por existir outras formas de conseguir o mesmo objetivo que não requer investimento. Já o segundo item sugestionado seria adicionar a esse sistema um compressor com inversor de frequência (IRN200CC100), o que se mostra uma abordagem interessante já que se muda a forma pela qual se adiciona vazão ao sistema, fazendo com que esse compressor sempre seja o primeiro a ser acionado no momento que houver solicitação de vazão.

Figura 10 – Gráfico da relação capacidade de vazão x consumo de energia.



O gráfico da Figura 10 demonstra a relação de capacidade de vazão relacionado ao consumo de energia em 3 sistemas, o sistema carga-alívio, que é o sistema atual que está sendo estudado; o sistema modução, que seria uma outra forma que pelo gráfico se monstra menos eficiente que o atual; e o sistema VSD, que demonstra a oportunidade de economia de energia elétrica ao utilizar um sistema que possui compressor ou compressores com inversor de frequência. Ao inserir o inversor de frequência o consumo energético cresce linearmente com a vazão.

IV. CONCLUSÃO

A Tabela 1 abaixo sintetiza os resultados da pesquisa. Ela é o produto final da análise do software. Pode-se concluir que o sistema estudado demonstra várias oportunidades de economia energética, tendo em vista a grande variação de potência no decorrer do tempo apresentada pelos três compressores nos 7 dias analisados. Ao inserir um compressor que possui variação de frequência (o motor varia a velocidade de acordo com a demanda de vazão), o sistema tende a diminuir as entradas em carga e alívio realizando uma economia de aproximadamente 25% do consumo energético. Existe ainda outras oportunidades que poderão trazer benefício no consumo, para isso será necessário um estudo minucioso no sistema que requer vazão, focando portanto em um outro volume de controle, que no caso seria o transporte propriamente dito.

ISSN 1809-3957

Tabela 1 – Oportunidade total de poupança

Oportunidade total de poupança: R$ 145.659		
Número de compressores	3	
considerados	168	Hrs
Número de horas de recolha de	60,83	m3/mi
informação	41,63	n
Capacidade total instalada de ar	60,83	m3/mi
comprimido	11,56	n
Capacidade média utilizada	6,23	m3/mi
Maior	6,86	n
Mínimo	2,93	m3/mi
Pressão média	6.5.3	n
Maior	8.760	barg
Menor	2.373.592	barg
Nível de qualidade do ar	0,2500	barg
Sistema de operação Anual	593.398	
Consumo anual de energia	39.393	hrs
estimado	447.739	kW-h
Combinações de custo de energia		R$/kW
Custo de energia anual atual –		-h
total (est)		R$
Custo de energia anuais –		R$
improdutivo (est)		R$
Novo custo de enrgia anual (est)		

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, Renata. **Precipitador eletrostático beneficia o meio ambiente**. Disponível em http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3699-precipitador-eletrostatico-beneficia-o-meio-ambiente/. Acesso em 20 set. 2015.

CASS, Glen R. et al. Phisical and chemical characterization of atmospheric ultrafine particle in the Los Angeles area. **Environmental Science & Technology**, v. 32, n. 9, p. 1153-1161, 1998. Disponível em http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es970280r. Acesso em 10 out. 2014.

FALAGUASTA, M. C. R. **Estudo do desempenho de um precipitador eletrostático operando na captura de partículas submicrométricas e manométricas**. Universidade Federal de São Carlos. 2005. 305f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

HUANG, S. H.; CHEN, C. C. Ultrafine aerosol penetration through electrostatic precipitators. **Environmental Science and Technology**, v. 36, p. 4625-4632, 2002.

KIM, S. H.; PARK, H. S.; LEE, K. W. Theoretical model of electrostatic precipitator performance for collecting polydisperse particles, **Journal of Electrostatics**, v. 50, p. 177-190, 2001.

MEIRA, Camila Roberta. **Desempenho de um precipitador eletrostático operando na remoção de nanopartículas de aerossóis**. Universidade Federal de São Carlos. 2009. 123f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

MINÉRIO DE FERRO. PUC-Rio. Disponível em http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16199/16199_4.PDF. Acesso em 02 ago. 2015.

NÓBREGA, S. W. **Estudo do desempenho de um precipitador eletrostático do tipo placa-fio na remoção de um material particulado polidisperso**. Universidade Federal de São Carlos. 2002. 166f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

PARKER, K. R. Electrical operation of electrostatic precipitators, **Institution of Electrical Engineers**, 270 p. 2003.

ZHUANG, Y. et al. Experimental and theoretical studies of ultrafine particle behavior in eletrostatic precipitators, **Journal of Eletrostatics**, v. 48, p. 245-260, 2000.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

AVALIAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS QUE NÃO INTERFEREM EM GRANDES ÁREAS AGRÍCOLAS

MARIA CLAUDIA COSTA DE OLIVEIRA BOTAN[1,2]; ADEYLSON GUIMARÃES RIBEIRO[1,3]; ANA PAULA DEL DUCA[1]; DAVI FORTES GALVÃO[1,4]; MARCELO DE PAULA CORRÊA[1]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI; 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP/FEG; 3 – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP; 4 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR
maclau_oliveira@hotmail.com

Resumo *- A maior participação brasileira em emissões de gases do efeito estufa está relacionada ao desmatamento de florestas, que em muitas vezes ocorre com o objetivo de preparar áreas para o plantio de soja e outras monoculturas a fim de produzir biocombustíveis, seja biodiesel ou etanol, o que de forma indireta interfere na produção de alimentos, já que ocupam áreas potencialmente agrícolas ou direcionam alimentos, como a cana-de-açúcar, por exemplo, para produção de energia. Para atender a demanda energética do país e ao mesmo tempo garantir a produção de alimentos, as fontes fósseis e as alternativas, principalmente merecem destaque a solar, eólica e PCH. O Brasil tem potencial eólico considerável, irradiação solar estável durante todo o ano e o maior potencial hidráulico do mundo. Com esse enfoque o presente trabalho irá apresentar as vantagens dessas três fontes e avaliar o cenário nacional do setor energético brasileiro e suas expectativas em atender o consumo de energia poupando áreas agrícolas.*

Palavras-chave: Demanda Energética. Áreas Agrícolas. Fontes Energéticas.

I. INTRODUÇÃO

As necessidades da população podem ser divididas, de maneira geral, em duas frentes principais, demanda por energia e alimentos. Tais necessidades apresentam uma correlação com o aumento do Produto Interno Bruto (PIB), que é o principal indicador do crescimento de um país. Para que seja possível supri-las é importante que a produção de energia não coloque em risco a produção de alimentos, sendo esta a prioridade.

Por essa razão torna-se cada vez mais importante a busca de novas fontes energéticas que não ocupem grandes áreas, que possam ser utilizadas para fins agrícolas. Neste contexto as energias eólica, solar e as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), merecem destaque, como alternativas viáveis para complementar a matriz energética no Brasil.

O petróleo é ainda a principal matriz e minimizar seu uso, dado os prejuízos ambientais que seus resíduos promovem, requer um tempo necessário para o desenvolvimento de pesquisas que viabilizem a exploração de novas fontes energéticas e para que ocorram mudanças de hábito da população.

O Brasil possui grande potencial em energias renováveis que não ocupam áreas agrícolas, e também conta com índices consideráveis em produção de petróleo, o que permite que haja tempo útil para a realização de pesquisas com o intuito de complementar a até buscar a futura substituição do petróleo, sem que isso signifique algum caos para o desenvolvimento econômico do País.

A médio e longo prazo, as energias renováveis poderão ocupar consideravelmente a matriz energética do país, minimizando o uso das fontes fósseis e contribuindo para a redução em emissões de gases efeito estufa (GEE), tornando assim a matriz energética mais limpa e evitando a emissão de GEE que contribuem para as mudanças climáticas.

Ainda no sentido de minimizar as emissões de GEEs, é de suma importância que o desmatamento de novas áreas, seja para produção de alimentos, ou para produção de biocombustíveis seja rigorosamente controlados, pois esse sim é para o Brasil o principal fator em emissões.

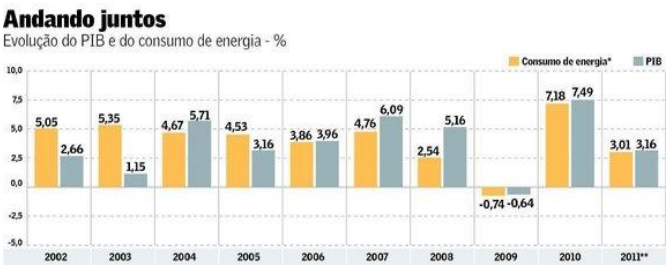
1.1 Demanda por energia e alimentos

Segundo EICK (2010), o Brasil será em 2030 o sétimo maior consumidor de energia, com um consumo de aproximadamente 468,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep).

O estudo aponta também que a demanda brasileira de energia deverá crescer na ordem de 3,3% ao ano nas próximas duas décadas, exigindo do Brasil investimentos na ordem de US$ 750 bilhões. Assim sendo, estima-se que 3,8% de todos os investimentos feitos no mundo sejam destinados ao Brasil.

A demanda de energia está diretamente ligada com o crescimento do PIB do país, conforme ilustra a Figura 1, as colunas indicativas de cada um destes fatores mantém uma correlação, sendo assim, um país que prevê crescimento em seu PIB, como é o caso do Brasil, que prevê uma recuperação da atual crise econômica de acordo com as projeções apresentadas no Plano Decenal de Expansão de Energia (EPE, 2015). Neste contexto a atenção no suprimento de energia é fundamental.

Figura 1- Relação entre o PIB e do consumo de energia.



Fonte: Valor Econômico, 2015.

ISSN 1809-3957

Quanto à necessidade alimentar no mundo, essas preocupações são ainda maiores. Dessa forma é de suma importância um panorama geral de como a produção de biocombustíveis pode interferir nas áreas já destinadas e nas que são ofertadas para produção de gêneros alimentícios.

Devido à necessidade de se diversificar a economia do Brasil, grandes áreas estão sendo destinadas para o plantio da cana-de-açúcar, e outras diversidades de matérias primas com o propósito de se produzir o biocombustível, gerando outras fontes de energia com o intuito de diminuir a dependência do petróleo.

Para Sachs (2007), a dependência pelo petróleo mudou de forma radical os estilos de vida e de consumo, levando a um grande desperdício de energia, sobretudo no transporte, aquecimento e climatização residencial. O que se pode afirmar com certeza é que a transição da era do petróleo ao pós-petróleo será longa e que necessitará de grandes pesquisas e de uma maior cooperação entre os países, na busca de alternativas economicamente viáveis, para realizar com eficiência este processo de transição. Mas o que diferencia a revolução energética atual é que nenhuma das energias alternativas oferece, por enquanto, vantagens econômicas claras, com relação ao petróleo e seus derivados.

1.2 Problemáticas dos biocombustíveis

A potencialidade para o cultivo de grãos em grande escala encontra-se, principalmente, nas áreas de cerrados da Amazônia Legal, aí incluídos o Mato Grosso, Tocantins e sul do Maranhão, onde domina um clima com período seco definido e a topografia plana admite a mecanização, ao mesmo tempo em que os solos apresentam características que respondem à moderna tecnologia empregada (IBGE, 2009).

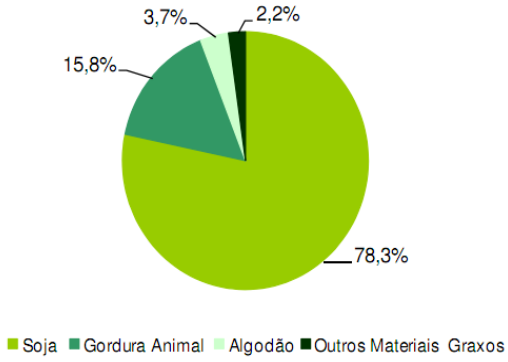
Isso vem reforçar o fato de que o grande investimento na produção de biocombustíveis em detrimento da ocupação de grandes áreas agrícolas tende a aumentar o desmatamento em regiões que possuem biomas importantes, agravando as alterações climáticas, além da ocupação de importantes áreas de produção de alimentos.

No Brasil, 75% das emissões de gases do efeito estufa são decorrentes de mudanças no uso da terra, principalmente em decorrência de queimadas que ocorrem no cerrado e nas bordas da floresta amazônica que é conhecida como Arco do Desflorestamento e das Queimadas. Atualmente, a expansão da área utilizada para o plantio de soja é uma das principais causas de desmatamento das florestas do estado do Mato Grosso (BERMANN, 2008).

Como pode ser observado na Figura 2 a grande demanda por energia no Brasil e o planejamento governamental de se investir no biodiesel tende, inicialmente, a se utilizar da soja como principal matéria-prima para produção desse bicombustível. A soja é importante na composição do leque de gêneros alimentícios produzidos no Brasil, sendo esse produto exportado para todo o mundo onde compõe boa parte da dieta de brasileiros e estrangeiros.

O Brasil pode a vir a se tornar mundialmente um grande exportador de biocombustíveis, mas há um grande risco que as culturas oleaginosas destinadas à produção de biodiesel venham ameaçar seriamente a produção de alimentos. Segundo estudos, já foi observada uma redução de algumas culturas que são essenciais na alimentação da população, como feijão, para favorecer a expansão de áreas destinadas à produção de monoculturas (BERMANN, 2008).

Figura 2- Principais matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel.



Fonte: EPE, 2010.

Segundo Kohlhepp (2010), no auge do Pró-álcool – Programa Nacional do Álcool, criado em novembro de 1975,a área com plantio de cana-de-açúcar para produção de álcool teve um aumento expressivo e rápido, isso fez com que o preço de gêneros alimentícios aumentassem, e pela primeira vez produtos como arroz e feijão tiveram que ser importados e a mandioca, base da alimentação da população pobre do interior do país, foi utilizada como matéria-prima no Programa.

Muitas vezes o agricultor arrenda suas terras para as usinas plantarem, e depois de cinco anos quando se encerra o contrato com os arrendatários, essa terra esta degradada e somente poderá ser regenerada com grandes investimentos (KOHLHEPP, 2010). Esse é um dos fatores que contribuem para que o local antes utilizado para plantio de matéria-prima para biocombustíveis seja inviabilizado para novos cultivos dificultando mais ainda a futura produção de alimentos no local.

A Figura 3 mostra as áreas utilizadas atualmente para plantio de cana-de-açúcar e as áreas potenciais de expansão desta monocultura no cerrado brasileiro, onde já predomina o cultivo de soja. A competição por área entre estas monoculturas pode forçar o deslocamento de uma parte da cultura de soja que está no cerrado em direção ao norte do país ameaçando seriamente a floresta tropical. A produção sustentável de biocombustíveis deve ocorrer em áreas disponíveis, degradadas ou já desflorestadas. Entretanto, na maioria dos casos, tais áreas necessitariam de investimentos para serem adaptadas para o plantio, o que encareceria os custos de produção. Desta forma, pode ser mais barato derrubar florestas do que recuperar as áreas já disponíveis e que poderiam ser utilizadas para plantio da monocultura (BERMANN, 2008).

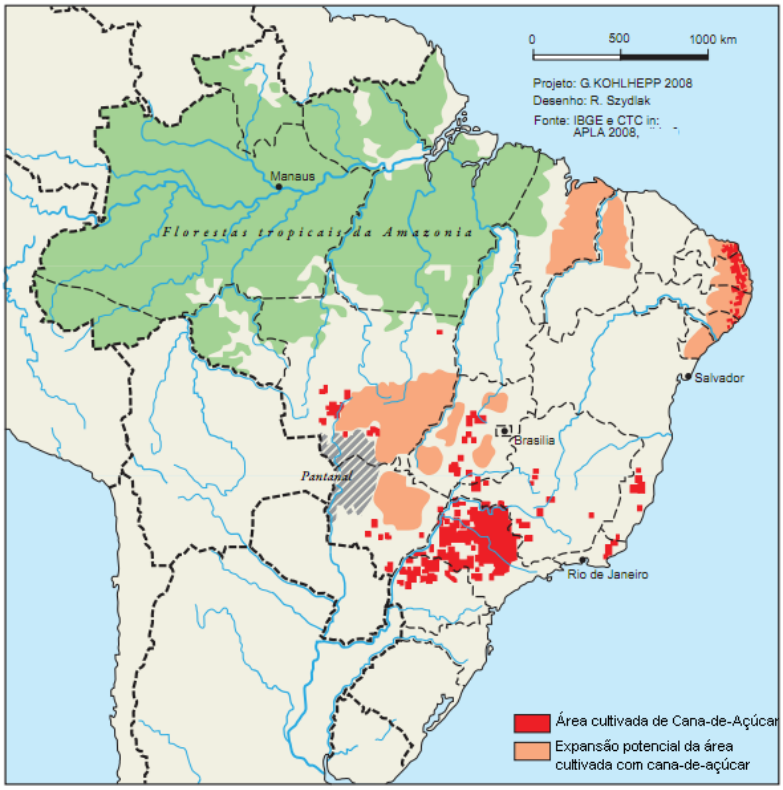
Segundo Costa *et al.* (2007), derrubar a floresta amazônica para plantar soja é mais prejudicial ao clima do que desmatar para ampliar as áreas de pastagem para a pecuária. De acordo com suas pesquisas os campos de soja reduzem as chuvas em até quatro vezes mais que as pastagens. Isso ocorre em função da maior refletividade da plantação de soja, que absorve menos radiação solar que o pasto ou a floresta, aquecendo menos a superfície. Isso diminui as precipitações, em função das chuvas na região serem primordialmente do tipo convectivas, ou seja, dependem do aquecimento da superfície para a formação de nuvens. Com uma grande área adicional agricultável,

ISSN 1809-3957

tecnologia própria e mão de obra disponível, o Brasil é o país do mundo que reúne as melhores condições para liderar a agricultura de energia. Porém, estas culturas voltadas para produção dos biocombustíveis não podem competir pelo espaço necessário à produção de alimentos, e nem contribuir para a expansão das fronteiras agrícolas em direção às áreas preservadas.

Dentro do contexto exposto, o objetivo deste trabalho é traçar um panorama das alternativas energéticas renováveis que tenham viabilidade e apresentem potencial suficiente para complementar o uso do petróleo na matriz energética brasileira,e que por não ocuparem grandes áreas, otimizam a produção agrícola.

Figura 3 – Área cultivada e possível plantio futuro com cana-de-açúcar.



Fonte: Kohlhepp, 2010

II. METODOLOGIA

Realizou-se levantamentos bibliográficos em documentos técnicos, dissertações, artigos e mapas, que serviram de base para o presente trabalho. Através destes levantamentos foram avaliados o potencial brasileiro para aproveitamento de fontes alternativas para produção de energia que não interfiram em grandes áreas agrícolas e sua viabilidade para desenvolvimento e complementação gradativa da matriz energética brasileira.

III. RESULTADOS

Com o intuito de preservar áreas agrícolas e atender a demanda energética, apresentam-se a seguir fontes alternativas potencialmente viáveis para complementação da matriz energética no Brasil.

3.1 Energia Eólica

O Brasil conta com um surpreendente potencial eólico, que segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME e ELETROBRAS, 2001), estima-se uma capacidade de 143,47 GW. Para se ter uma ideia deste potencial, todo parque gerador do Brasil produz 96 GW. Todo esse potencial eólico permite uma geração anual de 272,2 TWh/ano a partir de ventos de velocidade média anual igual ou superior a 7,0 m/s medidos a 50 m de altitude.

A geração de energia através do vento é um processo limpo, isento de contaminações, de emissão de poluentes ou resíduos radioativos. O mais importante benefício ao meio ambiente da geração eólica é a não emissão de dióxido de carbono na atmosfera. O dióxido de carbono é um dos gases com maior responsabilidade sobre o agravamento do efeito estufa, levando a mudanças climáticas globais com consequências desastrosas. Em 2009, a energia eólica na Europa evitou a emissão de 106 milhões de toneladas de CO_2, equivalente a liberada por 25% dos veículos do continente, o que dá um total de 53 milhões de veículos (EWEA, 2011).

A área do parque eólico pode ser aproveitada para a produção agropecuária conforme pode ser evidenciado na Figura 4, pois não existe liberação de poluição no solo, nem no ar pelos aerogeradores. Um aspecto positivo muito importante são as parcerias entre o empreendedor e os proprietários das terras onde estão instalados os parques eólicos, através de um contrato de arrendamento de 25 anos. Durante este período, os proprietários recebem um pagamento mensal pelo arrendamento da terra, além de poder continuar desenvolvendo suas atividades agropecuárias, sem que ocorra prejuízo nas mesmas. Isso ocorre, porque geralmente 99% da área em que uma usina

ISSN 1809-3957

eólica típica será construída, ficam fisicamente disponíveis para o uso da terra (STAUT, 2011).

Apesar de ocorrer grande movimentação de terra no momento de instalação das torres dos aerogeradores, cuja base possui aproximadamente 10 metros, suas fundações após instaladas são enterradas, permitindo o aproveitamento do solo ao redor do equipamento, permitindo assim os chamados consórcios, onde na mesma área onde estão instalados os aerogeradores ocorrerem atividades agropecuárias, como ilustra a Figura 4 (RIBEIRO, 2011).

Na comparação com outras tecnologias, a energia eólica requer um espaço menor para produzir a mesma quantidade de eletricidade.

Figura 4 – Consórcio entre energia eólica e pecuária (a) e agricultura (b).

Fonte: (a) CPT, 2015. (b) Rima, 2015.

Entre os principais impactos socioambientais negativos das usinas eólicas destacam-se os sonoros e os visuais. Os impactos sonoros são devido ao ruído dos rotores e variam de acordo com as especificações dos equipamentos. Os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um grande número de turbinas (ANEEL, 2005).

Um aspecto bastante favorável para a produção de energia eólica é que a velocidade dos ventos costuma ser maior em períodos de estiagem, quando os reservatórios das usinas hidrelétricas estão com o volume de água reduzido. Isso possibilita operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, atendendo uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN), de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de pouca chuva (ANEEL, 2008).

3.2 Energia Solar

De acordo com a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2005), a energia solar é a base da maioria das outras fontes de energia como a hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos, e sem ela nenhuma dessas outras fontes estaria disponível. Há duas maneiras de utilização da energia solar, uso direto da sua radiação para aquecimento de fluidos e ambientes ou por conversão direta em energia elétrica, com o auxílio de equipamentos específicos, termoelétricos e fotovoltaicos.

Para a utilização fotovoltaica utilizam-se placas de conversão fabricadas em sua maioria de silício. O silício é o segundo minério mais abundante na crosta terrestre, sendo o Brasil o maior possuidor de jazidas, entretanto, atualmente o maior fabricante destes equipamentos é a China. (CEPEL, 2009).

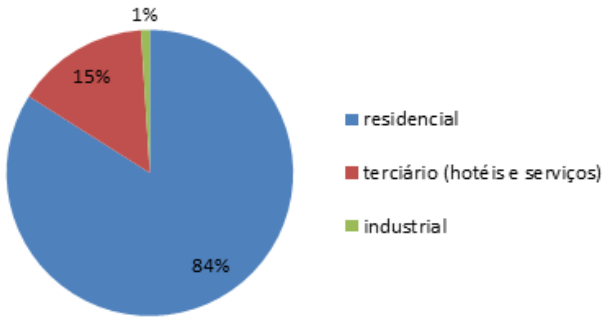
O Brasil através de programas governamentais de expansão energética, como por exemplo, o Programa Luz Para Todos tem levado às comunidades isoladas este sistema de geração de energia, como pode ser observado na Figura 5. Esta estratégia é economicamente mais viável, quando comparado aos custos de expansão das linhas de transmissão para atender estas comunidades.

Figura 5 - Placa fotovoltaica instalada em comunidade ribeirinha no Amazonas.

Fonte: CEPEL, 2009.

Quanto às instalações fototérmicas, o Brasil ocupa o sétimo lugar entre os países com maiores áreas coletoras instaladas, com 3,1 milhões de m². Sendo que 84% das instalações são residenciais (CEPEL, 2009). Sua distribuição quanto aos setores, residencial, prestadores de serviços e industrial seguem o disposto na Figura 6.

Figura 6 – Gráfico da distribuição dos painéis instalados no Brasil.



Fonte: autores, 2011. Baseado em CEPEL, 2009.

O Brasil, assim como a maioria dos países tropicais, conta com índices de incidência solar consideráveis ao longo de todo o ano, o que estimula o uso dessa fonte. Para sua maior disseminação é necessário que haja incentivos econômicos, como financiamentos ou subsídios,que

ISSN 1809-3957

facilitem a compra dos equipamentos, pois seu alto custo é o maior empecilho.

Segundo Silva (2007), dentre as desvantagens da energia solar se destacam:

- Variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climatérica (chuvas, neve). Além de que, durante a noite, não existe produção alguma, o que obriga a existência de meios de armazenamento da energia produzida durante o dia em locais onde os painéis solares não estejam ligados à rede de transmissão de energia;
- Locais com frequente cobertura de nuvens (Curitiba, Londres), tendem a ter variações diárias de produção de acordo com o grau de nebulosidade;
- As formas de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), a energia hidroelétrica (água) e a biomassa (bagaço da cana ou bagaço da laranja);
- Custo de implantação inicial muito elevado e não disponível para a maioria dapopulação.

De acordo com o ANEEL (2005), uma das restrições técnicas à difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável. Comparada, contudo, a outras fontes, como a energia hidráulica, por exemplo, que muitas vezes requer grandes áreas inundadas, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar.

Além destas desvantagens deve-se destacar também o impacto ambiental devido a extração do silício, principal matéria-prima dos painéis fotovoltaicos, e a disposição final adequada dos painéis após sua vida útil, já que até o momento não há conhecimento sobre uma forma de reciclagem ou reaproveitamento dos mesmos, fazendo destes um resíduo que merece atenção.

3.3 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

A água é umas das poucas fontes para produção de energia que ocasiona uma menor emissão de gases de efeito estufa que contribuem para a ocorrência de mudanças climáticas. Além disso, o Brasil possui domínio de toda a tecnologia necessária para o aproveitamento da energia hidráulica, o que reduz consideravelmente os custos de produção.

No mundo a participação da água na matriz energética ainda é muito pequena, ao contrário do Brasil, onde ela tem cerca de 14,7% de participação na matriz energética, perdendo apenas para os derivados de cana-de-açúcar, petróleo e seus derivados, e participa com 85,6% na oferta interna de energia elétrica.

O potencial hídrico brasileiro é muito grande, visto que o Brasil possui a maior reserva de águas do mundo, e ainda ha muito a ser explorado. Normalmente esse tipo de energia é explorada através das usinas hidrelétricas, mas ultimamente elas têm sido focos de críticas, principalmente de ambientalistas, por gerarem grandes impactos socioambientais. Portanto, uma solução bem vista para contornar essa situação é o investimento em construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), que ocupam menos espaço, ficam mais próximas do centro de consumo e não causam tantos impactos ambientais.

De acordo com Tiago Filho *et al.* (2006) na época as PCHs já contribuíam com 1,78% do total das usinas hidrelétricas em operação, somando 1.240.025 kW de potência instalada em um total de 251 centrais geradoras.

A Tabela 1 mostra as PCHs em operação no ano de 2006, as que já possuíam licença de instalação e as que estavam em processo de licenciamento e que atualmente, com seu funcionamento contribuem para o aumento destas no setor energético nacional.

Pode-se perceber que em um prazo de 36 meses já estava previsto a entrada em operação de 154 PCHs que já tinham sido autorizadas pela ANEEL, isso disponibilizou cerca de 2.447.513 kW. No prazo entre 36 e 72 meses foram previstas mais 100 PCHs e autorizadas pela ANEEL. Essas PCHs estão distribuídas nas cinco regiões do país (TIAGO FILHO *et al*., 2006).

Tabela 1 - PCH em operação, em construção e/ou previstas para serem construídas no Brasil

Região	**Em Operação**		**Com LI entrada em 36 meses**		**Sem LI, entrada entre 36 e 76 meses**	
	Qt	**Pot MW**	**Qt**	**Pot MW**	**Qt**	**Pot MW**
SUL	72	350,09	42	567,75	28	456,10
SUDESTE	122	583,13	30	532,82	58	794,60
CENTRO-OESTE	38	283,31	61	1043,04	8	158,41
NORDESTE	10	37,35	4	66,8	5	56,3
NORTE	17	76,02	17	237,10	1	7,50
TOTAL	260	1.329.900	154	2.447.510	100	1.472.910

Fonte: TIAGO FILHO *et al*., 2006.

Na situação atual da matriz energética brasileira o investimento em construções de PCHs pelo país seria uma das soluções mais adequadas, pois através delas podem-se atingir regiões menores, onde nos dias atuais ainda não existe energia elétrica.

Os custos para a sua implantação são menores quando comparadas as grandes usinas hidrelétricas, assim como as áreas a serem ocupadas, portanto os impactos socioambientais gerados pelas suas obras são reduzidos, e o mais importante, evita-se que exista algum conflito com as áreas a ser utilizadas para cultivos, fato diretamente ligado ao tema deste trabalho.

Os impactos sociais, ambientais e econômicos negativos causados por pequenas centrais hidrelétricas em função da inundação e mudanças no curso d`água são os mesmos causados pelas usinas hidrelétricas, mas por ser uma obra de pequeno porte quando comparada à construção de hidrelétricas, a ocorrência dos mesmos fica minimizada.

IV. CONCLUSÕES

O Brasil possui um grande potencial para diversificação de sua matriz energética através do uso de fontes renováveis, o que contribui para uma expansão mais equilibrada da oferta energética, buscando uma sustentabilidade técnica, econômica e ambiental.

O crescimento econômico somado ao aumento gradativo da população leva a um consumo maior de alimentos, que para sua produção requer áreas agricultáveis que viabilizem a produção em larga escala. Além de suprir o mercado interno com gêneros alimentícios, o Brasil utiliza

ISSN 1809-3957

parte de seu território para o plantio de culturas visando atender o mercado externo. Sendo assim, torna-se imprescindível o investimento em fontes energéticas que não competem com grandes áreas agrícolas.

Dentre as fontes renováveis que não competem com áreas agrícolas se destacam a energia eólica, energia solar e PCH. Estas fontes devem ser utilizadas em associação, buscando aumentar o percentual de utilização de fontes alternativas na composição da matriz energética brasileira.

As fontes alternativas defendidas neste trabalho não emitem valores consideráveis de gases do efeito estufa e ainda por não exigirem a ocupação de grandes áreas, não influenciam diretamente na expansão do desmatamento de áreas preservadas, em virtude da competição por áreas agrícolas. O desmatamento é o grande fator responsável pela emissão de gases do efeito estufa no país, que contribui de forma significativa para a ocorrência das mudanças climáticas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 2ª ed. Brasilia: ANEEL, 2005.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 3ª ed. Brasilia: ANEEL, 2008.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Panorama das energias solar e eólica no Brasil e no mundo**. 2009.

COSTA, M. H.; YANAGI, S. N. M.; SOUZA, P. J. O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P. Climate change in Amazônia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. **Geophysical Research Letters**, Washington, USA, v. 34, n. 7, p. 1-4, 2007.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.60, n.3, p. 20-20, set. 2008.

CPT. Disponível em: http://www.cpt.com.br/cursos-energiaalternativa/artigos/um-pouco-das-caracteristicas-dos-sistemas-eolicos. Acesso em 05 de novembro de 2015.

EIKE, G., 2010. **Viabilidade econômica e financeira de uma pequena central hidrelétrica no Brasil**. Monografia de conclusão do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024.** Brasília: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, MME/EPE, 2015.

EWEA – European Wind Energy Association.Climate. 2011. Disponível em: http://www.ewea.org

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica, **Mapa da Amazônia Legal**, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/mapas_doc3.shtm>.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, ELETROBRÁS. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília, 2001. Disponível em:<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/ atlas_ eolico _brasil/ atlas.htm>.

RIBEIRO, A.G. Análise dos impactos ambientais devido ao uso da energia eólica, face às outras fontes renováveis de energia. 2011. **In; VI Seminário de Meio Ambiente e Energias Renováveis – SEMEAR**. Itajubá. 2011.

RIMA. Disponível em: http://rimapr.com/project-category/renewable-energy/. Acesso em 05 de novembro de 2015.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 21. n. 59, 2007.

SILVA, G. G. **Avaliação ambiental dos benefícios da utilização da energia solar.** Goiás, 2007. Disponível em:<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/AVALIA%C3%87%C3%83O%20AMBIENTAL%20DOS%20BENEF%C3%8DCIOS%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20ENERGI%E2%80%A6.pdf>.

STAUT, F. **O processo de implantação e operação de parques eólicos no Brasil**. 2011. 25 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana)- Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2011.

TIAGO FILHO, G. L; ATLOGA, J. G. N; FERRARI, J. T; GALHARDO, C. R.A Evolução histórica do conceito das pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. In:**V Simpósio de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Florianópolis. 2006.

VALOR ECONOMICO. Disponível em: http://www.zaninionline.com.br/posts/Crescimento_do_PIB_abaixo_do_esperado_cria_folga_de_energia/. Acesso em 04 nov 2015.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

SOBRE A GEOMETRIA DO PIVOT DE SCHIELE

SÍLVIO ANTONIO BUENO SALGADO[1];MATEUS DO NASCIMENTO[2]
1 –UNIFAL – Universidade Federal de Alfenas – Campus Varginha
2 – IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Sabará
[1]*silvio.salgado@unifal-mg.edu.br;* [2]*mateus.nascimento@sabara.edu.br*

***Resumo**–Neste trabalho, estudamos a geometria de uma peça industrial bastante utilizada em máquinas dotadas de rolamentos conhecida por Pivot de Schiele, tal escolha pela indústria se dá pelo fato de que esta peça, em especial, confere um desempenho melhor que outros modelos de natureza semelhante. Este estudo é feito através da curva plana tractriz.*

Palavras-chave: Pivot de Schiele. Pseudoesfera. Tractriz.

I. INTRODUÇÃO

Em 1850, conforme United States Patent Office, Christian Schiele construiu uma peça a qual deu o nome de Pivot de Schiele, cujo principal objetivo era de reduzir o atrito e/ou regular o desgaste de superfícies que sofrem atrito em máquinas como rolamentos, ou em peças que executam sua função girando como torneiras, válvulas, pivôs de eixos verticais, mós e etc.

De acordo com a patente, a natureza geométrica do Pivot de Schiele consiste na aplicação de uma curva chamada tractriz. Tal curva foi a que melhor se ajustou no intuito de Schiele, uma vez que, a mesma possui certas propriedades matemáticas que lhe oferece melhor desempenho nas peças citadas acima.

Tais peças possuem formato aparentemente cônico, o qual deve suportar uma pressão constante ao longo de todo seu corpo. Se a peça fosse em formato cônico, certamente, a parte mais fina, por ter menor resistência, quebraria com muita facilidade, e por este motivo, tal formato estaria descartado para o Pivot de Schiele.

Nos eixos verticais de máquinas, rolamentos, válvulas de torneiras, nós dos eixos traseiros de caminhões ou em qualquer dispositivo cônico, cuja finalidade é deslizar outra peça ao longo de seu corpo com movimentos circulares e, por sua vez,precisa suportar a mesma pressão na direção do seu eixo, naturalmente, a maior parte da peça terá menor velocidade escalar se comparada à menor parte, que sofrerá menor desgaste por atrito, uma vez que ambas compartilham da mesma velocidade angular. Devido a esta propriedade, o desgaste por atrito é maior na parte maior da peça, e se o rolamento fosse assim, ele seria inviável, pois perderíamos rapidamente a peça, uma vez que,após usada, apenas uma parte da mesma estaria em condições de uso, e todo restante deteriorada.

A forma específica da curva tractriz é capaz de corrigir o impasse com atrito devido sua natureza e propriedades matemáticas. Não há relatos de que Schiele conhecia propriedades da tractriz quando criou este Pivot, no entanto, até o momento, esta peça, cuja construção é baseada em tal curva, é a que melhor correspondeu às expectativas frente a todas essas necessidades.

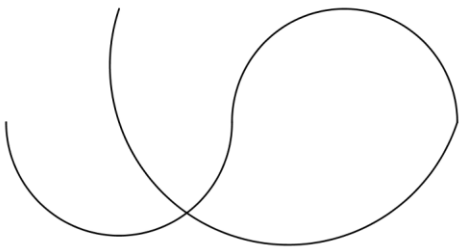
Este artigo foi motivado pelo trabalho publicado na Mathematical Association of America, intitulado "The Catenary and the Tractriz", em que o autor apresenta uma descrição da catenária e da tractriz, mostra também a forma do Pivot de Schiele que é mencionada em alguns livros sobre mecânica, sem entrar em detalhes a respeito das aplicações desta peça.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: na seção II apresentamos a definição de curva plana e o seu uso no contexto da Geometria Diferencial. A seção III é dedicada ao estudo da tractriz. A peça chamada Pivot de Schiele é mostrada com detalhes na seção IV. Na seção V apresentamos a geometria do Pivot de Schiele (aplicação mecânica da tractriz). Na seção VI, apresentamos as considerações finais.

II. CURVAS PLANAS

Intuitivamente, uma curva no plano é um subconjunto de dimensão igual a 1, como por exemplo, o gráfico de todas as funções de uma variável real a valores reais, e também, as figuras esboçadas com um único traço, ou seja, aquelas que são feitas sem tirar o lápis do papel. Formalmente, uma curva no plano é uma deformação contínua de um intervalo real, ou ainda, a trajetória de um deslocamento de uma partícula no plano ao longo do tempo. Alencar e Santos (2002) mostram outros exemplos de curvas planas.

Figura 1 – Curva no Plano.



Fonte: Elaborada pelos autores.

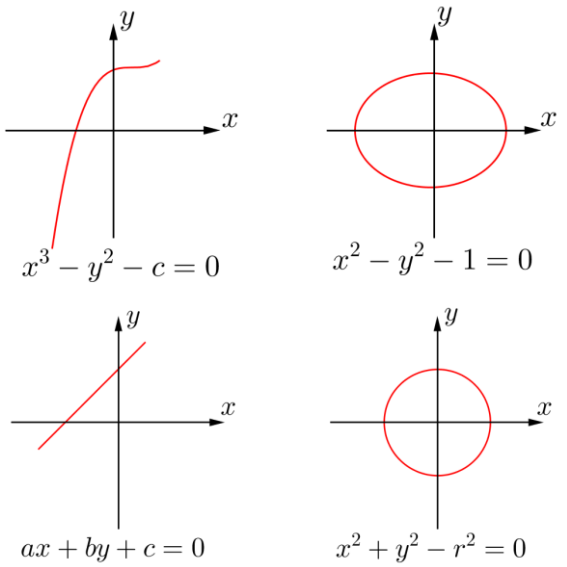
Para tais ideias tornarem-se precisas e aplicáveis, vamos definir rigorosamente o conceito de curva plana nas bases da Geometria Analítica. Para isso, considere o subconjunto de $\mathbb{R}^2$ dos pontos (x, y) em $\mathbb{R}^2$que satisfazem uma equação do tipo (1):

$$F(x, y) = 0 \qquad (1)$$

ISSN 1809-3957

As figuras a seguir fazem parte da gama enorme de curvas planas que estão nessa classe de subconjuntos do plano:

Figura 2 – Curvas no plano e suas equações.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Precisamos tomar cuidado, porque mesmo para funções bem comportadas, esse tipo de subconjunto de $\mathbb{R}^2$pode ficar muito longe da ideia do que estamos considerando como curva plana. Por exemplo, para a função definida por $F(x,y) = xy$ a equação $F(x,y) = 0$, descreve o conjunto formado pelos eixos coordenados, que não se enquadra na ideia intuitiva de figura esboçada sem tirar o lápis do papel. Por outro lado, existem subconjuntos de $\mathbb{R}^2$ que podemos considerar curvas planas, é o caso especial quando $F(x,y)$ é um polinômio em duas variáveis. Nesse caso, o conjunto $F(x,y) = 0$ é chamado de curva algébrica. O estudo desse tipo de "curva" é o ponto inicial da Geometria Algébrica, um importante ramo da Matemática.

No contexto de Geometria Diferencial, ao invés de considerarmos curvas definidas por equações, vamos retornar à ideia intuitiva que uma curva deve descrever a trajetória contínua do movimento de uma partícula sobre o plano. Se considerarmos que um ponto $\alpha(t)$ representa a posição de uma partícula em movimento contínuo, quando o tempo t varia em um intervalo $[a,b]$, o subconjunto de $\mathbb{R}^2$que iremos considerar é $C = \{\alpha(t) \in \mathbb{R}^2; t \in [a,b]\}$. A vantagem dessa abordagem é que ela poderá ser facilmente formalizada e conterá várias informações sobre como o ponto $\alpha(t)$ percorre o subconjunto de $\mathbb{R}^2$ C, como o sentido que o ponto "*caminha*" sobre C, a velocidade e a aceleração. A seguir temos a definição formal de curva plana:

Uma curva no plano $\mathbb{R}^2$ é uma aplicação $\alpha: I \longrightarrow \mathbb{R}^2$, definida num intervalo $I \subset \mathbb{R}^2$. A aplicação α, dada por $\alpha(t) = (x(t), y(t))$, é contínua, se cada função coordenada $x, y: I \longrightarrow \mathbb{R}$ é uma função contínua.

O conjunto imagem C, da aplicação α, é dado por:

$$C = \{\alpha(t) = (x(t), y(t)); t \in I\} \qquad (2)$$

Este conjunto é também chamado de traço de α. Observe que, com a definição acima, estamos estudando todo o movimento da partícula e não apenas o conjunto C. Nesse caso, α é dita uma parametrização de C e denominamos de t o parâmetro da curva α.

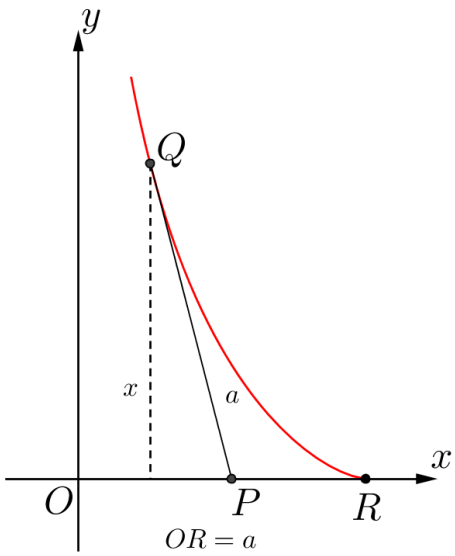
Se a curva α está definida em um intervalo fechado $I = [a,b]$, os pontos $\alpha(a)$ e $\alpha(b)$ são chamados de ponto inicial e o ponto final de α, respectivamente.

Se α está definida num intervalo $I = [a,b]$ e $\alpha(a) = \alpha(b)$, dizemos que α é uma curva *fechada*. Uma curva $\alpha: \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R}^2$ é dita *periódica* se existe um número real $l > 0$, tal que $\alpha(t + l) = \alpha(l)$ para todo $t \in \mathbb{R}$. O menor valor l_0 para o qual a equação acima se verifica é chamado de período de α. É claro que a curva α fica completamente determinada por sua restrição a um intervalo da forma $[t_0, t_0 + l_0]$.

III. A CURVA PLANA TRACTRIZ

A tractriz é a curva no plano $\mathbb{R}^2$que tem a propriedade que o segmento da tangente delimitado pelo ponto de tangência e pelo eixo das abscissas é constante. Doering e Lopes (2008), e Figueiredo e Neves (2001), são literaturas que tratam a respeito desse assunto. Essa curva tem a seguinte descrição mecânica:

Figura 3 – Curva Plana Tractriz.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Suponha que uma partícula Q,com certa massa, é arrastada ao longo de um plano horizontal áspero por meio de uma corda QP mantida tensa, e com a extremidade P sobre o eixo x, então, a curva descrita pela partícula Q é a tractriz. A equação da tractriz será obtida a seguir.

Denota-se por a o comprimento do segmento QP,com isso, a função $y(x)$, cujo gráfico é a curva descrita por Q, satisfaz a equação diferencial separável:

$$\frac{dx}{dy} = -\frac{x}{\sqrt{a^2 - x^2}} \qquad (3)$$

Ou ainda

ISSN 1809-3957

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{x} \qquad (4)$$

Para resolvermos a equação (4), necessitamos obter uma primitiva de (5):

$$dy = -\frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{x} dx \qquad (5)$$

Fazendo em (5) $x = a.sen\theta$ e, em seguida integrando ambos os membros em relação a θ, segue que:

$$\int dy = -\int \frac{\sqrt{a^2 - a^2 sen^2\theta}}{a.sen\theta} a.cos\theta d\theta \qquad (6)$$

Simplificando a equação (6) podemos escrever:

$$\int dy = -a \int \frac{cos^2\theta}{sen\theta} d\theta$$

Logo,

$$y = a.ln\left(tg\left(\frac{\theta}{2}\right)\right) + a.cos\theta + C, C \in \mathbb{R} \qquad (7)$$

Utilizando a relação trigonométrica conhecida como arco duplo:

$$tg\theta = \frac{2.tg\left(\frac{\theta}{2}\right)}{1 - tg^2\left(\frac{\theta}{2}\right)} \qquad (8)$$

Logo, a primitiva procurada é:

$$y = a.ln\left(\frac{a - \sqrt{a^2 - x^2}}{x}\right) + \sqrt{a^2 - x^2} + C, C \in \mathbb{R} \qquad (9)$$

Portanto, a solução da equação diferencial é dada implicitamente por:

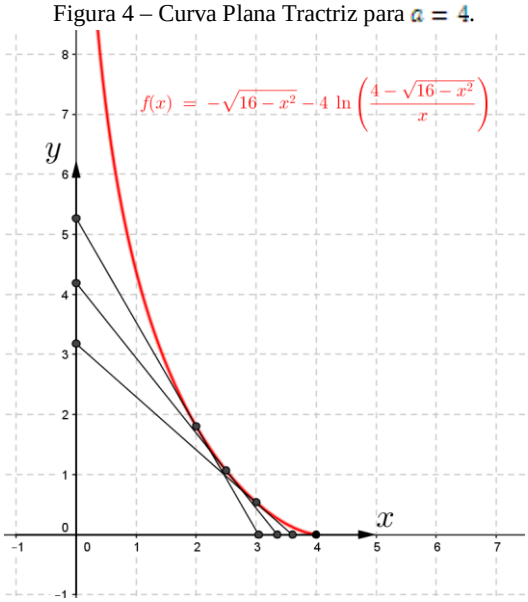
$$a.ln\left(\frac{a - \sqrt{a^2 - x^2}}{x}\right) + \sqrt{a^2 - x^2} = -y + C, C \in \mathbb{R} \qquad (10)$$

Em que a constante pode ser calculada lembrando que: para $y = 0$, tem-se $x = a$; com $C = 0$. Observemos que, se olharmos x como a variável independente e y como dependente, a equação da tractriz $y(x)$, na forma explícita, é:

$$y = -\sqrt{a^2 - x^2} - a.ln\left(\frac{a - \sqrt{a^2 - x^2}}{x}\right) \qquad (11)$$

Fazendo $a = 4$ na equação (11) e com o auxílio do *software* GeoGebra obtemos a curva apresentada na Figura 4.

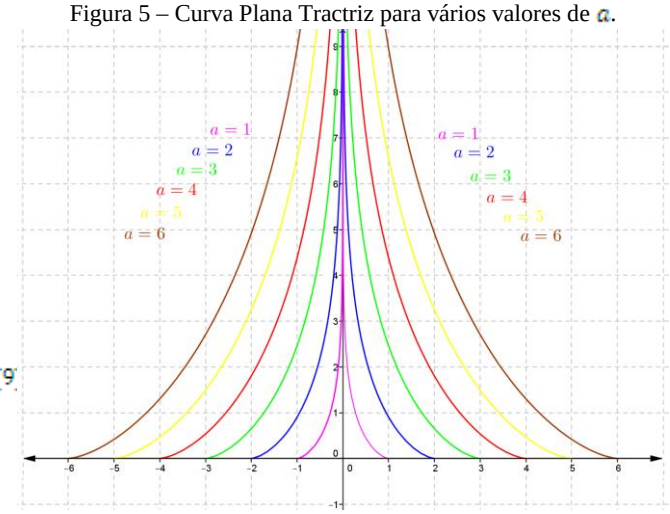
Figura 4 – Curva Plana Tractriz para $a = 4$.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Plotou-se também, curvas para diferentes valores de a, a fim de entendermos como ela se comporta. A Figura 5 apresenta essas curvas.

Figura 5 – Curva Plana Tractriz para vários valores de a.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observou-se que, quanto menor é o valor absoluto de a, mais a curva se aproxima do eixo das ordenadas e indica o valor máximo que x poderá alcançar no eixo das ordenadas. Observe que, para $a < 0$, a curva se aproxima pelo eixo negativo, e para $a > 0$, pelo eixo positivo.

IV. O PIVOT DE SCHIELE

Para que máquinas funcionem, há nelas peças chamadas rolamentos, válvulas e pivôs, que por sua vez, têm a finalidade de girar um corpo sem deslizar com baixo atrito, e com isso, diminuir as perdas de energia. O atrito provoca o desgaste e ocasiona a substituição dessas peças, que, caso não seja efetuado corretamente, comprometerá o bom funcionamento das demais peças e/ou, até mesmo, oferecerá risco ao usuário.

Em busca de um melhor desempenho, um alemão nascido na cidade de Frankfurt, chamado Christian Schiele, patenteou, em 1850, uma peça que recebeu seu nome, e

ISSN 1809-3957

cuja geometria específica atendia esta necessidade. Veja na figura 6 a peça criada por Christian Schiele:

Figura 6 – Peça inventada por Schiele.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Sua invenção tem recebido inúmeras aplicações em Engenharia Mecânica, nas máquinas dotadas de eixo central, como por exemplo, rolamento de trens e locomotivas.

O formato aparentemente "cônico" da peça leva o leigo a acreditar que o desgaste da peça será maior em sua parte mais fina quando posta em funcionamento, pois a velocidade escalar nesta parte é maior e vai diminuindo no sentido da parte mais grossa, mas o que há de novo nesta invenção é justamente não permitir que isso aconteça.

A natureza da peça, além de permitir menor atrito, permite também que ele seja constante em todo seu corpo e proporcional à sua resistência, uma vez que, a mesma goza da propriedade de ter todas as tangentes de contato entre o Pivot e demais peças, constante ao longo de seu corpo, tal propriedade torna o atrito proporcional à resistência da peça ao longo de seu corpo, proporcionando-lhe desgaste uniforme, visto que, na parte mais grossa o atrito é maior,portanto, é menor na parte mais fina.

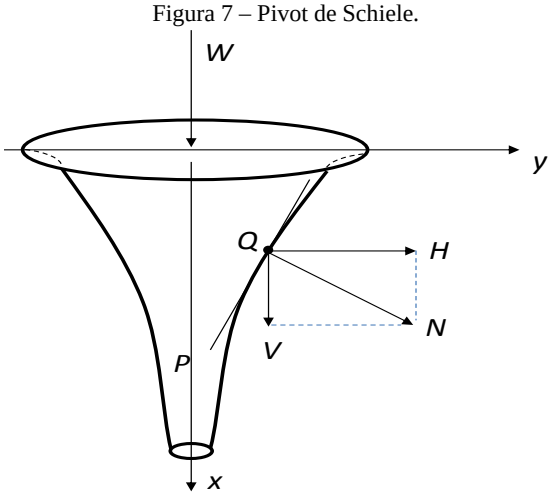
Ao propor tal propriedade para o Pivot, Schiele fez uso intuitivo da curva tractriz.

V. GEOMETRIA DO PIVOT DE SCHIELE

Consideremos a superfície de revolução gerada pela rotação da tractriz em torno do eixo y. Essa superfície é chamada de pseudoesfera, e é um caso interessante de uma superfície que tem curvatura Gaussiana negativa constante em todos os pontos, com exceção dos pontos no plano $y = 0$. A pseudoesfera serve para dar um modelo de uma geometria não euclidiana. A tractriz também tem uma aplicação mecânica no chamado *Pivot de Schiele*. O problema é determinar a forma de uma ponta de eixo vertical que deve girar sobre rolamentos, de modo que, a reação vertical Vdos rolamentos seja constante em todos os pontos de superfície de contato. Além disso, deseja-se que o desgaste da ponta do eixo a cada altura seja uniforme.

Consideremos a superfície descrita na Figura 7:

Figura 7 – Pivot de Schiele.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para deduzir a equação da curva da secção longitudinal da ponta do eixo, observamos o seguinte:

i. Ao denotar por Na reação dos rolamentos sobre o eixo em cada ponto de superfície lateral, e por Wo peso do eixo, temos que o somatório das projeções verticais de N deve ser igual a W, como se quer que a projeção vertical de$N$ seja constante em todos os pontos, temos:

ii.

$$V = \frac{W}{A} \qquad (12)$$

Em que A é a projeção horizontal na superfície lateral da ponta do eixo.

iii. A hipótese de desgaste uniforme significa que o desgaste é constante com y. A mecânica nos diz que o desgaste é proporcional ao trabalho da força de atritoμNnuma rotação completa do eixo. Logo:

$$2\pi y \mu N = constante \qquad (13)$$

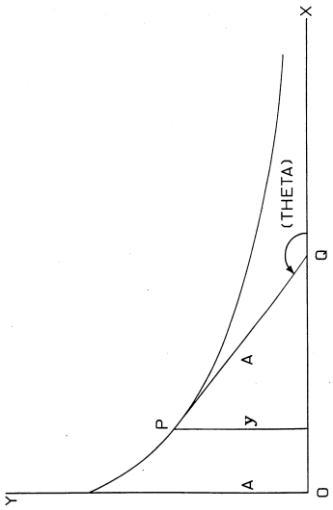
Por outro lado, por semelhança de triângulos, temos:

$$\frac{N}{V} = \frac{\overline{PQ}}{y} \qquad (14)$$

E usando as informações contidas na Equação 12 e na Equação 13, concluímos que PQdeve ser constante. Logo, a curva da secção longitudinal da ponta do eixo, deve ser uma tractriz. Portanto, a ponta do eixo tem a forma de uma pseudoesfera.Além disso, deseja-se que o desgaste da ponta do eixo a cada altura seja uniforme. A curva de Schiele é muito utilizada em fabricação de peças em mecânica como"*Valve stem and packing assembly* US 5044606 A e peças Pivot de Schiele".

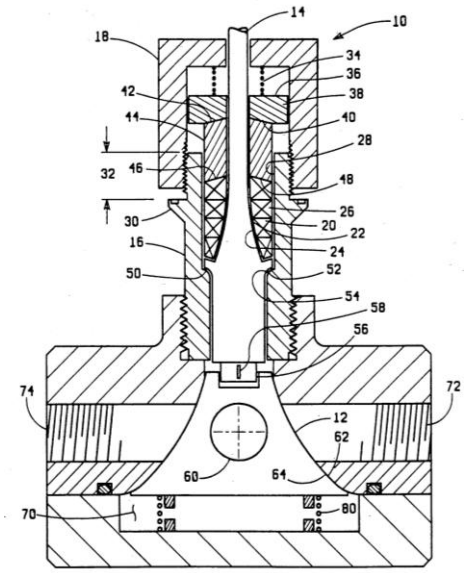
ISSN 1809-3957

Figura 8 – Curva de Schiele em uma válvula mecânica.



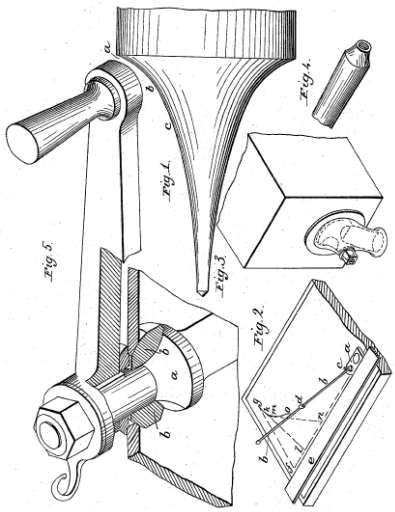
Fonte: patentimages, 2015.

Figura 9 – Pivô de Schiele em uma válvula mecânica.



Fonte: patentimages, 2015.

Figura 10 – Pivô de Schiele desmontado.



Fonte: patents, 2015.

VI. CONCLUSÃO

Para finalizarmos, salientamos que a teoria de curvas planas apresenta diversas aplicações em várias áreas do conhecimento. A curva tractriz é uma delas, e como podemos ver ao longo do trabalho, ela pode ser muito bem empregada na construção do Pivot de Schiele. Esta peça ganha um sentido especial para os autores, uma vez que, a mesma, ao ser descrita matematicamente, possibilita instantaneamente a implementação do Pivot em ferramentas de *softwares* para simulações de resultados. Esta possibilidade, sem dúvidas, é muito bem vinda na manufatura de modo geral, pois com ela, reduz-se custos e obtém-se resultados mais apurados. Não podemos deixar de lembrar que o Pivot de Schiele tem o formato que melhor atende à sua finalidade em uma gama infinita de possibilidades, portanto, uma peça especial a ser largamente empregada em diversos projetos de Engenharia Mecânica.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, H.; SANTOS, W. Geometria das Curvas Planas. Goiás, 2002.

DOERING, C. I.; LOPES, A. O. Equações Diferenciais Ordinárias. Rio de Janeiro,2008.

FIGUEIREDO, D. G. de; NEVES, A. F. Equações Diferenciais Aplicadas. Rio de Janeiro, 2001.

PATENT IMAGES. FIGURA 8. Disponível em: <http://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US5044606-2.png> - Acesso em: 20/06/2015.

PATENT IMAGES. FIGURA 9. Disponível em: <http://patentimages.storage.googleapis.com/pages/US5044606-1.png> - Acesso em: 20/06/2015.

GEOGEBRA,Dynamicmathematics&Science forlearningandteaching.Disponívelem: <www.geogebra.org> - Acesso em: 23/04/2015.

MATHEMATICAL ASSOCIATION OF AMERICA. The Catenary and the Tractriz.Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2310638> - Acesso em: 01/05/2015.

UNITED STATES PATENT OFFICE. Form of Rubbing Surface for Regulating Abrasion. Disponível em: www.google.com/patents/US7385?hl=pt-BR - Acesso em: 20/06/2015.

VIII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

A TECNOLOGIA SENSORIAL COM APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE A SERVIÇO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA, EM CONSONÂNCIA À LEI Nº 13.146 DE 06 DE JULHO DE 2015.

MARCELLO ANDERSON MELO BUONAFINA[1]; MIRIAN DE SOUZA ALVES[1]; ALYSSON RAMIREZ DE FREITAS SANTOS[1]; JAIR MINORO ABE[1]
1 – UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP
tenenteanderson@ig.com.br

Resumo – O presente artigo surgiu com o intuito primaz de evidenciar a real situação encontrada em algumas das Unidades de Ensino Público ou Privada do nosso país, no que diz respeito aos tratamentos ofertados às Pessoas Com Deficiência, visto que, foram constatados por meio de observações e relatos, inúmeras dificuldades vivenciadas no contexto educativo, principalmente por não possuírem meios que viabilizem a inclusão social. Ficou demonstrado em pesquisa que um dos meios viáveis encontra repouso na Tecnologia Assistiva em conformidade com a tecnologia sensorial e a aplicação de algoritmos, razão da necessidade de inserirmos mobilidade, autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social através dos recursos tecnológicos. Desse modo, foi desenvolvido um protótipo de controle de comandos (controlHelp 1.0), com comunicação por Rádio Frequência e inseridos no microcontrolador, em sequências lógicas paraconsistentes capazes de determinar o maior grau de prioridade encontrado nos comandos a serem utilizados. Contendo (04) quatro funções elaboradas por análises para auxiliar na comunicação eficiente em sala de aula entre professores e alunos/Pessoas com deficiência.

Palavras-chave: Lógicas Paraconsistentes. Tecnologia Assistiva. Pessoas com Deficiência.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com a pesquisa apresentada, podemos destacar que especialistas do mundo todo demonstram reconhecer que existe uma ruptura significativa dos processos comuns, ou seja, não tínhamos em épocas pretéritas o universo tecnológico a nosso dispor, e a partir desta nova realidade, abre-se lugar para o avanço das novas tecnologias desenvolvidas e aprimoradas com expressivo grau de satisfação e eficiência, e salientamos ainda que todo alcance até os dias atuais é de relevante importância e que em muito contribuem para uma sociedade que desejamos.

Embora o tema seja considerado polêmico nos domínios da sociedade em razão de sua nomenclatura, prevalece às jurisprudências em consonância às normas e preceitos jurídicos, desta feita, temos como apoio e fundamento concreto de nossa pesquisa a Constituição Federal/88 e a Lei nº 13.146 de 06 de Julho de 2015. Que dispõe em todos os seus artigos tratamento digno e humanitário às Pessoas com Deficiência, do qual em especial referenciamos os artigos 1º, 2º e 3º, Caput, e seus respectivos incisos e alíneas, com a seguinte redação:

Art. 1º É instituída a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), destinada a assegurar e a promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania.

Art. 2º Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.

Art. 3º Para fins de aplicação desta Lei, consideram-se:

I – acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida;

II – desenho universal: concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos da tecnologia assistiva;

III – tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social;

IV – barreiras: qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que limite ou impeça a participação social da pessoa, bem como o gozo, a fruição e o exercício de seus direitos à acessibilidade, à liberdade de movimentos e de expressão, à comunicação, ao acesso à informação, à compreensão, à circulação com segurança, dentre outros, classificados em:

ISSN 1809-3957

a) barreiras na comunicação e na informação: qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que dificulte ou impossibilite a expressão ou o recebimento de mensagens ou de informações por intermédio de sistemas de comunicação e de tecnologia da informação;

b) barreiras tecnológicas: as que dificultam ou impedem o acesso da pessoa com deficiência às tecnologias;

V – comunicação: forma de interação dos cidadãos que abrange, entre outras opções, as línguas, inclusive a Língua Brasileira de Sinais (Libras), a visualização de textos, o Braille, o sistema de sinalização ou de comunicação tátil, os caracteres ampliados, os dispositivos multimídia, assim como a linguagem simples, escrita ou oral, os sistemas auditivos e os meios de voz digitalizados e os modos, meios e formatos aumentativos e alternativos de comunicação, incluindo as tecnologias da informação e das comunicações; A saber, que de acordo com a Carta Magna e suas respectivas leis que tratavam o tema, antes da promulgação da Constituição Federal de 1988, tínhamos a terminologia, Portadores de Necessidades Especiais (PNE), para aludir à pessoa com deficiência, sendo esta nomenclatura uma expressão aceita ou suportável, porém, a expressão que designa a Pessoa Com deficiência, surgiu com o advento da Lei nº 13.146 de 06 de Julho de 2015, que obedece a atualização da nomenclatura de forma politicamente correta, segundo a fonte (BRASIL, 1988).

Enfatizamos que todo este avanço tecnológico assistivo é composto de mecanismos sensoriais de alta precisão, viabilizados pela internet das coisas, para auxiliar a locomoção das Pessoas com Deficiência, e que em quase toda totalidade do planeta Terra, com exceção de alguns países de primeiro mundo que trabalham bastante neste sentido, uma vez que muito se tem pensado e repensado em uma vida melhor, mais saudável e digna para aqueles que vivem à margem da sociedade.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), estima-se que em tempos de paz, 10% da população dos países desenvolvidos, são constituídos por pessoas com algum tipo de deficiência física. Já para os países subdesenvolvidos, estima-se de 10 a 15%. As pesquisas também apontam que muitos destes que se encontram neste percentual supracitado, não possuem nenhum tipo de acesso ou mesmo participam de programas relacionados e voltados à saúde dos deficientes, quer seja, no âmbito público e privado. Para melhor exemplificar e facilitar a compreensão dos interessados no assunto, citamos uma geladeira em virtude do seguimento tecnológico, por ser um objeto de uso comum e de fácil acesso, afirmamos por intermédio do grande avanço tecnológico, ser possível uma geladeira, sem a intervenção humana, ter a capacidade de manter e realizar uma comunicação direta, com um ou mais fornecedores de seus produtos mais consumidos, podendo para tanto, informar prazos de validade, apontar com exatidão a quantidade encontrada ou outras informações inerentes, inclusive repassar a informação antecipadamente quando tais produtos chegarem ao fim, ou seja, no limite definido e pré-estabelecido pelo usuário, para renovação de seu estoque público ou privado.

Difundido há muito tempo, em meio à sociedade, que deficiência é doença, e que crianças portadoras de alguma mazela ou deficiência congênita só poderiam estudar em colégios especializados, estas ideias foram desmistificadas através de inúmeros grupos de estudos e entidades governamentais preocupados em demonstrar e comprovar em definitivo, que a inserção e a integralização dessas pessoas são os passos mais importantes para a inclusão social.

E que somente por meio da aplicabilidade das tecnologias disponíveis e favoráveis, poderemos ver surgir os benefícios desejados à promoção da qualidade de vida saudável, para as pessoas com deficiência, bem como, para os seus familiares.

Hoje, a internet das coisas, de acordo com o estudioso (ANDRADE, 1998), dispõe que, por ser uma tecnologia nova e pouco divulgada na sociedade, mais muito conhecida no mundo acadêmico e certamente, quase não utilizado no seguimento empresarial no Brasil, conexa e concentra-se com qualquer objeto de natureza física, quando está integrada em uma rede de conexão sensorial, repassando informações de dados como, de localização, temperatura, quantidades de pessoa, sensores para medir baurosimetria (lesados medulares), eletroneuromiografia, eurodinâmica e outros.

Imaginemos toda esta tecnologia alcançar um consultório médico e através de vários sensores específicos e interligados ao algoritmo computacional, fazer surgir a possibilidade da descoberta imediata, se não de todos os males, mas quem sabe, de parte dos maiores males que afligem os pacientes, tornando-se possível e viável a identificação, por exemplo, de problemas cardiovasculares, dentre outros, de forma rápida, eficiente e com uma precisão ímpar, elevar a imaginação ao caso em concreto, e idealizar a capacidade de vidas serem salvas por intermédio destes avanços tecnológicos.

Difícil imaginar, com o alcance de toda tecnologia inovadora disponível, segundo (Cisco, 2011), afirma que os riscos de vida que correm as Pessoas com Deficiência sem o uso dos equipamentos compostos de alta complexidade tecnológica, podendo para tanto, a partir daí, mediante utilização, receber os múltiplos benefícios oriundos dos mecanismos de comunicação arduínos conectados aos vários sensores, e ser pacífico, benéfico e propício à comunicação verbal, física ou até mesmo de um simples entendimento "mental", entre professores e "alunos", Pessoas com Deficiência, evitando assim transtornos maiores para a vida de crianças, adolescentes, jovens ou idosos acometidos de tais deficiências.

Verificados e certificados por meio de inúmeras pesquisas bibliográficas de cunho qualitativo, acerca das diversidades tecnológicas dispostas no mundo computacional, enfatizamos o gerenciamento de todo este sistema, acoplados à robótica inteligente, automação comercial e industrial, protocolos de controle de transferências (TCP), redes de computadores, sensores, atuadores e conexões, que se interligam com inúmeros objetos, tais como os objetos de cunho tecnológico, conceituados como possíveis e inimagináveis, de sorte que, a título de exemplo, podemos fazer referência principalmente aos *smartobjects*, que por sua vez, é um dos muitos objetos que contemplam variados tipos de dispositivos, até mesmo os conotados de complexidade.

É clássico enfatizar o tema abordado, quando, e de maneira fácil, conseguimos trazer à luz do conhecimento popular, informações esclarecedoras à cerca dos múltiplos benefícios adquiridos em razão de um sistema de comando de execução de atividade, bem aprimorado e bem executado.

Estudos e pesquisas, atendendo necessidades latentes, vislumbraram a intenção primaz em construir um

ISSN 1809-3957

dispositivo móvel, também conhecido como (*Cadeira de Rodas Automatizada por Controles inteligentes*) tendo sua funcionalidade de comunicação por meio de Rádio Frequência (RF), para controle dos atuadores mecânicos e eletrônicos, mediante sistemas arduínos ou outros semelhantes, utilizando como base uma nova classe de lógicas não-clássicas, a lógica paraconsistente anotada evidencial Eτ a qual na sua linguagem utiliza fórmulas do tipo $p_{(a, b)}$ onde *p* denota uma proposição no sentido usual e (a, b) é uma par de número reais pertencentes ao quadrado unitário $[0, 1]^2$ e é interpretado assim: *a* indica a evidencia favorável expressa pela proposição *p* e *b* a evidencia contrária expressa pela proposição *p*. O conjunto $[0, 1]^2$ é munido pela ordem anti-lexicográfica e o torna numa estrutura chamada de reticulado (de valores-verdade). Tal reticulado pode ser partilhado em regiões convenientes para cada aplicação e determina os estados de decisão (Da Silva Filho, Abe & Torres 2008).

Estes processos tecnológicos surgidos na década de 50, com profundos e expressivos avanços nos campos da matemática e filosofia, e que seguem avançando respeitosamente desde os anos 90, de forma inovadora, transformando-se, num espaço seguro, salutar e propício para a inclusão social da população mundial, quebrando, por sua vez, vários tabus e barreiras, coexistentes ao meio social, diminuindo, portanto, em conformidade com a (PORTARIA, 2012), todo o desconforto preexistente e compreendido no universo habitado pelas pessoas com deficiência, propiciando e tornando-os por inclusão, capazes de desejosamente tomar decisões, dirigir e executar suas próprias atividades, sem problema algum, até mesmo sem a necessidade da intervenção ou a ajuda de terceiros.

Podemos ainda mencionar neste artigo órgãos atuantes e de grande relevância no combate destas barreiras que inviabilizam uma melhor condição de vida das Pessoas com Deficiência:

- CEDIPO – Centro de Documentação ao Portador de Deficiência.
- E a CORDE – Comitê de Ajudas Técnicas, ATA VII.

II. PROCEDIMENTOS

Neste ponto procedimental do artigo, destacamos a utilização de inúmeras pesquisas por meio de sites que tratam de tecnologia assistiva, bem como descrevem tudo que os estudos revelaram sobre a simbologia dos sinais, enfatizando o que mais atendem e mais atraem, por exemplo: as cores vibrantes, os formatos diferenciados e a semelhança com objetos parecidos com Joystick de jogos de games que proporcionam uma maior interação nas pessoas com deficiência, principalmente as crianças por interagirem diretamente com estes tipos de games na vida real.

Verificando-se por meio de uma série de perguntas bem objetivas, realizadas por questionários, das quais selecionamos as que chamam maior atenção:

- Perguntas: Quais as maiores dificuldades encontradas em sala de aula com Pessoas com Deficiência?
- E quais as maiores dificuldades de acesso para essas Pessoas com Deficiência?

Respostas: Em resposta foi diagnosticada inúmeras situações que inviabilizam o acesso e a permanência das Pessoas com Deficiência no âmbito escolar.

Primeiro encontramos a questão das escolas que não oferecem condições em receber 'alunos', Pessoas com deficiência.

Depois visualizamos a enorme impossibilidade dos professores em lidar com estes alunos, por não existir uma comunicação adequada e satisfatória capaz de promover uma melhor interação e compreensão com os alunos, segundo (CORDE, 2011).

E pensando em oferecer maiores condições e oportunidades, a tecnologia assistiva trás um seguimento de cores que priorizam a dor, a fome, (WC) necessidades fisiológicas e atenção, que nesta fase do procedimento foram conectadas via Rádio Frequência (ControlHelp 1.0) em uma Cadeira de Rodas Automatizada.

A etapa de comunicação entre o ControlHelp 1.0 e o Pager foi realizada através de um dispositivo por Rádio Frequência, em que se determinou um alcance favorável, podendo atingir um raio de até 15m com placa Arduíno, módulo RF 433,92 Mhz (transmissor + receptor), do mesmo modelo, momento este, em que foram inseridos o Algoritmo Paraconsistente capaz de realizar com total precisão a distribuição de prioridades dispostas e definidas nas cores caracterizadas e simbolizadas, apontando os pontos críticos revelados nos relatórios dos professores.

Nesta etapa do procedimento foi desenvolvido um dispositivo de controle de ajuda com o intuito de auxiliar a comunicação entre o docente e o aluno/pessoa com deficiência, utilizando peças de celulares usados e sem uma prévia utilidade, ocasião esta em que se desmontou o celular (modelo Samsung – LS 610) para a retirada do motor com a finalidade de promover a vibração do Pager, facilitando deste modo que o docente possa perceber o chamado não somente mediante por via de led's, mas também por via de vibração e com a simbologia linguística típica dos cegos "Braille", (pessoas com deficiência ocular), e todos representados mediante análises, nas cores correspondentes de acordo com as normas da tecnologia assistiva que representam:

- ✓ Amarelo é a simbologia que determina se a pessoa com deficiência esta com dor;
- ✓ A cor azul surge para identificar a higienização e frescor e tudo relacionado às necessidades relativas ao uso do banheiro (WC);
- ✓ A cor vermelha demonstra e requer a atenção de alguém;
- ✓ E a cor verde que representa o apetite, a fome, e também a sede.

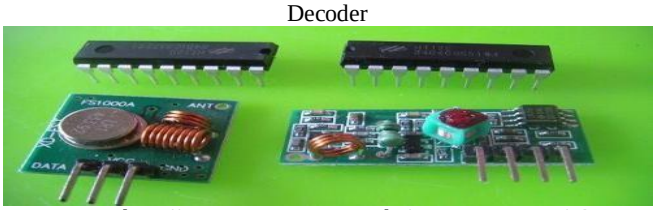
Trabalhou-se estimadamente por cerca de 10 minutos para a sequência de desmonte do referido aparelho celular para retirada do motor.

Realizado todo este processo, temos o dispositivo concluído e pronto para ser incorporado à cadeira de rodas.

ISSN 1809-3957

Conforme figuras abaixo, podemos perceber que o procedimento de montagem do dispositivo adotado seguiu em sequência lógica, podendo ser visualizada em suas etapas que seguem na estrutura física interna ou externa.

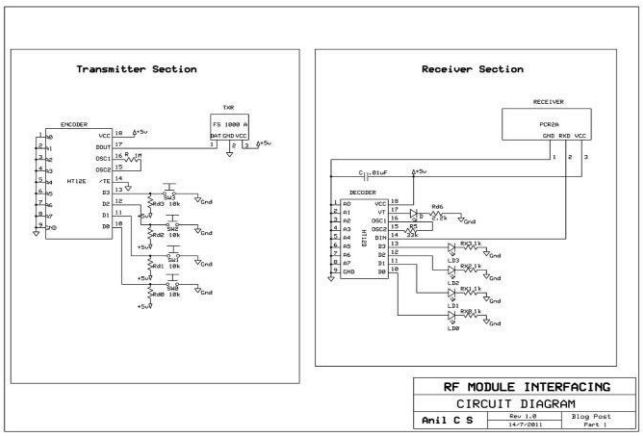
Figura 1 – Módulo Rf 433,92, Transmissor, Receptor, Encoder e Decoder



Fonte: http://www.pictronics.com.br/artigos-tecnicos/43-eletronica-e-automacao/91-controle-remoto-rf-43392-mhz.html.

A Figura 2 é a representatividade do Esquema Eletrônico interno que compõe o Controle Remoto por Rádio Frequência, que foi confeccionado para auxiliar nos comandos de comunicação entre o controle remoto, que fica com a pessoa com deficiência e o Pager, em posse do Professor.

Figura 2 – Esquema Eletrônico do Controle-Remoto-rf-433mhz-Encoder-ht12e-Decoder-ht12d



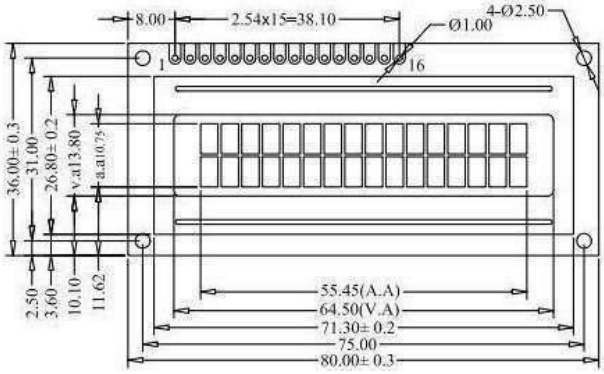
Fonte: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-703482382-controle-remoto-rf-433mhz-encoder-ht12e-decoder-ht12d-_JM

A Figura 3 mostra no display com duas linhas, cada uma contendo até dezesseis caracteres, o nome do Aluno, ao qual o professor irá atender de imediato.

Figura 3 – Display LCD Arduíno.

Fonte: http://www.pictronics.com.br/artigos-tecnicos/43- eletronica-e-automacao/91-controle-remoto-rf-43392- mhz.html.

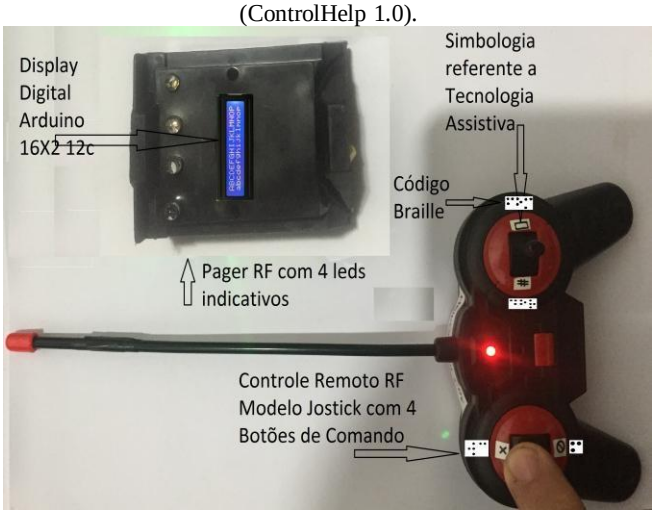
Figura 4 – Esquema Elétrico do Display LCD 16x2 I2c



Fonte: http://www.pictronics.com.br/artigos-tecnicos/43-eletronica-e-automacao/91-controle-remoto-rf-43392-mhz.html.

A Figura 5 apresenta os dispositivos de ajuda que foram confeccionados e adaptados na cadeira de rodas automatizada, no Pager acenderá led's em (04) quatro cores disponíveis e caracterizadas na Tecnologia Assistiva que predispõe e simboliza os critérios adotados para a interação entre o corpo docente e seus respectivos alunos com Deficiência.

Figura 5 – Controle de Comunicação por Rádio Frequência (ControlHelp 1.0).



Autor: Marcello Anderson Melo Buonafina, 2015.

A Figura 5 apresenta os dispositivos de ajuda que foram confeccionados e adaptados na cadeira de rodas automatizada, no Pager acenderá led's em (04) quatro cores disponíveis e caracterizadas na Tecnologia Assistiva que predispõe e simboliza os critérios adotados para a interação entre o corpo docente e seus respectivos alunos com Deficiência.

A Figura 6 é a imagem da cadeira de rodas que traduz e caracteriza o meio utilizado como suporte para aplicação do aparelho similar ao Joystick complementará a transmissão realizada pelo dispositivo de ajuda fazendo a interação para auxiliar a locomoção das Pessoas com Deficiência e a inclusão social.

ISSN 1809-3957

Figura 6 – Ilustração de uma Cadeira de Rodas Automatizada com módulo de controle por Rádio Frequência (ControlHelp 1.0), acoplado a ela.

Fonte:http://www.bing.com/images/search?q=cadeiras+de+rodas+motorizadas&qpvt=cadeiras+de+rodas+motorizadas&qpvt=cadeiras+de+rodas+motorizadas&FORM=IGRE

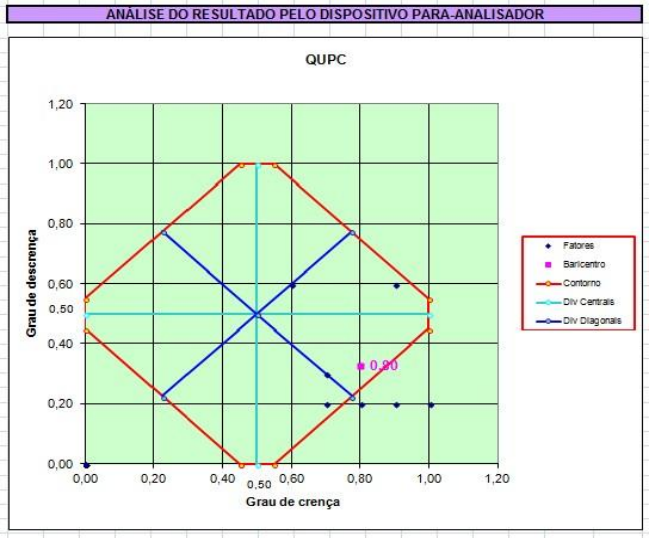
A Tabela 1 demonstra com precisão como foram elaborados e aplicados os critérios de prioridade que foram realizados mediante questionário avaliativo, respondido pelos professores especialistas, da qual vislumbram em sala de aula o comportamento e atendimento das Pessoas com Deficiência para serem adotados como medida de peso pela Lógica Paraconsistente.

Tabela 1 - Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), com os critérios de prioridade adotados.

Método do Analise Individualizado dos Fatores (MFI) para tomada de decisão.								
Avaliação dos professores especialistas em relação aos fatores abordados								
Perguntas	Grupo de Especialistas							
Peso dos Valores	Especialista 1		Especialista 2		Especialista 3		Peso	
	Aceito	Rejeitado	Aceito	Rejeitado	Aceito	Rejeitado	Aceito	Rejeitado
Fator 1 (Dor)	1,0	0,0	0,8	0,2	0,9	0,1	2,7	0,3
Fator 2 (Fome)	0,7	0,3	0,8	0,2	0,7	0,3	2,2	0,8
Fator 3 (Necessidades Fisiológicas – WC)	0,9	0,1	0,7	0,3	0,9	0,1	2,5	0,5
Fator 4 (Atenção)	0,6	0,4	0,8	0,2	0,7	0,3	2,1	0,9

Fonte: Marcello Anderson Melo Buonafina,2015.

Figura 7 – Reticulado com as informações da tabela contendo os critérios de prioridades inseridos na Lógica Paraconsistente Anotada.



Fonte: ABE, J. M. Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E. São Paulo, 2011.

III. RESULTADOS

O resultado desta pesquisa facilmente poderá ser objeto de observação, segundo (G.C Silva And J.M Abe,2014), a partir do momento que o processo de atendimento aos Alunos com Deficiência passa a ser um fator de grande importância, ocasionando desde então a necessidade de exigir e a determinar a máxima atenção e prioridade, relativas às necessidades, prioritariamente em relação aos fatores que determinam o tempo e a distância em questão às ocorrências originadas, principalmente as originadas no contexto educativo.

Pois quando o aluno "x", por exemplo, acionar o comando de dor; e o aluno "y" pressionar o botão de atenção, atribuir-se-á que o aluno "x" estará em maior grau de urgência, elevando-se este aluno “x” ao nível de prioridade no atendimento.

A aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) acontece da seguinte forma:

Primeiramente devemos observar cautelosamente, como o sistema filtra as informações para poder determinar o repasse dos comandos:

- Na hipótese em que o aluno "x" acione o comando relativo à dor e o orientador for atendê-lo, e eventualmente o aluno "y" simultaneamente, acione o comando relacionado à fome, entretanto, o comando impedirá por razões de prioridade, e desta feita, o aluno “y” não poderá ser atendido com certa urgência em virtude de o orientador estar oferecendo atendimento prioritário ao aluno "x", aluno este, que acionou por motivo de dor, e absolutamente por conta da ordem de prioridade houve a liberação por meio de comandos do próprio sistema.

ISSN 1809-3957

- Ainda sobre as ordens de comando, é respeitado que em dado momento, ao término do atendimento, quando o orientador estiver livre para fazer o atendimento do aluno "y", o sistema automaticamente irá verificar novamente a próxima ordem de prioridade da fila, então, a Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), irá novamente realizar uma análise dinâmica entre o tempo de atendimento e a distância de acionamento de comandos entre os demais alunos, sistematizando e avaliando assim as inconsistências dinâmicas de cada caso e aplicando a devida prioridade com base na real necessidade, observando o tempo e distância entre as ocorrências, o que o torna diferente da lógica clássica formal, pois a Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), avalia dinamicamente com base em inconsistências, quer sejam, favoráveis ou desfavoráveis, enquanto que a lógica formal irá se limitar apenas ao que é verdadeiro ou falso, podendo cair em loop, isto é, incorrendo na execução de comandos repetidos, estagnados ou mesmos determinados por limites.

IV. CONCLUSÃO

É salutar e muito interessante concluir um trabalho de pesquisa, em que o objeto principal nos permite perceber com clareza, as múltiplas possibilidades de alcançar e aproximar a sociedade da inclusão social, principalmente, quando vislumbramos que existe uma base sólida dispostas em leis garantidoras de direitos a pessoa com deficiência. Contudo, em oposição ao tratamento acima exposto, bem como em observância às novas bases que regem o universo jurídico contemporâneo, de forma atenta à própria força atual, isto é, o grito, a aclamação por melhores condições e aos Direitos Humanos, (BRASIL,2009), que preconizam e trazem inúmeras garantias, além, claro, de oferecer proteção aos indivíduos e grupos que sofrem com atos que interferem diretamente nos direitos fundamentais e na própria dignidade humana, garantindo para as Pessoas com Deficiência um tratamento mais justo e digno e com alcance razoável, em atenção especial e evidente efetividade às normas previstas na CRFB/1988 e na própria democracia e nas leis próprias determinantes que abraçam e permeiam o universo habitado pelas Pessoas com Deficiência. Neste sentido, a Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), surgiu para oferecer por meio de comandos de uma série de benefícios de avaliação de critérios sistematizados e analisados para a inserção e a integralização por serem os passos mais importantes para a inclusão social, favorecendo assim, a possibilidade da autonomia e independência na execução de tarefas simples e antes não possíveis de realizar.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, J. M. **Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial**. São Paulo, 2011.

ANDRADE, J. M. P. A internet no processo de inclusão social de pessoas com Deficiências. ln. **Capovilla, F. c., Gonçalves, M. 1., & Macedo, E. C. (Orgs). Tecnologia em (Re)Habilitação Cognitiva:** Uma perspectiva multidisciplinar. Edunisc. São Paulo. 1998.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Senado, 1988.

BRASIL. SDHPR - Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência - SNPD. 2009. Disponível em: http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/publicacoes/tecnologia-assistiva Acesso em 06/12/2012

Cisco IBSG, 2011.

CORDE, Comitê de Ajudas Técnicas, ATA VII. Disponível em: http://www.mj.gov.br/sedh/ct/corde/dpdh/corde/comite_at.asp > Acesso em 15 de jun. 2011

http://www.businessinsider.com/internet-of-everything- 2015-bi-2014-12?op=1

G.C Silva And J.M Abe.**Learming Evaluation UsingNon- classical Logic**s, IFIP 459,p.558 ff.

Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), **nº 13.146 de 06 de Julho de 2015.**

PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 362, DE 24 DE OUTUBRO DE 2012. Disponível em: http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_58.pdfAcesso em 07/02/2013.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ADEQUAÇÃO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL À *LEAN CONSTRUCTION* - ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA - AL

ERALDO ALBUQUERQUE OLIVEIRA[1]; AVA SANTANA BARBOSA[2]; CRISTIANO HORA DE OLIVEIRA FONTES[2]
1 – IFAL; 2 – UFBA
eraldo.ao@uol.com.br

Resumo *- O surgimento de novas e pequenas empresas reflete a obstinação empreendedora pelos pequenos negócios no Brasil. O setor da construção civil merece destaque pela sua participação significativa para a economia no decorrer dos últimos anos. Por outro lado, sua visão empreendedora requer a necessidade de adequar novos conceitos aos seus processos para alcançar melhores níveis de produtividade e tornarem-se mais competitivas para a sobrevivência no mercado. A lean construction representa uma alternativa para estas micros e pequenas empresas como fundamento para reduzir as perdas em seus processos produtivos. O objetivo da pesquisa é avaliar a adequação às práticas enxutas pelas empresas e propor sua melhor aplicabilidade. A abordagem metodológica do estudo de caso consistiu em entrevistas nos canteiros de obras na cidade de Arapiraca – AL. Os resultados apontam que a implantação de um sistema de gestão de qualidade favorece às práticas enxutas apesar de haver uma necessidade em adequá-las definitivamente a adoção da nova filosofia*.

Palavras-chave: Micro e pequena empresa. Construção civil. Lean construction. Perdas.

I. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas o Brasil tem sentido os efeitos cíclicos de uma política econômica onde períodos de recessão com retração de sua economia, gerando desempregos e incertezas são intercalados por períodos de estabilidade com aumentos de emprego e renda e consequentemente um incremento no consumo com a expansão de suas indústrias e serviços.

Um dos setores que tem se destacado nessa "gangorra" da economia são as micro e pequenas empresas, que nos momentos de crise cujo fantasma do desemprego assombra a classe trabalhadora inibindo o crescimento sustentável, tem contribuído para frear o ímpeto da recessão como uma alternativa de ocupação para uma parcela da população com habilidades para desenvolver seu próprio negócio, e em uma alternativa de emprego formal e informal, para uma grande parcela da força de trabalho excedente, em geral com pouca qualificação, que não encontra emprego nas empresas de maior porte servindo como um "colchão" amortecedor do desemprego (IBGE, 2003).

Para o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2014), os pequenos negócios respondem por mais de um quarto do PIB – Produto Interno Bruto. Todas juntas somam cerca de 9 milhões de micro e pequenas empresas e que representam um PIB de 27% do país, um resultado que vem crescendo nos últimos anos.

No universo das micro e pequenas empresas destaca-se o papel da indústria da construção civil. Para o SINDUSCON – SP (2014), ela tem impulsionado o recente crescimento no Brasil com seu Produto Interno Bruto – PIB tendo uma evolução acumulada de 47% no período 2003-2013, contra 46% da economia como um todo e apenas 24% da indústria de transformação. Nesse mesmo período foram criados 2,23 milhões de postos de trabalho formais em todo o país. Houve um forte movimento de contratação de trabalhadores que implicou grande avanço de poder aquisitivo e escassez de oferta de mão de obra especializada.

Em Alagoas os números são crescentes na criação de micro e pequenas empresas no setor da construção civil. Os dados apontam um acréscimo de 25.3% entre os anos de 2000 e 2004, segundo Bedê (2006). Isso demonstra a inegável capacidade empreendedora dos brasileiros em superar obstáculos e gerir seus pequenos negócios, apesar das políticas econômicas adversas. Por outro lado, as MPE's não atingiriam os índices constatados pela simples razão de possuir acesso às linhas de crédito tornando-as mais vigorosas no aspecto financeiro, mas, sobretudo pela inovação e conhecimento tecnológico associados à um sistema de gestão que possibilite alcançar resultados competitivos para seus produtos e serviços.

A adoção de práticas enxutas trariam 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. Foi a partir do trabalho acadêmico de Koskela (1992) publicado *Application of the new production philosolhy in the construction industry* (Aplicação da nova filosofia da produção da indústria da construção) e a criação do *International Group for Lean Construction* - IGLC (Grupo Internacional para Construção Enxuta) que disseminou entre os países essa "nova filosofia da produção" sobre a possibilidade de implantá-la aos processos produtivos da construção civil tendo como premissas as bases da produção enxuta.

Para Assumpção (1996), apesar do setor da construção civil ter procurado adaptar conceitos, métodos e técnicas desenvolvidas para o ambiente industrial, nem sempre consegue adaptar-se às situações de produção comuns na construção civil, fazendo com que acabem gerando sistemas inadequados e de baixa eficiência.

O gerenciamento de obras no Brasil é feito de forma improvisada, intuitiva (seguindo instintos pessoais) e reativa (segue como base, modelos já visualizados anteriormente) resultando baixa produtividade, falta de qualidade nos

ISSN 1809-3957

processos, elevados custos de produção, índices de desperdício, além da insatisfação dos clientes (SOUZA e CABETTE, 2014).

Em seu trabalho, Koskela (1992), critica o que ele denomina de "conceitualização tradicional da construção", ou seja, a divisão da construção em um conjunto de processos independentes com atribuições da responsabilidade por cada processo a um especialista. Esta visão prejudica a gestão, na medida em que dá pouca ênfase ao fluxo dos processos. Reforça ainda que, os princípios desenvolvidos na produção industrial não foram suficientemente abstraídos e aplicados com as peculiaridades intrínsecas do ambiente da construção civil.

A mudança básica entre os conceitos tradicional e o *lean construction* mais importante é a introdução de uma nova forma de entender os processos. Enquanto o modelo conceitual dominante define a produção como um conjunto de atividades de conversão onde os insumos convertem-se em produtos intermediários até o produto final, o modelo de construção enxuta assume que o processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, porém constituído por atividades de transporte, espera e processamento e inspeção. Sendo que, as atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final e são chamadas de atividades de fluxo.

As novas filosofias de produção indicam que a eficiência dos processos pode ser melhorada e suas perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência dos processos das atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas atividades de fluxo (KOSKELA, 1992).

Vargas *et al.* (1997) adaptou as perdas da *lean production* associando-as às perdas da construção enxuta. O quadro abaixo resume estes tipos de perdas:

Quadro 1- Tipos de perda segundo sua natureza, origem e incidência. Vargas *et al*., 1997

TIPO DE PERDA	CONCEITO	EXEMPLO
Superprodução	Produção superior além da necessária para um determinado serviço.	Produção de volume de concreto acima da necessária para a concretagem de uma laje.
Estoque	Estoque em excesso, devido a falha de programação na entrega do material.	Armazenamento de materiais na obra muito antes da sua utilização.
Espera	Produtos em fila esperando para serem processados.	Espera para fazer um determinado serviço devido a falta de um determinado material ou equipamento.
Transporte	Desperdício de tempo que não agrega valor e gera custos extras. Manuseio excessivo e inadequado de materiais.	Dispêndio de tempo no transporte de materiais ente o local de estocagem e o de transformação.
Movimento	Processo de trabalho não é adequado os colaboradores acabam trabalhando em excesso, com menor produtividade.	Maior esforço do colaborador para fazer uma tarefa devido às condições ergonômicas desfavoráveis.
Processamento	Erro na concepção de produto e/ou nas diversas etapas de sua elaboração, acarretando grandes perdas de: materiais, tempo, hora/homem, hora/máquina, elevando os custos.	Retrabalho de determinada tarefa devido à falta de detalhamento e construtibilidade do projeto.
Elaboração de produtos defeituosos	Quando os produtos não atendem à qualidade esperada. Acabam resultando em retrabalho ou redução de desempenho do produto final.	Erro na estrutura devido à falta de integração entre o projeto e a execução, tendo que parte desta ser desfeita.

Dentro deste contexto, o objetivo deste artigo é identificar se as micro e pequenas empresas do setor da construção civil na cidade de Arapiraca – AL se adequam aos princípios da *lean construction* reduzindo as perdas fundamentais em seus processos.

II. PROCEDIMENTOS

Metodologicamente, este trabalho tem uma abordagem quali-quantitativa e exploratória. Os estudos exploratórios, geralmente são úteis para diagnosticar situações, explorar ou descobrir novas ideias (ZIGMUND, 2000).

A pesquisa será desenvolvida com a revisão da literatura sobre o tema, seguido com a coleta de dados através de entrevistas no canteiro de obra das empresas visitados na cidade de Arapiraca – AL, que possui um número limitado de empresas com sede na cidade e associadas no SINDUSCON - Sindicato das Indústrias da Construção Civil de Alagoas. As empresas entrevistadas mantém seus canteiros de obras em plena atividade por ocasião da pesquisa, se enquadram como micro e pequenas e

ISSN 1809-3957

atuam na região. Os entrevistados são os seus gerentes de obra no próprio canteiro.

Para Cervo e Bervian (2002), a entrevista é uma das principais técnicas de coletas de dados e pode ser definida como conversa realizada face a face pelo pesquisador junto ao entrevistado, seguido um método para se obter informações sobre determinado assunto. O roteiro pré-estabelecido com perguntas subjetivas e objetivas dividiu-se em três fases: a primeira com foco no sistema de gestão da qualidade – SGQ, a segunda sobre a aplicação da *lean construction* e a terceira fase com ênfase nas perdas fundamentais da *lean construction.*

Adotou-se os itens Likert para atribuir uma escala de valores ao grau de respostas. Para Costa (2011), a grande vantagem da escala de Likert é sua facilidade de manuseio, pois é fácil a um pesquisado emitir um grau de concordância sobre uma afirmação qualquer. Foram, portanto, atribuídos valores de 1 a 5 conforme o grau de intensidade das respostas dados pelos entrevistados sobre as práticas construtivas e operacionais adotadas pelas empresas em análise de acordo como quadro abaixo:

Quadro 2 - Escala de Likert.

Nunca	**Raramente**	**Às vezes**	**Frequentemente**	**Sempre**
1	2	3	4	5

Fonte: AUTORES, 2015

III. RESULTADOS

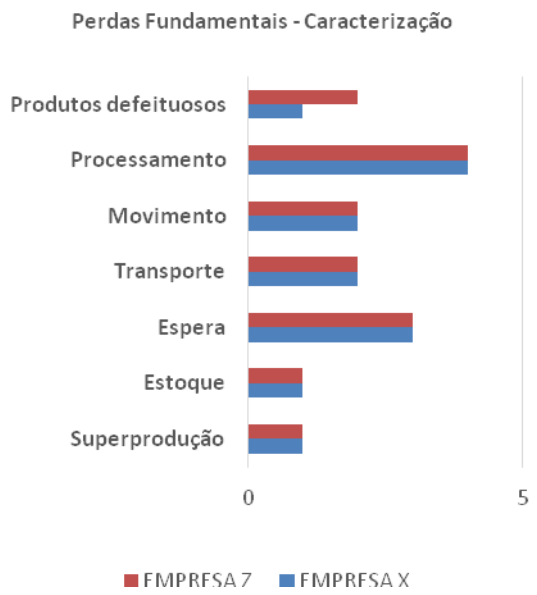
As entrevistas foram realizadas no canteiro de obra de duas empresas X e Z da região de Arapiraca – AL que estavam construindo blocos de apartamentos para classe média com 4 pavimentos por bloco feitos pela empresa X e 7 pavimentos por bloco feitos pela empresa Z. As entrevistas foram realizadas nos dias 15 e 17 de junho com os gerentes da obra da empresa X e Z. Durante a visita ao canteiro da empresa X observou-se que as obras estavam em fase avançada de concretagem das lajes e elevação das alvenarias com 3 blocos avançando para as lajes de teto. Quanto a empresa Z apenas um bloco estava erguido, porém já entrando na fase de acabamento. A previsão inicial é de construir 3 blocos de apartamentos na empresa Z e 7 blocos de apartamentos na empresa X com perspectivas de ampliação em ambas a depender da conjuntura econômica e demanda dos clientes.

As empresas possuem sistemas de gestão da qualidade implantados, a empresa X desde 2012 e a empresa Z a partir de 2014. A empresa X relatou que a grande motivação para sua implementação foi a participação nos programas habitacionais do governo federal, enquanto a empresa Z relatou que não só a participação nos programas são uma motivação, mas a melhoria e controle dos processos internos também. Ambas concordaram que a grande dificuldade para sua implantação é o alto investimento; a empresa X reclamou da burocracia no preenchimento de fichas, porém com fácil aplicação prática. A empresa Z citou como uma dificuldade a quebra de paradigmas das pessoas que trabalham diretamente na obra. As empresas não encontraram dificuldades na manutenção do sistema de gestão e concordaram que trouxe benefícios na organização geral dos processos criando uma padronização de execução dos serviços, bem como um histórico onde se destaca sua rastreabilidade desde o executor ao fiscal da execução apontando possíveis falhas durante o processo.

A filosofia da construção enxuta ainda é uma realidade distante nestas empresas. O conhecimento sobre as práticas *lean* são incipientes para ambas. Alegaram desconhecimento e alto custo para sua implementação e manutenção.

Os dados obtidos foram quantificados a partir das entrevistas realizadas nas empresas de construção civil sobre a aplicação da filosofia *lean construction* com enfoque nas suas perdas fundamentais que se inserem ao longo das etapas e processos construtivos.

Figura 1 – Caracterização das perdas fundamentais da *lean constuction*.



Fonte: AUTORES, 2015

A Figura 1 mostra a caracterização de cada uma das perdas fundamentais da *lean construction* numa escala crescente do menor para o maior nível para as empresas X e Z. As empresas atingiram o nível 1 na caracterização das perdas por superprodução e estoque. Os insumos são adquiridos na medida de sua aplicação como um sistema puxado impedindo grandes volumes de estoque. Também não foi diagnosticado perdas excessivas com superprodução uma vez que o estoques são regulados e há um acompanhamento da produção das etapas construtivas decorrente da aplicação do SGQ.

As perdas por espera atingiram o nível 3 para ambas, pois foi relatado desperdícios em relação aos atrasos verificados na execução de alguns serviços. Perdas por transporte e movimento atingiram o nível 2 em igualdade para as empresas. A boa disposição do *layout* do canteiro e o uso de máquinas e equipamentos próprios favorecem a rápida movimentação e entrega dos insumos para sua aplicação na obra. Na caracterização de perdas por processamento atingiu-se o nível 4 para ambas, devido aos retrabalhos ocasionados em maior parte pela deficiência técnica dos trabalhadores. Somente na caracterização de perdas por elaboração de produtos defeituosos houve uma ligeira discrepância entre as empresas. Na empresa Z ocorreu elaboração defeituosa em algumas peças estruturais segundo relato. Ao passo que, na empresa X esta perda foi insignificante.

ISSN 1809-3957

A Figura 1 aponta que há um equilibrio entre as empresas X e Z para todas as perdas, com pequena diferença na perda por elaboração de produtos defeituosos. Isto reflete, em parte, a aplicação prática de um sistema de gestão da qualidade implantado nestas empresas, por outro lado, observa-se que há uma grande variação nos níveis de caracterização para cada uma das perdas fundamentais, variando do nível 1 ao nível 4 da escala, demonstrando que a introdução das práticas enxutas em seus processos associadas à gestão da qualidade haveria uma tendência significativa para reduzir essas variações aos níveis menores da escala.

IV. CONCLUSÃO

Dentro do contexto das perdas fundamentais já definidas pela literatura da *lean construction* e através de suas principais características, as pequenas e micro empresas de construção civil em Alagoas ainda terão que aprimorar seus processos construtivos e logísticos para atender às demandas e a competitividade do mercado com eficiência e ganhos de produtividade.

A implantação da nova concepção da construção enxuta com seus conceitos e ferramentas já conhecidos transformaria a atual realidade do planejamento e controle de obras agregando esta metodologia em seus processos, no entanto, não basta agregar novas técnicas àquelas já convencionais. Mais que isto, é preciso assimilar esta nova filosofia da *lean construction* e aplicá-la em seus processos produtivos e gerenciais.

Apesar das limitações da pesquisa ao universo considerado de empresas, houve a pretensão de iniciar uma discussão sobre o tema na perspectiva de facilitar sua abordagem para uma aplicação gradual e sistêmica de sua filosofia entre as empresas que disputam o mercado dos pequenos empreendimentos da construção civil em Alagoas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPÇÃO, J.F.P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. 206 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Poli/USP, São Paulo, 1996.

BEDÊ, M. A**. Onde estão as micro e pequenas empresas no Brasil.** 1ª Ed. São Paulo: SEBRAE, 2006. Disponível em: http://www.sebraesp.com.br/arquivos_site/biblioteca/EstudosPesquisas/mpes_numeros/onde_mpes_brasil.pdf. Acesso em 15 de julho de 2015.

CERVO, A.L. BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**. E ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas: aplicações em administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **As micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil 2003**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/microempresa/microempresa2001.pdf.. Acesso em 12 de julho de 2015.

KOSKELA L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n. 72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, Stanford, 1992.

SOUZA, Beatriz Cassiano; CABETTE, Regina Elaine Santos. Gerenciamento da construção civil: estudo da aplicação da lean construction no Brasil. **Revista de Gestão & Tecnologia**, v. 2, n. 1, 2014.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS **Participação das micro e pequenas empresas na economia brasileira.2014.** Disponível em: http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal Sebrae/Estudos e Pesquisas/Participação das micro e pequenas empresas.pdf. Acesso em 12 de julho de 2015.

_____ **Sobrevivência das empresas no Brasil.** Disponível em: http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal Sebrae/Anexos/Sobrevivência_das_empresas_no_Brasil - 2013.pdf. Acesso em 15 de julho de 2015.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL - SP. **Conjuntura da construção**, ano XII, n. 3, 2014. Disponível em: http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/conjuntura_out2014web.pdf. Acesso em 15 de julho de 2015.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL - AL. Disponível em: http://www.sindicatodaindustria.com.br/sindusconal/empresas/. Acesso em 16 de julho de 2015.

VARGAS, Carlos et al. Avaliação de perdas em obras – aplicação de metodologia expedita. **Anais do 17o Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Gramado, 1997.

ZIKMUND, W.G. **Business research methods**. 5ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

DOMÓTICA E INTERNET DAS COISAS APLICADAS PARA APOIO À PESSOAS IDOSAS

FÁBIO DE ARAÚJO LEITE[1]; RODRIGO FRANCO GONÇALVES[2]; ALAN KILSON ARAÚJO[1]; VICTORIA REGIA CORDEIRO DE SOUZA[1]
1 – FACULDADE SANTO AGOSTINHO - FSA; 2 – UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP;
farleite@terra.com.br

Resumo - O aumento percentual da população idosa é um fenômeno de alcance mundial. Particularmente no Brasil, projeta-se um percentual de 28,9% de pessoas acima dos 60 anos para 2050 (atualmente, 11,5%). Cada vez mais os idosos tendem a residir sozinhos. Este fato torna-se uma motivação para estudos sobre robótica e automação, pois a aplicação desses conhecimentos pode facilitar tarefas cotidianas, gerando mais acessibilidade ao idoso. Ao unir Internet das Coisas a domótica (automação residencial) aumenta-se o potencial de auxílio e integração dos idosos com o meio em que vivem, visto que eles podem interagir com pessoas ou objetos através da rede de computadores (internet). Este artigo analisa as vantagens e desvantagens do uso dos sistemas domóticos e avalia as potencialidades de aliar estes sistemas com a internet das coisas, objetivando gerar benefícios para os idosos que moram sozinhos. Inicialmente são introduzidos conceitos como Internet das Coisas e domótica, como também elencadas várias solicitações dos idosos para sistemas de automação residencial, posteriormente são comparadas soluções do estado da arte desenvolvidas no Brasil e no mundo, verificando as ferramentas que foram utilizadas e quais delas podem agregar mais benefícios com a adição da Internet das Coisas.

Palavras-chave: Domótica. Internet das Coisas. Idosos.

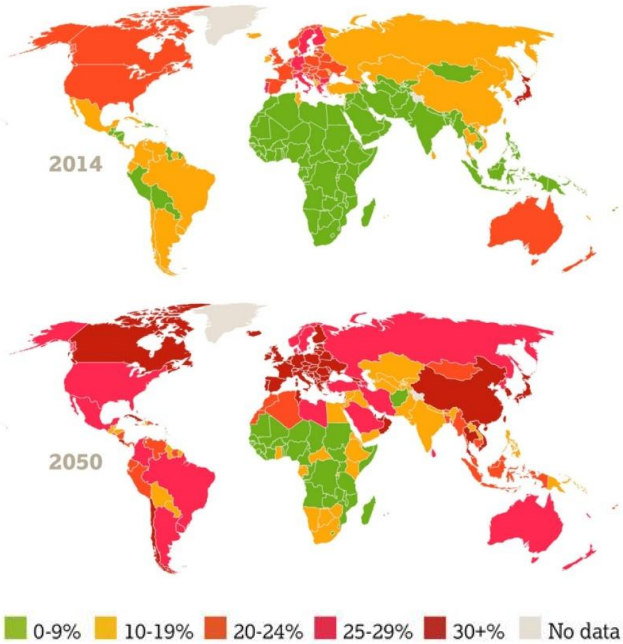
I. INTRODUÇÃO

O envelhecimento da população aparece como um fenômeno mundial, sobretudo em sociedades economicamente mais desenvolvidas, conforme o relatório Global Age Wath Index (2014) (Figura1). Particularmente no caso do Brasil, este mesmo relatório aponta um percentual de 11,5% da população acima dos 60 anos em 2014, que deve chegar a 28,9% em 2050.

No Brasil, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE, mostra uma redução no tamanho médio das famílias, de 4,3 pessoas em 1981 para 3,3 em 1990 e para 3,0 em 2011, havendo ainda um aumento no percentual de domicílios com um único morador (12,7% em 2011) e no percentual de casais sem filhos (IBGE, 2012).

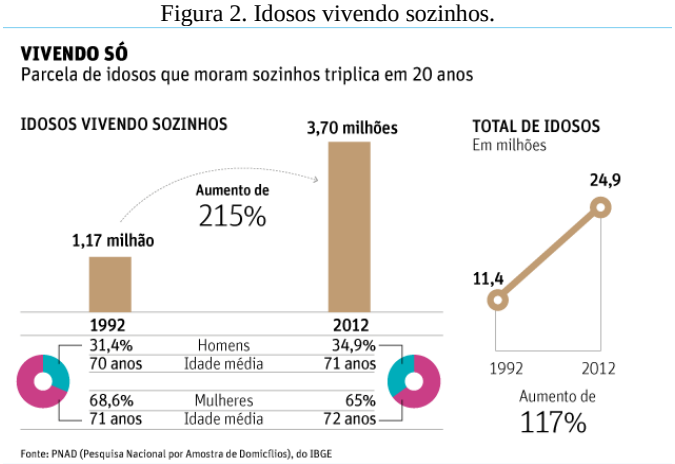
Percebe-se que estruturas familiares mostram-se mais desagregadas, o que leva muitas pessoas a continuarem morando independentemente de seus filhos após os 60 anos (Figura 2). A PNAD aponta um aumento de 215% no número de idosos vivendo sozinhos entre 1992 e 2012, sendo que, neste mesmo intervalo de tempo, o aumento no número de idosos foi de 117%. Ou seja, mais idosos passaram a viver sozinhos, totalizando 3,70 milhões em 2012 (COLLUCCI, 2013).

Figura 1. Porção da população acima de 60 anos e rapidez de crescimento com projeção para 2050.



Fonte: GLOBAL AGE WATH (2014).

Figura 2. Idosos vivendo sozinhos.



Fonte: COLLUCCI (2013).

Segundo Camargos *et al.* (2011), são várias as motivações para que idosos residam sozinhos, entretanto, os vínculos familiares tendem a ser mantidos. Neste sentido, as condições que surgem em decorrência da idade, como dificuldades sensoriais, de equilíbrio, locomoção, memória e atenção; necessidades de medicamentos e acompanhamento

ISSN 1809-3957

médico mais frequente; ou mesmo solidão; podem gerar preocupações tanto para o próprio idoso como para seus familiares. Segundo o IBGE (2010), 67,7% da população acima de 65 anos apresenta alguma deficiência de ordem visual (predominante), auditiva, motora ou mental (minoria).

Em virtude do aumento da população idosa mundial, está ocorrendo uma diminuição do número de cuidadores de idosos, visto que existem poucas pessoas para cuidar do crescente número de idosos. Este fato torna-se uma motivação maior para os estudos sobre robótica, automação e internet das coisas, pois ao contrário de deixar o idoso em uma instituição, temos a possibilidade de deixa-lo viver em casa e acompanhá-lo de forma remota. Então, com o desenvolvimento de tecnologia para os idosos podemos ajudá-los a viver mais tempo em suas próprias casas (HARMO *et al.*, 2005).

II. PROCEDIMENTOS

Este artigo é uma pesquisa teórica, baseada em revisão bibliográfica que analisa as vantagens e desvantagens do uso dos sistemas domóticos e avalia as potencialidades de aliar estes sistemas com a internet das coisas, objetivando gerar benefícios para os idosos que moram sozinhos e que ainda não necessitam de assistência médica 24h. Nas seções a seguir são introduzidos conceitos como internet das coisas e domótica, como também elencadas várias solicitações dos idosos para sistemas de automação residencial, posteriormente são comparadas soluções do estado da arte desenvolvidas no Brasil e no mundo, verificando as ferramentas que foram utilizadas e quais delas podem agregar mais benefícios com a adição da internet das coisas.

III. DOMÓTICA

A automação de objetos de uma residência chama-se domótica. O nome é a tradução da palavra francesa, *domotique*, termo criado pelo jornalista francês Bruno de Latour, em 1984: “A domótica é um sistema que integra diversas características técnicas de uma habitação (*domus* em latim = casa), tais como segurança, controle de iluminação, monitoramento e controle de energia”. (BOLZANI, 2013).

Moya; Tejedor (2004) quando define domótica cita a origem latina do termo (*domus*) adicionada a palavra robótica (controle automatizado de algo), ou seja, a domótica é o controle automático de nossas casas, o que vulgarmente chamamos de “casas inteligentes”.

São exemplos de soluções de domótica: robôs assistentes domésticos para funções gerais ou especializadas, controle automatizado de iluminação e temperatura, detectores e simuladores de presença, etc.

O grupo de pesquisadores do projeto *Future Senior Living* realizou uma pesquisa com o objetivo de detectar e propor soluções residenciais de automação e robótica para atender as reais necessidades de idosos e deficientes. O resultado foi resumido na Tabela 1, onde pode-se observar que ainda estão sendo desenvolvidas várias soluções para atender aos requisitos destes grupos. O estudo também mostra que uma das soluções mais simples é a utilização dos serviços de apoio especializados em casa, porém não são de grande aceitação por parte do idoso, como também os custos desses serviços são elevados.

Atualmente já existem vários sistemas de automação residencial no mercado, porém o preço para implementação e a frequente necessidade de ajustes dos sistemas dificulta a aquisição pelos usuários (STOPPA *et al.*, 2013).

Desta forma, automações residenciais de baixo custo para idosos e deficientes que possam gerar mais qualidade de vida e praticidade podem ser o melhor caminho para resolver este dilema.

Tabela 1 - Soluções de automação para idosos e deficientes.

Necessidades, problemas ou dificuldades	**Exemplos de soluções conhecidas**	**Tecnologia de automação ou suporte**
Solidão	Cuidadoras residenciais, centros de apoio, TV, comunicação apropriada: Internet, e-mail, smartphones.	Existentes: Robô de Entretenimento Em desenvolvimento: Robô que trabalha emoções, robô de apoio e comunicação e casa inteligentes.
Preparar comida	Serviços de entrega de comida (delivery), cuidadoras residenciais, comprar comidas de preparo rápido.	Existentes: Robô manipulador de comida Em desenvolvimento: Casas inteligentes.
Comer	Cuidadoras residenciais, comidas de fácil alimentação, projetos adaptados de garfos, colheres e outros.	Existentes: Robô de Alimentação Em desenvolvimento: Não encontrado
Necessidade de assistência médica	Cuidadoras residenciais, recipientes de controle de medicamentos	Existentes: Recipientes inteligentes de controle de medicamentos Em desenvolvimento: Casas inteligentes.
Higiene pessoal	Banheiros com mais acessibilidade, cuidadoras residenciais, dispositivos de higiene para a cama, assento de toalete móvel.	Existentes: Robô de banho Em desenvolvimento: Não encontrado

ISSN 1809-3957

Necessidades, problemas ou dificuldades	Exemplos de soluções conhecidas	Tecnologia de automação ou suporte
Comunicação, telefone e e-mail	Acessibilidade para utilizar telefones e programas mais fáceis para envio de e-mails.	Existentes: Não encontrado Em desenvolvimento: Robô de informação residencial e casas inteligentes.
Caminhar (necessidades reduzidas)	Andadores, barras de apoio.	Existentes: Não encontrado Em desenvolvimento: Robôs de manipulação.
Demência e perda de memória	Dispositivos de lembretes, cadernos de notas, diários e apoio de enfermeiras e parentes.	Existentes: Diários elétricos Em desenvolvimento: Robô residencial de informação, casas inteligentes.
Caminhar (suporte físico)	Bengalas, andadores, cadeiras de rodas e treinamento de reabilitação.	Existentes: Cadeiras de rodas elétricas e bicicletas de apoio elétricas. Em desenvolvimento: Robôs de apoio a caminhada, exoesqueletos e cadeiras de rodas elétricas com automação.
Demência e perda de memória	Dispositivos de lembretes, cadernos de notas, diários e apoio de enfermeiras e parentes.	Existentes: Diários elétricos Em desenvolvimento: Robô residencial de informação, casas inteligentes.
Visão reduzida.	Óculos, indicadores de voz nos dispositivos, indicações com textura ou posição (Escrita Braille, ranhuras)	Existentes: Programas de reconhecimento de voz e programas que convertem texto para fala. Em desenvolvimento: Robôs de informação e robôs guias.
Vestir e despir-se	Cuidadores residenciais, instrumentos de ajuda.	Existentes: Não encontrado Em desenvolvimento: Não encontrado
Perda total ou parcial de movimentos. (Paralisia)	Enfermeiras de reabilitação, máquinas elétricas de auto exercícios.	Existentes: Equipamentos de reabilitação de um grau de liberdade. Em desenvolvimento: Robôs ou equipamentos de reabilitação de múltiplos graus de liberdade.
Audição reduzida	Equipamentos de audição (amplificadores), papel e caneta e informações escritas.	Existentes: Programas de reconhecimento de voz. Em desenvolvimento: Robô de informação residencial.

Fonte: Adaptada de Harmo et al. (2005)

IV. INTERNET DAS COISAS

A internet das coisas (IoT) consiste em objetos físicos ou virtuais que são dotados da capacidade de interagir com uma rede interna ou externa sob protocolo de Internet, ou mesmo via Web (neste caso, caracteriza-se *Web of Things* – WoT), trocando informações e tomando ações que podem ter ou não a supervisão ou intervenção humana. Para Xia et al. (2012), a Internet das coisas vai aumentar a onipresença da internet, criando uma distribuição em rede de dispositivos que comunicam com os seres humanos, bem como outros dispositivos.

Para Dijkman *et al.* (2015), a IoT é a conexão - através da Internet - de objetos do mundo físico, que são equipadas com sensores, atuadores e tecnologias de comunicação. Pode ser vários domínios de aplicação, tais como manufatura, saúde e energia, facilitando o desenvolvimento de novas aplicações e na melhoria das aplicações existentes.

Um conceito que caminha lado a lado com a IoT é o de ambiente inteligente (AmI). De acordo com De Freitas et al., (2012) a integração dos ambientes inteligentes (AmI) com a internet é o que podemos definir como "*internet of things*", a qual tem objetivo de estabelecer uma relação entre objetos e equipamentos com a internet.

Neste contexto, quando falamos da IoT *home*, ou seja, a aplicação da internet das coisas em um ambiente residencial, torna-se evidente cada vez mais a interação também com a domótica.

Segundo Dohr *et al.* (2010) as áreas de interesse para o desenvolvimento de aplicações referentes a serviços de *home care* são: saúde, segurança, tranquilidade, independência, mobilidade e contato social.

A IoT torna-se uma ferramenta essencial para implementação e melhoria dos sistemas de *home care*, visto que atende várias destas solicitações, tais como: o monitoramento de doenças crônicas (Saúde), sistemas de alarmes (segurança), serviços de avisos e lembretes (tranquilidade), permitir a comunicação das pessoas com

ISSN 1809-3957

parentes e amigos (contato social) e demais aplicações (DOHR *et al.*, 2010).

A escolha da tecnologia utilizada no sistema de automação com a adição de IoT é um dos fatores preponderantes para o sucesso destes sistemas. No trabalho de Singh; Baghoriya; Bohara (2015), vide tabela 2, são comparadas as vantagens e desvantagens de alguns sistemas de automação mais utilizados.

Tabela 2 – Comparação entre algumas tecnologias de automação.

Tipo de Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Java (WebService PC)	Interface para o usuário, segura e confiável.	Complexa, custo elevado e a instalação necessita muito cabo.
GPRS/3G/4G	Acessível, simples, acesso remoto.	Custo médio, problemas de conexão em algumas áreas e dependência da operadora, alto consumo de energia.
Wi-Fi	Precisa, rápida, suporta multimídia e sem interrupções.	Alto consumo de energia, complexa e custo elevado.
Linha telefônica	Acessível, simples e conexão remota	Sem interface gráfica, o usuário tem que lembrar senhas de acesso, arquitetura por fio.
Bluetooth	Segura, suporta multimídia.	Consumo médio de energia, necessita parear os dispositivos, suporta somente 7 conexões.
Zigbee	Interface para o usuário, sem interrupções, simples, custo de implementação barato.	Problemas de falhas de conexão e interferências, não suporta multimídia, baixa taxa de transferência de dados.
Servidor de acesso residencial	Interface para o usuário, acesso remoto, rede precisa e rápida.	Custo elevado e dependência direta do serviço de internet.

Fonte: Adaptada de Singh; Baghoriya; Bohara (2015)

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Da pesquisa bibliográfica foram encontrados sistemas domóticos que utilizam tecnologias mais acessíveis, porém com a adição da IoT, ainda poderiam gerar mais benefícios aos idosos.

Nos sistemas de Rosa *et al.* (2013), Francisco; Trevisani (2013), Tatsiopoulos; Ktena (2009), Moreira *et al.* (2013), Ferraz *et al.* (2010) e Leitte *et al.* (2013) verificamos que todos têm em comum o fato de aplicarem microcontroladores de baixo custo e comandos via rede. Também foi verificada a preferência pela plataforma microcontrolada Arduino (microcontroladores da família ATmega), por sua simplicidade e facilidade de implementação.

Alguns sistemas como o AUTOMADROID, desenvolvido por Leitte *et al.* (2013), utilizam um smartphone que se comunica com o Arduino e um roteador *wireless* via o protocolo da internet TCP/IP. O usuário pode comandar remotamente lâmpadas e eletrônicos em uma residência através de um dispositivo móvel (celular, tablet) com sistema operacional Android.

O trabalho de Castro Junior; Almeida; Sousa (2010) usa um microcontrolador da família PIC, diferente dos demais projetos, tendo por objetivo criar um vocalizador digital para auxiliar no processo de comunicação oral, como também auxiliar no processo educacional de pessoas com necessidades especiais (PNEs) e apoio aos idosos.

O uso de comandos de voz nestes sistemas é uma forma de facilitar o acionamento pela maioria das PNEs e idosos. O sistema HOMETEC, desenvolvido por Lima *et al.* (2014), utiliza um smartphone para executar comandos de voz e acionar dispositivos, trabalhando com as plataformas Arduino e Android, além da tecnologia Bluetooth. Este sistema tem a desvantagem de necessitar que o usuário toque inicialmente na tela do dispositivo móvel para acionar os comandos de voz. No sistema de Ramya; Palaniappan (2012) também foram utilizados comandos de voz para auxiliar deficientes visuais, idosos e demais PNEs, porém tendo a vantagem de não necessitar de inicialização como o anterior, mas não sendo possíveis comandos remotos ou alarmes.

Klamer; Ben Allouch (2010) estudaram a interação de idosos com um robô social, “Violet's Nabaztag”, que podia se conectar com serviços de processos específicos através de um site (www.nabaztag.com), com a desvantagem de possuir uma quantidade de comandos limitados. Os resultados da pesquisa mostraram que existiu uma dificuldade de relacionamento dos idosos com o robô, devido exatamente a falta de acessibilidade e dos comandos serem repetitivos, desta forma, se houvesse a aplicação de tecnologias como a IoT com a automação por comandos de voz os resultados poderiam ser diferentes.

O sistema de Ferraz *et al.* (2010) tem a vantagem de já aplicar os conceitos da IoT (Zigbee), permitindo o monitoramento à distância e em tempo real dos dados vitais dos idosos, além de gerar alertas em situações de emergência. Sendo assim, uma ferramenta de auxílio e apoio aos idosos, porém sem comprometer a qualidade dos cuidados prestados. De forma semelhante, o sistema de Suryadevara *et al.* (2011) utiliza conceitos de IoT aplicando uma rede Zigbee, com o objetivo de monitoramento e coleta de dados, assim, permitindo conhecer o comportamento dos idosos quanto ao uso dos diversos aparelhos com sensores e posteriormente gerar alarmes remotos para acompanhamento de médicos e cuidadores.

O sistema proposto por Pang (2012), de forma semelhante aos anteriores, aplica conceitos da IoT, pois através da comunicação Bluetooth, sensores diversos, como o de queda, enviam dados a um tablet com a plataforma Android, o qual encaminha pela internet (3G/Wi-fi) para um banco de dados, onde o idoso poderá inserir as informações sobre o status de sua saúde, como também ser acessado por familiares e cuidadores, assim providenciando um melhor acompanhamento da situação do idoso. O sistema permite a análise das informações gravadas gerando padrões e eventos

ISSN 1809-3957

incomuns, os quais em casos de emergência serão detectados pelos sensores de queda e irão gerar alarmes, tendo a possibilidade também de gerar uma mensagem automática, que será enviada para uma ambulância ou equipe de paramédicos.

Apesar da aparente facilidade para implementar sistemas domóticos integrados a internet das coisas, ainda existem alguns cuidados que devem ser evitados.

Primeiro é importante enfatizar que a aplicação exagerada de interfaces de IoT, as quais irão interagir com os idosos, pode infelizmente ser prejudicial ou até mesmo um impeditivo a implementação destes sistemas, devido à dificuldade de utilização e do domínio da tecnologia. Sendo assim, é interessante que os sistemas sejam mais inteligentes, não necessitando de constantes ações dos usuários, como também é importante que possuam acessibilidade e condições de funcionar em contingências (SINGH; BAGHORIYA; BOHARA, 2015).

A segurança dos sistemas de IoT é outra área que deve ser levada em consideração quando do desenvolvimento de sistemas de automação residencial para idosos, esta preocupação se deve ao fato de trabalhar com dados pessoais e informações que ao estarem na rede, podem ser adquiridas por hackers e usuários maliciosos se não tiverem a devida segurança (MAKSIMOVIC; VUJOVIC; PERISIC, 2015).

VI. CONCLUSÃO

Este trabalho discutiu as vantagens e desvantagens de utilização de vários sistemas de automação residencial, objetivando aumentar a qualidade de vida de idosos que moram sozinhos e estudou também as possibilidades de melhoria destes com a aplicação adicional da internet das coisas.

Foi observado que os sistemas para uma maior aceitação pelos idosos devem possuir interfaces simples, serem adaptativos e acessíveis, preferencialmente comandados por voz, utilizando conexões de rede seguras e com a possibilidade de gerar alertas e comunicar parentes e responsáveis. Além dos comandos por voz, os sistemas podem utilizar os dispositivos móveis como auxiliares para comandos em situações de falhas e contingências.

Sobre os tipos de conexões para implementação, foi verificada uma preferência pelas redes Wi-Fi, Bluetooth e Zigbee pela praticidade e segurança.

Quanto a escolha do sistema microntrolado e da linguagem destacam-se respectivamente as plataformas Arduino e Java, por serem de código livre e possuírem muitas fontes de pesquisa e discussão. Já em relação aos sensores e atuadores mais utilizados, é importante que não sejam invasivos e estejam instalados nos mais diversos equipamentos do dia a dia, tornando-se assim, elementos comuns aos idosos.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLZANI, C. **Domótica, a nova ciência do século XXI**. Revista Fonte, v. 10, n. 13, p. 105–111, 2013.

CAMARGOS, Mirela Castro Santos; RODRIGUES, Roberto Nascimento; JORGE, Carla. **Rev. bras. Est. Pop.,** Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 217-230, jan./jun. 2011

CASTRO JUNIOR, H. P. DE; ALMEIDA, M. J. M. DE; SOUSA, K. T. **Vocalizador Digital para Auxílio na Comunicação de Pessoas com Necessidades Especiais**. Engenharia de Computação em Revista, v. 1, n. 3, 2010.

COLLUCCI, Cláucia. **Número de idosos que moram sozinhos triplica em 20 anos.** Folha de São Paulo, 2013. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2013/12/1389765-numero-de-idosos-que-moram-sozinhos-triplica-em-20-anos.shtml>. Acessado em 01/08/2015

DE FREITAS, C. C. S. et al. **Automação residencial: cenário atual e perspectivas futuras**. Revista Ciência e Tecnologia, v. 15, n. 26, 2012.

DIJKMANA, R.M.; SPRENKELSA, B.; PEETERSA, T.; JANSSENB, A. **Business models for the Internet of Things**. International Journal of Information Management Vol. 35, no. 6, 2015, pp 672–678

DOHR, A. et al. **The internet of things for ambient assisted living**.Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh International Conference on. Anais...Ieee, 2010

FERRAZ, D. et al. **Monitorização Vital e Ambiental para Grupos de Pacientes recorrendo a Redes de Sensores**. Porto, 2010.

FRANCISCO, L.; TREVISANI, K. M. **HMS: Uma Arquitetura para automação residencial aberta independente de tecnologia de rede**. Colloquium Exactarum, Vol. 5, No 1, 2013

GLOBAL AGE WATH Index. **Population ageing maps, 2014**. Disponível em:http://www.helpage.org/global-agewatch/population-ageing-data/population-ageing-map/. Acessado em 05/08/2015

HARMO, P. et al. **Needs and solutions-home automation and service robots for the elderly and disabled.Intelligent Robots and Systems, 2005**.(IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference on. Anais...IEEE, 2005

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; [acesso em 08 jul 2015]. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Caracteristicas_Gerais_Religiao_Deficiencia/

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2012**. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=261566

KLAMER, T.; BEN ALLOUCH, S. **Acceptance and use of a social robot by elderly users in a domestic environment**.Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2010 4th International Conference on. Anais...IEEE, 2010

LEITTE, J. D. P. et al. **Automadroid-Automação residencial com dispositivos móveis**. Revista de Controle e Automação, v. 1, n. 1, 2013.

ISSN 1809-3957

LIMA, L. E. R. H. DE et al. **Un sistema de automação residencial para auxiliar portadores de necessidades especiais**.XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Buenos Aires, 2014). Anais...2014

MAKSIMOVIC, M.; VUJOVIC, V.; PERISIC, B. **A custom Internet of Things healthcare system**.Information Systems and Technologies (CISTI), 2015 10th Iberian Conference on. Anais...IEEE, 2015

MOREIRA, J. R. et al. **AutoControl: uma proposta para acessibilidade e segurança residencial com o apoio da plataforma Arduino**. TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO, v. 4, n. 1, p. 01–09, 2013.

MOYA, J. M. H.; TEJEDOR, R. J. M. **Domótica: edificios inteligentes**. [s.l.] Creaciones copyright, 2004.

PANG, G. K. **Health monitoring of elderly in independent and assisted living**.Biomedical Engineering (ICoBE), 2012 International Conference on. Anais...IEEE, 2012

RAMYA, V.; PALANIAPPAN, B. **Embedded Home Automation for Visually Impaired**. International Journal of Computer Applications, v. 41, n. 18, p. 32–39, 2012.

ROSA, F. D. S.; MESQUITA, M. J. C.; ALMEIDA, W. R. M.; ARAUJO FILHO, P. M. **Controle e supervisão residencial utilizando a plataforma Arduino**. Acta Brasilien Science, Ano 1, Vol. 1, p. 68-75, 2013.

SINGH, V. K.; BAGHORIYA, S.; BOHARA, V. A. HELPER: **A Home assisted and cost Effective Living system for People with disabilities and homebound Elderly**.Proc. 26th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Hong Kong, China. Anais...2015

STOPPA, M. H; MARTINEZ, L. F. E.; BORGES, J. S.; SILVA JÚNIOR, E. A.; DA COSTA, V. G**. Domótica: uma solução para a vida moderna - automação residencial com controle via web**. Revista CEPPG - CESUC - Centro de Ensino Superior de Catalão, Ano XVI nº 28, 1º Semestre/2013

SURYADEVARA, N. K. et al. **Wireless Sensors Network Based Safe Home to Care Elderly People: Behaviour Detection**. Procedia Engineering, v. 25, p. 96 – 99, 2011.

TATSIOPOULOS, C.; KTENA, A**. A Smart ZIGBEE Based Wireless Sensor Meter SystemSystems, Signals and Image Processing,** 2009. IWSSIP 2009. 16th International Conference on. Anais... In: SYSTEMS, SIGNALS AND IMAGE PROCESSING, 2009. IWSSIP 2009. 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON. 18 jun. 2009

XIA, F.; YANG, L. T.; WANG, L.; VINEL, A. **Internet of things.** International Journal of Communication Systems, v. 25, n. 9, p. 1101, 2012.

VIII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ESTUDO COMPARATIVO DO SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO DA OIT E AS NR´S

LINARDY DE M. SOUSA[1]; PEDRO LUIZ DE O.C. NETO[1]; THAÍS R. IBIAPINO[2]; CARLA S. P. PORTELA[3]
1 – UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP; 2 - FACULDADE SANTO AGOSTINHO –FSA;
3 - INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ -IFPI
linardy@uninovafapi.edu.br

Resumo ***- Neste artigo se estudam os parâmetros de composição dos sistemas de gestão em saúde e segurança do trabalho, haja vista a falta de um modelo normalizado do sistema em questão. São comparadas as diretrizes de um modelo nacional - NR´s (Normas Regulamentadoras) e um modelo internacional - OIT/SST. Para tanto, é feita uma revisão da literatura sobre o assunto- tema, com o objetivo de identificar e relacionar aspectos comuns e divergentes entre os sistemas estudados. Visa-se dessa forma contribuir para uniformizar os modelos e assim orientar e garantir mais equidade e melhoria dos processos produtivos das empresas que buscam a certificação e seus reflexos.***

Palavras-chave: Gestão. Produtividade. Segurança do trabalho.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente as organizações necessitam de vários sistemas para gerenciar seus processos operacionais e o desempenho de seus colaboradores, seguindo uma tendência cada vez mais crescente em suas práticas de desenvolvimento sustentável. (FERREIRA; GANDOFI; SANTANA**,** 2012)

Para Ribeiro Neto; Tavares; Hoffmann (2013, p.23) as organizações têm diversas razões para alocar tempo e recursos na implementação de sistema de gestão baseados em normas, dentre elas a adoção das melhores práticas, melhoria do desempenho, pré-requisito do cliente, redução de custos de seguro e etc.

Dentre os sistemas de gestão usados atualmente pela maioria das empresas, encontram-se os sistemas de gestão da qualidade, gestão ambiental, gestão da segurança e saúde no Trabalho-SST e o sistema de responsabilidade social.

O foco de estudo do presente artigo está voltado para os sistemas de gestão da segurança e saúde ocupacional. Este é parte integrante de um sistema de gestão de toda e qualquer organização, o qual proporciona um conjunto de ferramentas que potenciam a melhoria da eficiência da gestão de riscos da SST, relacionados com todas as atividades da organização. (BATALHA, 2008)

A OIT – Organização Internacional do Trabalho - complementa que o SGSST se baseia em critérios relevantes de SST, em normas e em comportamentos apresentando como objetivo proporcionar um método de avaliar e de melhorar comportamentos relativamente à prevenção de incidentes e de acidentes no local de trabalho, através da gestão efetiva dos riscos no local de trabalho.

Os riscos incluem todos os aspectos de perdas acidentais que podem levar a desperdícios de ativos (pessoas, materiais, maquinaria, produtos, recursos financeiros e naturais) da organização, da sociedade e do meio ambiente. (BATALHA, 2008)

Tais riscos quando não controlados podem gerar acidentes, problemas ergonômicos e doenças ocupacionais. Deve-se, pois, prover um controle sistemático do local de trabalho, gerenciado através dos sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho que buscam, de forma eficiente assegurar um local de trabalho adequado aos funcionários.

Propõe-se neste estudo verificar os aspectos da gestão de SST, realizando um estudo comparativo entre as diretrizes de um modelo nacional - NR´s (Normas Regulamentadoras) e um modelo internacional - OIT/SST, podendo servir como parâmetro para análise e base na criação de sistemas de segurança nas empresas, atendendo as questões trabalhistas, evitando assim impasses, e melhoria de produtos e serviços, garantindo a integridade dos colaboradores.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de Gestão da OIT/SST

Criada em 1919 como parte do Tratado de Versalhes, que pôs fim à Primeira Guerra Mundial, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) se aproxima do momento em que completará 100 anos de existência (OIT, 2015)

A OIT é uma agência multilateral ligada à Organização das Nações Unidas (ONU) e especializada nas questões do trabalho. Tem, entre os seus objetivos, a melhoria das condições de vida e a proteção adequada à vida e à saúde de todos os trabalhadores, nas suas mais diversas ocupações. (CHAGAS,SALIM,SERVO, 2012)

A nível internacional, as Convenções da OIT sobre Segurança e Saúde no Trabalho dão ênfase à importância fundamental de uma participação tripartide (governo, empresas e trabalhadores) na implementação de SST, tanto a nível nacional como empresarial.

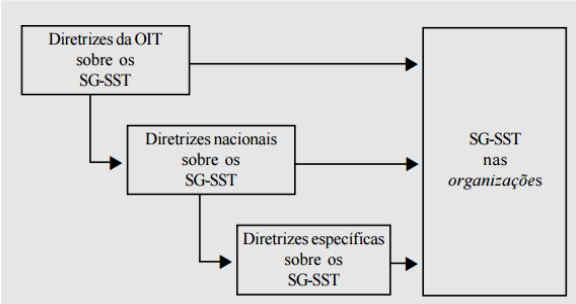
Para OIT/SST A abordagem do SGSST deve assegurar que:

- A implementação de medidas de prevenção e de proteção seja levada a efeito de um modo eficaz e coerente;
- Se estabeleçam políticas pertinentes;
- Se assumam compromissos;
- Se tenham em atenção todos os elementos do local de trabalho para avaliar riscos profissionais, e
- A direção e os trabalhadores sejam envolvidos no processo ao seu nível de responsabilidade.

ISSN 1809-3957

A fim de contribuir para um ambiente de trabalho seguro e saudável em todas as circunstâncias da vida laboral, a OIT publicou as Diretrizes para os Sistemas de Gestão de SST (ILO – OSH/2001). Essa norma apresenta uma preocupação com o elemento organização, com destaque para as funções como responsabilidade, competência, treinamento, documentação e comunicação (ARAÚJO, 2013), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Elementos da estrutura nacional para os sistemas de gestão da SST



Fonte:OIT, 2005.

O modelo proposto pela OIT são diretrizes gerais que apontam para a necessidade de se elaborarem diretrizes nacionais e específicas – como, por exemplo, por ramo de atividade, natureza dos fatores de risco e porte da empresa – superando as limitações do caráter genérico de muitos modelos de sistema de gestão. (OIT, 2005)

2.2 Normas Regulamentadoras

Em 8 de junho de 1978 foi aprovada pelo Ministério do Trabalho a Portaria MTb no 3.214 (BRASIL, 1978), composta de 28 Normas Regulamentadoras, conhecidas como NRs, que têm a redação modificada periodicamente, visando atender ao que recomendam as convenções da OIT (CHAGAS,SALIM,SERVO, 2012)

Atualmente já existe 36 NRs, diversificadas e abrangendo diversos aspectos técnicos, relativa a exigências de melhorias no ambiente de trabalho, tais como: insalubridade, periculosidade, ergonomia e etc, até aspectos de obrigação administrativas relativos as exigências de suporte (apoio) para a obrigação técnica, tais como: o dimensionamento do pessoal especializado, treinamentos qualificações e etc. (RIBEIRO NETO; TAVARES, HOFFMANN,2013)

A implantação das normas regulamentadoras faz parte de um item importante da gestão de segurança e saúde, e visam apresentar os requisitos mínimos obrigatórios a serem cumpridos pelas empresas que possuem empregados regidos pela CLT. Os empregadores podem estabelecer requisitos mais restritivos, visando garantir a segurança dos seus empregados. (ARAÚJO, 2013).

As NRs são a base normativa utilizada pelos inspetores do trabalho do MTE para fiscalizar os ambientes de trabalho, onde eles têm competência legal de impor sanções administrativas. (.CHAGAS,SALIM,SERVO, 2012)

Szabó (2012) relata que as regras firmadas pelas NRs não desobrigam as empresas do cumprimento das disposições determinadas pelas normas complementares (Leis, Decretos, Medidas Provisórias, Resoluções e etc.).

O mesmo autor relata que o empregador fica submetido à aplicação das penalidades previstas na legislação caso não respeite os requisitos existentes nas disposições legais. Já o empregado incorrerá em ato faltoso se, injustificadamente, não observar os requisitos e regras relacionados à segurança.

III. METODOLOGIA

Para o cumprimento do objetivo dessa pesquisa, foram utilizados os aspectos metodológicos: revisão bibliográfica mediante consultas em fontes primárias, ou seja, em livros, artigos de periódicos técnicos e científicos, bem como, consulta a *sites* relacionados ao tema abordado. Após a extração das informações sobre o Sistema de Gestão de Segurança – OIT/ SST e sobre as NRs – Normas Regulamentadoras, fez-se uma comparação entre os sistemas, tema objeto do presente trabalho.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada uma análise de alguns itens das diretrizes OIT/SST 2001, para assim mostrar em que sentido as normas se relacionam observando-se a partir da norma internacional os itens aplicáveis nas NR's, com o objetivo de orientar as organizações no processo de estruturação de um Sistema de Gestão de SST.

Para a análise foi seguido à estrutura das Diretrizes usada pelos sistemas de Gestão:

a) **Política**: inclui princípios e objetivos fundamentais para a organização expressar seu compromisso com o sistema SST.

As NRs, por serem a base da gestão em segurança, não apresenta uma politica específica, esta fica a critério das organizações, no entanto, apresenta como princípio a segurança e saúde dos colaboradores.

b) **Organização**: responsabilidades e obrigações dos empregados e empregadores, desde as responsabilidades de proteção, cooperação, comunicação e organização do sistema para adotar medidas eficientes na identificação, eliminação ou controle de riscos e perigos relacionados ao trabalho.

No caso das NRs, estas apresentam em seu conteúdo as obrigações referentes aos empregados e empregador. A exemplo tem-se a NR 05 – CIPA, NR 06 – EPI. Quanto à organização, a norma especifica um grupo o SESMT (NR 04) e a CIPA, que atuam com profissionais integrados para assim criar medidas e garantir a eficiência do sistema.

c) **Competência e capacitação**: O empregador deve definir os requisitos de competência necessários, além de adotar e manter disposições (métodos de avaliação) para que todos os colaboradores estejam bem preparados quanto a seus deveres e obrigações relativos ao sistema.

Nas NR´s é definido a capacitação e treinamento dos colaboradores e uma determinação de uma carga horária mínima para o treinamento com profissional capacitado, no entanto, a norma não especifica um metódo de avaliação por parte dos participantes a fim de medir o grau de retenção dos conhecimentos.

d) **Documentação do Sistema de Gestão**: devem ser elaboradas, atualizadas e revisadas desde os perigos e riscos, as medidas preventivas, procedimentos, até os registros de acidentes e etc.

Nas NR´s são apresentados Programas (NR 07 – PCMSO, NR 09 – PPRA, NR 18 – PCMAT) com o objetivo de organizar o sistema, apresentar medidas, procedimento e etc.

ISSN 1809-3957

e) **Planejamento, Desenvolvimento e Aplicação do Sistema:** preparação de planos para alcançar o objetivo proposto do sistema: A segurança dos colaboradores.

Quanto ao planejamento, desenvolvimento e aplicação a equipe responsável disposta na NR 04 – SESMT é responsável por essas atividades, acrescentando os programas relatados anteriormente. Para tanto deve-se levar em consideração que nas NR´s pouco se fala em Perigos e sim em Riscos, conteúdos distintos e de suma importância para os Sistemas de Gestão SST.Outra questão relevante quanto ao planejamento e aplicação do sistema, está relacionada à enorme quantidade de normas imperativas, que segundo CHAGAS,SALIM,SERVO (2012), determinam condutas diferentes entre as interpretações, ocasionando variações significativas no número de notificações e autuações durante as inspeções de SST.

f) **Supervisão e Medição dos Resultados**: estabelecer e revisar periodicamete procedimentos, dados de supervisão (ativa e reativa), medição (qualitativa e quantitativa) e coleta relativos à SST.

Sobre a atualização de procedimento e revisão, a norma especifica o período de atualização dos programas, que auxiliam na implementação de medidas. As supervisões ativas (cumprimento dos planos, inspeção dos sistemas de trabalho, cumprimento da legislação e etc), são estabelecidas pelo SESMT. Já as supervisões reativas (danos às propriedades, incidentes, programas de reabilitação e de recuperação da saude dos trabalhadores e etc), estes as Normas Regulamentadoras não especificam.

g) **Auditoria:** objetivo de avaliar e comprovar que o Sistema de Gestão da SST foi posto em prática e que é adequado e eficaz para proteção da SST.

Não condizem nas NR´s, somente em caso de denúncias ou de alto índice acidentes será realizada a auditoria externa através da fiscalização (NR-28 Fiscalização e Penalidades) efetuada pelo Ministério Público do Trabalho.

Outra questão digna de nota é que as exigências presentes nas diversas NRs não têm o mesmo nível de complexidade para a verificação de sua conformidade nem a mesma importância para se avaliar, controlar e reduzir os riscos presentes nos ambientes de trabalho. (.CHAGAS,SALIM,SERVO, 2012,pag 59)

h) **Ação para melhoria Contínua**: devem ser tomadas e aplicadas as disposições relativas à adoção de medidas preventivas e corretivas com base nos resultados da supervisão e avaliação.

Esse tópico abrange todas as NR´s, sempre buscando uma melhoria dos sistemas de segurança, evitando acidentes e garantindo a qualidade de vida dos colaboradores.

V. CONCLUSÃO

O sistema de gestão OIT/ SST 2001 serve de parâmetro internacional para orientar países que não possuem e os países que procuram aperfeiçoar seu sistema de gestão de segurança ocupacional.

No Brasil, as NR´s constituem o sistema instituído pelo governo para assim operar como política de prevenção e controle de acidentes do trabalho.

Observou-se que os sistemas são complementares, no entanto as NR´s ainda precisam sofrer um processo de transformação ou incrementação de melhorias nos processos.

Porém, as empresas que almejam sucesso no sistema de gestão de saúde e segurança do trabalho podem conforme segue o do presente estudo, criar condicionantes para seu próprio sistema de gestão SST, complementando assim os aspectos divergentes encontrados nas NR´s quando comparados com o sistema da OIT/SST 2001.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Giovanni Moraes de. **Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OHSAS 18001/2007 e OIT SSO/2001 comentado e comparado**- 3ª ed. – Rio de Janeiro 2013.

BATALHA, Mario Otávio. **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de janeiro: Elsevier, 2008.

CHAGAS, Ana Maria Resende;SALIM, Celso Amorim;SERVO, Luciana Mendes Santos**. Saúde e Segurança no Trabalho no Brasil: Aspectos institucionais, Sistemas de Informação e Indicadores**. 2.ed. São Paulo: IPEA: FUNDACENTRO, 2012.

FERREIRA, Juliene Barbosa ; GANDOLFI, P. ; SANTANA, Eduardo Gomes . **O Impacto de um Sistema de Gestão Integrada em uma Organização do Setor Alimentício.** In: XXXII ENEGEP, 2012, Bento Gonçalves. XXXII ENEGEP, 2012.

OIT. **Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo**: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2005.

Organização Internacional do Trabalho. OIT **Notícias: Brasil, 2007 – 2014 / Organização Internacional do Trabalho. -** Brasília: OIT, 2015.

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 , 2013.

SZABÓ JUNIOR, Adalberto Mohai. **Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho.** 4ª ed. Atual. – São Paulo: Rideel,2012.

VII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

ESTUDO DO *LEAN MANUFACTURING* EM EMPRESAS DO RAMO AUTOMOBILÍSTICO

MARCO ANTONIO EQUI[1]; MIROSLAVA HAMZAGIC[1]; LUIZ EDUARDO NICOLINI DO PATROCINIO NUNES[1]; CARLOS ALBERTO CHAVES[1]
1 – UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – UNITAU
marcoequi@hotmail.com

Resumo *- No atual cenário vivido pelas empresas, as possibilidades de expansão da produção e aumento da qualidade são muito grandes, desde que utilizado um sistema de gestão industrial correto, e que tenha como meta organizar as atividades de forma a tornar o processo produtivo mais eficaz. O objetivo do trabalho é apresentar a importância da filosofia do Lean Manufacturing e, baseado em estudos de casos, realizar uma análise do impacto da aplicação desta metodologia, na indústria automobilística. Primeiramente foi elaborado um estudo teórico sobre a produção enxuta, que consiste em uma forma de pensar em um sistema de produção sem desperdícios, onde o sucesso da sua implantação depende de requisitos como a liderança, e demanda mudanças culturais profundas e abrangentes, além da necessidade da utilização de ferramentas eficazes de controle do processo produtivo como um todo. O método de pesquisa utilizado foi o ensaio teórico. A conclusão a que se chegou foi que o modelo de produção enxuta proposto é genuíno e de extrema importância e relevância, sendo que sua adequada aplicação resulta tanto na robustez de processos de manufatura como no aumento da qualidade dos produtos em si. Por fim, foi feita uma análise dos resultados alcançados nos casos em questão, destacando a importância deste sistema e quais são as melhorias que se pode obter com sua aplicação em empresas automotivas.*

Palavras-chave: Produção Enxuta. Indústria Automobilística. Produtividade.

I. INTRODUÇÃO

O setor automotivo destaca-se pela eficácia no desenvolvimento de projetos, mostrando sua capacidade de inovação e seu alto nível de tecnologia implementada, tornando-se um dos segmentos mais importantes na economia nacional (ANFAVEA, 2014).

Porém com o passar dos anos, a produção deste setor foi sofrendo transformações que aos poucos foram condicionando as empresas ao mercado competitivo em que se encontram hoje. A medida em que a oferta de produtos foi tornando-se maior que a procura, houve a necessidade de se flexibilizar a introdução de novos produtos e modelos, além de realizar frequentes alterações nos produtos, para suprir às novas necessidades. Com isso a produção passou a não ser mais efetuada em linhas tão rígidas (PIRES et al, 2012).

De acordo com Pires et al. (2012), outra ocorrência que contribuiu com o atual contexto vivido pelas corporações, foi a redução constante dos preços de venda praticados pelo mercado. Houve uma necessidade de detecção dos defeitos de forma mais eficaz, tanto para a redução de custos como para agilizar os processos, e assim conseguir disponibilizar os produtos de forma rápida e com preço acessível. Desta forma, para que se possa ter êxito neste tipo de mercado, as empresas precisavam produzir de maneira mais eficiente possível, e a utilização de um sistema de produção como o *lean manufacturing*, por exemplo, continua sendo a condição indispensável para que as organizações possam concorrer em igualdade de condições com seus competidores.

O termo *lean* foi escrito originalmente no livro 'A Máquina que Mudou o Mundo' de Womack, Jones e Roos publicado nos EUA em 1990. Este livro expõe de forma clara as vantagens do desempenho do Sistema Toyota de Produção, como as grandes diferenças em produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos, e explica ainda o sucesso das empresas japonesas, pioneiras na sua utilização (RIANI, 2006).

O objetivo deste artigo é apresentar a importância da aplicação da filosofia do *lean manufacturing* em indústrias automobilísticas, como forma de obtenção de excelência continuada. A relevância está em destacar este sistema, que tem como objetivo fazer cada vez mais com cada vez menos, ou seja, utilizando menos o esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço. Busca aproximar-se de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam no tempo certo, agregando benefícios provenientes da utilização dos conceitos de 'manufatura enxuta' na implementação de uma nova divisão produtiva, que atua de forma corretiva e preventiva, contribuindo para a redução de desperdício, aliado ao próprio sistema enxuto das empresas do segmento em questão. A filosofia do *lean manufacturing* apresenta ainda, métodos práticos para a eliminação de potenciais desperdícios encontrados em meios produtivos, tornando-se a principal diferença entre em relação ao sistema de manufatura convencional, que ainda é utilizado por diversas empresas.

Apesar de ter surgido em uma indústria automobilística japonesa, a filosofia do *lean manufacturing* hoje passou a ser aplicada em empresas dos mais diferentes setores, de matérias-primas à distribuição, de serviços à manufatura, com o sucesso e resultados de excelência, como na época de sua origem (HINO, 2009).

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lean Manufacturing

2.1.1 Origem e histórico

Com a Primeira Revolução Industrial, surgiram os primeiros conceitos da produção em massa, mas foi com a criação das linhas de montagem e dos postos fixos de

ISSN 1809-3957

trabalho, que esta teve um grande avanço (RAGO et al, 2003). Porém, no final da Segunda Guerra Mundial, a indústria japonesa precisou repensar seu modelo produtivo, o que levou a criação do Sistema Toyota de Produção (STP), que em virtude da escassez de recursos produtivos, buscou produzir com o menor custo possível e combatendo principalmente os desperdícios (OHNO, 1997).

O termo *lean* foi definido no final dos anos 80 em um projeto de pesquisa do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que estudou a indústria automobilística mundial buscando mapear as melhores práticas da indústria, através de entrevistas com empregados, sindicalistas e funcionários do governo. O estudo evidenciou a notória superioridade da Toyota, que havia desenvolvido um novo sistema de gestão, muito superior quando se tratava de desenvolvimento de produtos e relacionamentos com clientes e fornecedores. A produção enxuta, ou lean manufacturing, foi o termo então usado para definir este novo sistema de produção muito mais eficiente, ágil, flexível e inovador do que a produção em massa (HINO, 2009).

Em 2009, a Toyota tornou-se a maior em volume de vendas, mostrando aos concorrentes e ao restante do mundo as vantagens e os benefícios do sistema que desenvolvera.

2.1.2 Definição e Caracterização do lean

A noção de fabricação enxuta não é nova e tem sido identificada com muitos nomes diferentes, tendo sido chamada de fluxo de fabricação, Sistema Toyota de Produção, *just-in-time* e tecnologia de fluxo de demanda, porém tornou-se conhecida mesmo como Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing*.

A palavra 'enxuta' é utilizada para descrever esse sistema produtivo, pois quando comparado com a produção em massa, implica em mais agilidade, rapidez e menor utilização de recurso. Segundo Rago et al. (2003), a manufatura enxuta abrange uma série de processos flexíveis, que possibilitam a produção ao menor custo, eliminando as perdas; este sistema produtivo, também possibilita empresas a fabricar uma grande variedade de produtos, conforme pedidos específicos além de entregá-los aos clientes com lead time mais curtos.

O diagrama em forma de 'casa', mostrado na Figura 1, evidencia que a base de sustentação do *lean manufacturing* é a eliminação total dos desperdícios, além das principais características da metodologia, bem como seus dois pilares, o *just-in-time* ou JIT, e a Autonomação ou *Jidoka* - entre outros componentes essenciais do sistema.

O *just-in-time* significa 'no momento oportuno', ou seja, refere-se às entregas aos clientes, no tempo certo e quantidades pedidas, sem gerar estoques ou atrasos, que implicam diretamente na produtividade e na lucratividade (OHNO, 1997).

O *Jidoka* significa a transferência da inteligência humana para uma máquina. Dessa forma, o próprio sistema pode identificar possíveis anormalidades no processo e parar o seu funcionamento. (OHNO, 1997). A vantagem da autonomação é conseguir manter um sistema à prova de erros, evitando desperdícios com produtos defeituosos e com superprodução.

Segundo este modelo, o objetivo do *lean manufacturing* é satisfazer as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao custo mais baixo e com o menor lead time possível, além de assegurar um ambiente de trabalho seguro, ajudando a elevar o moral dos seus colaboradores (LEAN WAY CONSULTING, 2014).

Figura 1 - Casa do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Lean Way Consulting (2014).

2.2 Principais ferramentas do Lean

2.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor ou Value Stream Mapping – VSM

De acordo com Fernandes, Gomes e Godinho Filho (2006), o Mapeamento do Fluxo de valor também conhecido como *Value Stream Mapping* (VSM) visa identificar os processos que são genuinamente imprescindíveis para fazer com que a matéria-prima se transforme em um produto final a ser entregue aos clientes.

Esta ferramenta é o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final, que mostra o fluxo de materiais e de informações na medida em que o produto segue o seu fluxo de valor para atingir um fluxo contínuo, com base nas necessidades dos clientes, permitindo identificar desperdícios e cunhar recursos que permitam eliminá-los, garantindo a visualização do fluxo de materiais e informação, auxiliando na identificação e eliminação dos desperdícios e suas principais fontes e estabelecendo uma metodologia representativa de avaliação de processos (FERNANDES et al, 2006).

2.2.2 Programa 5S

O Programa 5S surgiu no Japão, no início da década de 50 após a Segunda Guerra Mundial, o mesmo foi criado com objetivo de melhorar as condições de trabalho e criar na organização um "ambiente da qualidade", tornando-o altamente estimulador para que as pessoas possam transformar os seus potenciais em realização e terem um ambiente agradável, seguro e produtivo.

ISSN 1809-3957

Segundo Loureiro (1999), o primeiro livro no Japão a tratar do assunto é de autoria de Takashi Osada, traduzido e publicado no Brasil pelo Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais (IMAM), chamado 5S's Housekeeping – Cinco Pontos Chaves para o Ambiente da Qualidade Total.

De acordo com Goleman (1999), o '5S' é gerado de cinco palavras em Japonês. No Brasil essas palavras foram traduzidas para:

- Seiri - Senso de Utilização: Retirar tudo o que não é necessário ao trabalho, descartar o inútil. Refere-se à prática de verificar todas as ferramentas, materiais, etc. na área de trabalho e manter somente os itens essenciais para o trabalho que está sendo realizado. Tudo o mais é guardado ou descartado. Este processo conduz a uma diminuição dos obstáculos à produtividade do trabalho.

- Seiton - Senso de Organização: Tudo deve ter local definido e claramente indicado e localização visível de documentos úteis, ou seja, cada coisa em seu lugar. O processo deve ser feito de forma a eliminar os movimentos desnecessários.

- Seiso - Senso de Limpeza: Limpeza de maquinas, equipamentos, mesas, contêineres, armários, bancadas e outros recursos da área de trabalho. O foco deste procedimento é notar que a limpeza deve ser parte do trabalho cotidiano, e não uma mera atividade eventual realizada quando os objetos estão desordenados.

- Seiketsu - Senso de Padronização: Conhecer, orientar e utilizar componentes padrões e regras existentes. A gestão visual é fundamental para fácil entendimento de cada norma.

- Shitsuke - Senso de Autodisciplina: é saber que o futuro está presente em cada ato. Uma vez que os 4 Ss anteriores tenham sido estabelecidos, transformam-se em uma nova maneira de trabalhar, não permitindo um refluxo aos antigos métodos. Todavia, quando surge uma nova evolução ou um novo instrumento de trabalho – ou a decisão de implantação de novas práticas, é recomendável a revisão dos quatro princípios anteriores.

Estes foram os termos originais que deram nome ao método, e que exercem influência sobre os operadores, direcionando-os a atuarem com maior zelo e atenção, produzindo assim menor quantidade de defeitos, menos perdas ou desperdícios e consequente aumento da qualidade.

2.2.3 *Just-in-time*

Segundo OHNO (1997 p.26), "*just-in-time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo pode chegar ao estoque zero (...) para produzir, usando o *just-in-time* de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem".

Trata-se de uma sugestão de reorganização do espaço produtivo, alicerçada no juízo de que a eliminação de desperdícios visa o benefício continuado dos processos de produção.

2.2.4 *Kanban*

Segundo Shingo (1989) *kanban* é uma ferramenta que controla a produção através do uso de cartões, onde determina a fabricação do lote de peças em um centro trabalho e o consumo das peças realizado pelo centro trabalho seguinte.

A palavra *kanban*, em japonês, possui vários significados, tais como: cartão, símbolo ou painel. De modo geral, *kanban* é um sistema de controle da produção. O objetivo do *kanban* é minimizar os estoques do material em processo, produzindo pequenos lotes, ou seja, somente o necessário, com qualidade, produtividade e no tempo certo dizia Shingo (1989).

Conforme Huang e Kusiak (1996), no sistema *kanban* a produção é comandada pela linha de montagem final. A linha de montagem recebe o programa de produção e vai consumindo as peças de um cartão, quando o cartão é esvaziado aciona o mesmo autorizando aos centros de produção antecedentes a fabricação de um novo lote de peças.

Esta autorização para a fabricação de novas peças é realizada através do cartão *kanban*.

Cada lote é armazenado em recipientes padronizados (contêineres), contendo um número definido de peças. Para cada lote mínimo contido no container existe um cartão *kanban* correspondente. As peças dentro dos recipientes padronizados, acompanhadas do seu cartão, são movimentadas através dos centros produtivos, sofrendo as diversas operações do processo, até chegarem sob a forma de peça acabada à linha de montagem final.

As principais vantagens alcançadas com a utilização do *kanban* é a diminuição dos estoques e da quantidade de papéis manejados na fábrica, além de poder trabalhar diretamente com o fornecedor. Porém, essa ferramenta pode apresentar um alto grau de variação nos tempos de processamento, intervalos irregulares entre as ordens controladas pelo sistema *kanban* e a necessidade, bem como o sistema produtivo é constantemente interrompido, a menos que se mantenham níveis altos de estoque.

III. MÉTODO

O presente trabalho trata-se de um ensaio teórico com ênfase no *lean manufacturing*, e sua aplicabilidade em empresas do setor automobilístico.

Segundo Severino (2002), o ensaio teórico consiste na exposição lógico-reflexiva com ênfase na argumentação e interpretação pessoal, portanto permite ao autor maior liberdade, à medida que não necessita se apoiar em documentação empírica e bibliográfica.

Para a realização deste estudo, consultou-se em um primeiro momento, diferentes materiais como livros e periódicos, tanto na forma impressa quanto eletrônica, para obter o embasamento necessário para o estudo da aplicação do *lean manufacturing*. Em seguida, foram analisados casos publicados que abordam a implantação da filosofia *lean* em empresas do ramo, além de ter enfatizado as ferramentas utilizadas neste processo de implantação e os resultados obtidos, entendendo o comportamento deste sistema de produção e sua aplicabilidade.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa buscou apresentar os dados coletados nos casos disponíveis em publicações nacionais relevantes, relacionados à indústria automobilística. Os casos foram escolhidos com base na proeminência do tema, além da importância do segmento industrial em questão, notada

ISSN 1809-3957

diversidade da aplicação do conceito *lean* na cadeia automotiva bem como os ganhos obtidos, com destaque ao aumento da eficiência fabril, redução do tempo total de execução e desenvolvimento de projetos e crescimento da produtividade (output) operacional.

Os trabalhos tomados como base para esse artigo originam-se de distintos autores, publicados na forma de artigos ou dissertações de Mestrado, e foram determinados a partir da importância e necessidade de se obter maiores informações sobre os resultados da implantação do *lean* nesse fragmento industrial, segundo a percepção e resultados apontados por cada um dos autores.

Para tanto, foram ratificadas as informações relacionadas aos seguintes tópicos:

a) Localização da empresa;
b) Setor de atuação da empresa;
c) Ferramentas utilizadas na implantação;
d) Resultados obtidos.

Estes tópicos foram estabelecidos buscando elucidar a efetividade da filosofia lean independentemente da posição geográfica das organizações, e mostrando que os diferentes players da indústria automotiva (isto é, tanto fornecedores como montadoras), através do uso de diferentes conceitos preconizados pelas teorias da produção enxuta, podem alcançar resultados positivos em suas aplicações.

4.1 Autor: Bastos, B. C., Chaves, C. (2012). Empresa "A":
a) Localização: A empresa possui planta em Porto Real-RJ;
b) Setor de atuação: Montadora de automóveis;
c) Ferramentas utilizadas na implantação: *Kanban*, Mapeamento do Fluxo de Valor, 5S;
d) Resultados obtidos: Racionalização dos meios produtivos que, ao final da aplicação do mapeamento do fluxo de valor, possibilitou a supressão de 29 versões produzidas – ante um total de 73 modelos, minimizando a diversidade operacional, além da diminuição da frequência e volume de aquisição dos componentes de montagem em 256 itens (entre produtos locais e importados), com menor exposição à complexidade no controle de inventário e maior assertividade nos níveis de estoque, além de ampliação na eficiência das funções de manuseio e abastecimento de componentes específicos, pela diminuição da variedade de peças na borda de linha; observou-se ainda uma redução do espaço físico destinado ao estoque desses componentes, equivalente a aproximadamente 470 m2.

4.2 Autor: Fioravanti, A. (2005). Empresa "B":
a) Localização: Empresa baseada em São Caetano do Sul-SP;
b) Setor de atuação: Montadora de automóveis;
c) Ferramentas utilizadas na implantação: DFSS, Seis Sigma;
d) Resultados obtidos: Ganhos significativos de qualidade ainda durante as fases de desenvolvimento do programa – evitando custos de modificação do produto quando este já encontra-se em produção contínua, além de participação ativa do fornecedor desde as etapas inicias do projeto, recomendando melhorias baseadas no know-how técnico e benchmarking; progresso na qualidade percebida pelo consumidor final (através de redução do custo de pós-venda e retrabalhos realizados nas concessionárias); padronização de atividades e redução no tempo de projeto, que juntos representam um ganho em torno de 20% no valor de Zigma, alargando a passagem de 3 para 3,6 sigmas de desempenho; o autor ainda faz menção ao fato de ter ocorrido uma mudança cultural da organização, partindo dos principais executivos e alcançando os níveis táticos e operacionais que contribuem para o processo.

4.3 Autor: Ferreira, F. P. (2004). Empresa "C":
a) Localização: A referida empresa possui fábrica em São José dos Campos-SP;
b) Setor de atuação: Fabricação de compressor de deslocamento de ar;
c) Ferramentas utilizadas na implantação: *Lean Enterprise Thinking*, Sistema da Qualidade;
d) Resultados obtidos: Redução do espaço físico requerido para instalação da linha de montagem em 19% quando comparado ao cenário anterior à implementação das ferramentas da qualidade, diminuição do fluxo de manuseio e movimentação interna de até 90% devido à nova proposta de layout, redução de 83% do inventário de matéria-prima e materiais em processo, decorrente da implantação de fluxos contínuos de produção em substituição ao modelo de fabricação em lotes. Um ponto importante destacado pelo autor foi o alto grau de êxito alcançado durante a fase chamada de transformação cultural no nível dos gestores, considerado um dos mais importantes desafios na implantação do sistema, uma vez que a credibilidade e aceitação da filosofia exigiu intensos treinamentos, que foram iniciados exatamente pelos níveis de gerência média e alta da organização.

4.4 Autor: Fernandes, F. C. F., Gomes, E. C., Godinho Filho, M. (2006). Empresa "D":
a) Localização: A unidade fabril está situada na região de Campinas-SP;
b) Setor de atuação: materiais abrasivos (lixas e rebolos);
c) Ferramentas utilizadas na implantação: Mapeamento do Fluxo de Valor e Análise do Fluxo de Produção;
d) Resultados obtidos: Simplificação e racionalização do fluxo de materiais, redução no tempo de operações intermediárias (tais como aplicação e corte de adesivo), permitindo maior apoio dos colaboradores às atividades fundamentais do processo de fabricação e agrupamento de tarefas operacionalmente semelhantes, melhorando o fluxo de materiais na empresa e otimizando tarefas de manuseio e movimentação de materiais. Além disso, conseguiu-se identificar etapas produtivas que necessitavam ter seus tempos de ciclo diminuídos em prol de uma melhoria no fluxo de materiais da empresa.

4.5 Autor: Barbetti, M., Hegedus, C. (2004). Empresa "E":
a) Localização: Fábrica situada na cidade de Diadema-SP;
b) Setor de atuação: Retentores, selos, coxins, vedações e tubos em borracha;
c) Ferramentas utilizadas na implantação: *Kaizen*, Diagrama de Causa e Efeito;
d) Resultados obtidos: Redução do refugo nas operações relativas às peças injetadas com consequente redução no nível de retrabalhos e melhoria na eficiência, além de redução do tempo de *set-up* na célula de componentes moldados e aumento da flexibilidade de produção, o que acabou por trazer um ganho de produtividade na ordem de 20 dias/ano, com aumento projetado no faturamento anual de aproximadamente R$ 54.000,00.

4.6 Autor: Aquino, R., Hamzagic, M. (2014). Empresa "F":
a) Localização: Fábrica situada na região do Vale do Paraíba-SP;
b) Setor de atuação: Montadora de automóveis;
c) Ferramentas utilizadas na implantação: Seis Sigma;
d) Resultados obtidos: Redução do número de facas de corte de sete para três ferramentas, obtendo maior precisão na tarefa em si e diminuição dos custos fabris, aumento da altura no curso de atuação das prensas facilitando a execução da etapa de prensagem e diminuindo o tempo total do ciclo da operação, substituição dos cilindros extratores da prensa por topadores garantindo a adequada extração das peças de maneira uniforme, diminuindo a ocorrência de quebra e rupturas. Essas ações permitiram uma redução no índice de defeitos e rejeições de 1,34% para 0,10% após nove meses da implementação da metodologia Seis Sigma.

V. CONCLUSÃO

Com base nos efeitos registrados nas diferentes aplicações do *Lean Manufacturing*, verificou-se a evolução nos processos e na produção tanto no que diz respeito aos tempos de operação como de projeto: notou-se o aumento e natural balanceamento da carga de trabalho dos operadores, além de ganho na capacidade de resposta no manuseio de materiais, devido à mudança de layout, e diminuição da movimentação física de pessoas na célula de produção, o que acabou por gerar maior eficiência operacional e aproveitamento da mão-de-obra, mas principalmente, diminuição de custos de fabricação e desperdícios das mais diferentes formas, como tempo, ferramentas, recursos humanos e equipamentos, sendo essa a meta fundamental da filosofia *lean*.

Todavia, para que a operacionalização deste sistema de produção ocorra de forma eficaz, deve-se haver uma mudança de cultura e pensamento, o que acaba por constituir uma atividade complexa: deve-se, em conjunto com a implantação do sistema *Lean*, aplicar estratégias de envolvimento (e desenvolvimento) dos times de trabalho, uma vez que através da participação e colaboração de todos, além da atribuição de responsabilidades às pessoas certas, é que ocorrerá uma execução orientada e focalizada desse instrumento.

Com isso, conclui-se que a aplicação do *lean manufacturing*, juntamente com seus elementos, em empresas do âmbito automobilístico devem ter um zelo peculiar, dados os evidentes resultados de função, desempenho e, sobretudo ganhos financeiros para as organizações que compõe esse importante segmento.

Destaca-se, porém, que é indispensável o comprometimento do alto-escalão ao longo de todo o procedimento, haja visto que embora a implementação cause um evidente impacto nos resultados, existe uma necessidade de manutenção contínua dos conceitos do *lean*, permeando-o dentre todos os níveis da organização.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira.** Disponível em: http://www.anfavea.com.br. Acessado em: Agosto de 2014.

AQUINO, R. A., HAMZAGIC, M. **Application of Six Sigma methodology in the production process in an aluminum casting.** Engineering Research, Technical Reports. Volume 5 – Issue 5 – Article 1. Setembro de 2014.

ARAUJO, C. A. C. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizando os processos de raciocínio da Teoria das Restrições e o mapeamento do fluxo de valor**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

BARBETTI, M. e HEGEDUS, C. **Qualidade Total – Kaizen: Estudo de caso em processos de fabricação**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2004.

BASTOS, B. C., CHAVES, C. **Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma empresa do Setor Automotivo.** IX SEGeT – Resende, RJ, Brasil, 24 a 26 de Outubro de 2012. Disponível em:

http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/42916442.pdf. Acessado em: Agosto de 2014.

FERNANDES, F. C. F., GOMES, E. C., GODINHO Filho, M. **Utilização conjunta das ferramentas PFA e VSM para a simplificação e melhoria do fluxo de materiais: proposta e análise de resultados em uma empresa fabricante de abrasivos.** XXVI ENEGEP – Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR450301_6936.pdf. Acessado em: Agosto de 2014.

FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de Manufatura Enxuta em uma empresa de Autopeças**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Taubaté. São Paulo, 2004.

FIORAVANTE, A. **Aplicação da Metodologia "Design For Six Sigma" (DFSS) em Projetos Automotivos**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

HINO, S. **O Pensamento Toyota - Princípios de Gestão para um Crescimento Duradouro**. 1. ed., Porto Alegre: Bookman, 2009.

ICONE LEAN CONSULTING. **Apostila de Capacitação em Lean Manufacturing.** Taubaté. São Paulo. 2008.

KUSIAK, A., HUANG, C. **Development of modular products. Components, Packaging, and Manufacturing Technology.** IEEE Transactions, 1996.

LAGE Jr., M. e GODINHO, M. F. **A utilização do sistema kanban frente às novas condições do ambiente competitivo.** XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006. Disponível em:

http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/127.pdf. Acessado em: Agosto de 2014.

LEAN WAY CONSULTING. **Entenda o Lean System.** Disponível em:

http://leanway.com.br/lean%20manufacturing.

Acessado em: Agosto de 2014.

LOUREIRO, R. O. **O treinamento 5S's e o impacto na produtividade da área industrial.** Disponível em: http://www.robertoloureiro.com.br/registros/ver_registro.asp?codigo=58

Acessado em: Agosto de 2014.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PIRES, M. R., STRINGARI, M. A., SILVA, O., SILVA, V. B. **A implantação do Lean Manufacturing em pequenas empresas.** II SIEF - Horizontina, RS, Brasil, 22 a 26 de Outubro de 2012. Disponível em:

http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2012_13.%20A%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DO%20LEAN%20MANUFACTURING%20EM%20PEQUENAS%20EMPRESAS.pdf. Acessado em: Agosto de 2014.

RAGO, S. F. T. **Atualidades na gestão da manufatura.** São Paulo: IMAM, 2003.

SHINGO, S. **Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint**. Tokyo, Productivity Press, 1989.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo.** 5. ed., Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.

VII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS NA GESTÃO LOGÍSTICA COMO FERRAMENTA DE MELHORIA ORGANIZACIONAL: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE MÓVEIS NO NORDESTE

FRANCISCO LURDILSON DE SÁ SOUSA[1]; MARCOS VENÍCIUS ALVES DA SILVA[2];ANTÔNIO VINÍCIUS OLIVEIRA FERREIRA[3]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
lurdilson.jr@hotmail.com; marcosveniciusas@gmail.com; vinicius@gncapital.com.br

Resumo ***- Este artigo tem por objetivo a discussão pela busca da logística integrada e a identificação problemas ocorridos durante os processos logísticos. A chave foi à realização do processo de integração das atividades logísticas dos departamentos envolvidos com um dos maiores objetivos de mitigar os custos e atender o consumidor final de maneira eficiente para que a organização obtenha o retorno da satisfação dos clientes. O contexto atual mostra que com a concorrência acirrada, é necessário que as organizações busquem ou desenvolvam a cada dia técnicas logísticas inovadoras para a mesma consiga manter a frequência eficiente ao atendimento aos seus clientes. Ainda observamos que o consumidor procura algum fornecedor não apenas pelo preço oferecido, como também pela qualidade dos produtos e serviço, comprimento do preço combinado, quantidade certa do pedido e cumprimento do prazo de entrega.***

Palavras-chave: Logística integrada. Mitiga. Técnicas logísticas inovadoras. Prazo de entrega.

I. INTRODUÇÃO

Um dos principais motivos do sucesso de muitas empresas na busca da eficiência operacional é a integração do esforço das pessoas, por meio de uma metodologia consistente de desenvolvimento de processo de melhoria da competitividade.

Esta dissertação aborda o problema na integração do potencial de processos mais eficiente, onde as programações realizadas para a distribuição das mercadorias não estão em ritmo paralelo da programação da produção. No cenário onde a demanda pode superar a capacidade produtiva é necessário que a mercadoria produzida seja escoada no ritmo acelerado para que não haja superlotação, avaria e visualização dos produtos comprometida, onde é preciso que a escolha das cargas seja atendida no momento certo ou em período curto de tempo. Então, propõe-se que o departamento de planejamento realize programações de produção dos produtos de forma integrada aos departamentos envolvidos, mais especificamente o departamento de entrega. Neste sentido, se as organizações fornecerem um atendimento com prazo de entrega reduzido, proporcionarão um diferencial competitivo e a possibilidade de retorno do cliente em razão da qualidade do serviço prestado.

Para realizar um serviço de qualidade precisa-se de empresas e pessoas parceiras que contribua no processo de transporte de carga, onde é necessário que os veículos sejam adequados para o transporte seguro, ou seja, realizar um check-list com itens de segurança obrigatório do veículo.

O mercado de hoje está muito dinâmico, e as empresas precisam desenvolver estratégias que sejam um diferencial de mercado para que se tornem competitivas, e o investimento na logística é um fator fundamental para o desenvolvimento organizacional, pois através dela é possível que os gestores das organizações administrem bem a demanda, controle os estoques e possam distribuir ao consumidor final no prazo certo.

De acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2007), “A Logística refere-se à responsabilidade de projetar e administrar para controlar o transporte e a localização geográfica dos estoques de materiais, produtos inacabados e acabados pelo menor custo”.

As empresas estão em processo de desenvolvimento, através da internacionalização da produção, novas metas vêm surgindo nos sistemas produtivos. Nota-se que a globalização da economia é uma realidade cada vez mais frequente. As empresas estão buscando cada vez mais técnicas inovadoras no intuito de prever o futuro de suas demandas. Neste sentido, as organizações investem pesadas quantias em sistemas de controle e gestão da produção.

Segundo Correa (2006), embora seja uma importante área de decisão gerencial, a empresa não existe para fazer bem o seu planejamento e controle de produção ou logística. A empresa, tomando emprestados alguns conceitos econômicos, existe para reproduzir seu capital. Isto é, em situações de competitividade acirrada, se traduz em ser competitiva.

As organizações há muito tempo procuram cada vez maior reduzir o excesso de estoque ou a falta dos produtos. O efeito chicote é definido como sendo a distorção da percepção da procura ao longo da cadeia de abastecimento na qual os pedidos para o fornecedor têm variância diferente da variância das vendas para o comprador. O efeito chicote é comum em sistemas desabastecimento. Em uma supply chain, a falta de visibilidade (inclusive no que se diz respeito à demanda) causa o acúmulo desnecessário de estoque em cada um dos níveis. Pequenas oscilações na demanda são responsáveis por grandes variações no estoque, daí a analogia com um chicote. O efeito chicote refere-se ao aumento da variação de uma demanda constante no cliente final à medida que passa pela cadeia de suprimentos em direção ao fornecedor inicial, é um fator essencial

ISSN 1809-3957

responsável pela grande falta de balanceamento da cadeia de suprimentos.

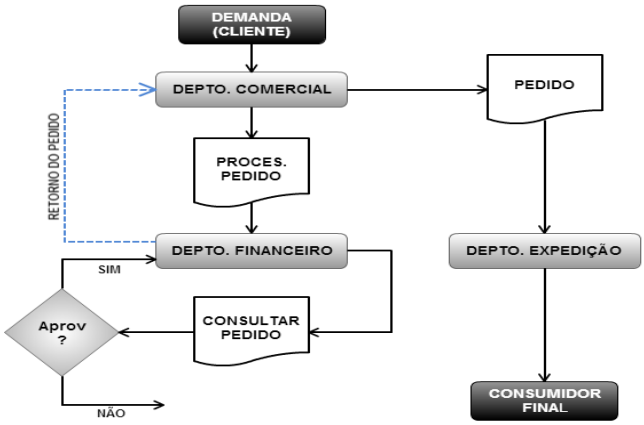
De maneira geral, a logística é um fator determinante para desenvolvimento organizacional das empresas. Esse artigo tem o objetivo de discutir a importância da logística nas empresas, mostrar e propor soluções de como a integração dos processos pode influenciar em melhores resultados a partir dessa gestão.

II. PROCEDIMENTOS

O estudo o desenvolvido em uma empresa localiza em Teresina-PI cuja sua atividade econômica principal é fabricação de colchões. Essa empresa está a mais trinta anos no mercado e a inovação é uma constante na empresa que procura sempre investir em novas tecnologias e novos produtos, clientes. A empresa atende a todo o Brasil, com objetivo de proporcionar conforto e satisfação aos seus destacando-se principalmente no segmento hoteleiro. A empresa produz diariamente cerca de 900 produtos divididos no mix de produtos fabricados como colchões, móveis, estofados e boxes de acordo com a Figura 1.

CICLO DO PEDIDO

Figura 01 – Representação simplificada do processo do pedido

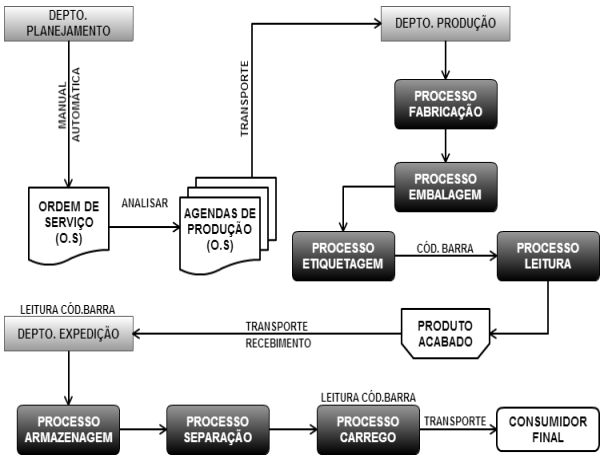


A Figura 01 representa o fluxo do pedido, desde o início do processo produtivo, onde é determinado pela demanda dos clientes, transmitidos pelos representantes locais e regionais que são responsáveis de encaminhar o mesmo para o departamento comercial, onde será realizado o processamento do pedido, sendo posteriormente encaminhado ao departamento financeiro para análise financeira do cliente, caso o cliente não possua nenhum débito o pedido irá ser aprovado, liberando a ordem de serviço do pedido ao departamento de planejamento através de agendas de fabricação emitidas semanalmente para o departamento de produção, devendo respeitar os prazos de cada pedido, considerando sempre as prioridades.

A Figura 02 representa o ciclo da produção, que inicia após a liberação do pedido no departamento financeiro, onde será liberado as ordens de serviço automáticas para o gestor responsável pelo PCP agendá-la nas agendas de produção que serão enviadas para o departamento de produção para produção dos pedidos que foram programadas obedecendo à data de pedido, as prioridades específicas e possíveis oportunidades de cargas.

CICLO DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

Figura 02 – Representação simplificada do processo de produção e distribuição



O departamento de produção vai seguir diariamente a agenda para fabricação dos produtos, depois de fabricado o produto será enviado ao departamento de distribuição, onde será armazenado, separado e transportado para o consumidor final conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de Decisão. Representação dos critérios de priorização de clientes com implantação de pesos para cada critério.

Matriz de decisão	**Data do pedido**	**Volume de produtos**	**Valor dos produtos**	**Local de entrega**	**Custo de Transporte**	**Total**	**Importância Relativa**
Primeiro a ser recebido, primeiro a ser processado	3	1	1	1	1	**7**	**0,1296**
Pedido de menor tempo de processamento	1	1	1	1	1	**5**	**0,0926**
Pedidos com ordem de prioridade específica	3	3	3	1	2	**12**	**0,2222**
Pedido com menor prazo de entrega	3	1	1	1	2	**8**	**0,1481**
Pedidos com menos tempo até à data de entrega	3	1	1	1	2	**8**	**0,1481**
Transporte de oportunidade carga	3	2	2	3	3	**13**	**0,2408**
Total Geral						**54**	**01**

A Tabela 1 representa os critérios utilizados pelo gestor do PCP no processo de decisão de priorização de

ISSN 1809-3957

atendimento aos seus clientes. Ainda conforme o quadro, podemos perceber o item transporte de oportunidade de carga é mais importante diante dos demais, isso acontece com empresas que não trabalham com frotas próprias, ou seja, quando surge uma empresa transportadora ou um transportador autônomo que tem um destino especifico como a rota de transporte e essa região onde o mesmo deseja ir é lugar de difícil acesso de transporte, com estradas cheias de buracos, não pavimentas e lugares estreitos. Muitos transportadores se recusam a realizar carregamentos para cidades grandes com restrição de acesso em algumas localidades e obriga que a organização contratante aguarde transportadores que desejam realizar a distribuição dessas cidades. Então, quando acontecem algumas dessas situações citada acima, muitas vezes ocorre um aumento dos custos de transporte para realizar a entrega, e tomando cuidado com prazo de entrega ao cliente, que é um dos critérios de satisfação do consumidor final.

A escolha das regras de prioridade tem a ver com os critérios de justiça para os clientes. O processamento dos pedidos, independentemente de ser a partir de existências ou pela produção, é somado ao tempo de ciclo do pedido na mesma proporção do tempo de colheita, embalagem e produção. Quando não há existências para satisfazer um pedido, ocorre o parcelamento do embarque. A probabilidade de ocorrer parcelamento é relativamente elevada, mesmo com níveis de existências elevados, pois a probabilidade de o pedido não estar disponível nas existências é igual à multiplicação da probabilidade de cada item. Logo o tempo de processamento do pedido poderá ser maior do que o esperado.

Foi realizada uma pesquisa de campo mais voltada para a metodologia qualitativa, onde se observou os fatos e fenômenos encontrados nos processos logísticos no dia a dia da organização. Depois disso, as informações foram analisadas e interpretadas com base na fundação teórica sólida com objetivo propor melhorias para a resolução dos problemas encontrados.

Para analisar os processos da empresa do setor colchoeiro, fez estudo bibliográfico sobre a demanda, estoque e PCP. Além disso, foram realizados entrevistas e acompanhamentos dos colaboradores encarregados pelos departamentos envolvidos (distribuição de cargas, PCP, vendas), análise dos processos logísticos por departamento, consulta de relatórios da empresa, que através deles foram feitas tabelas de comparação e gráficos.

Foi desenvolvido um método de implantação de pesos em alguns critérios de priorização de atendimento dos clientes, com o objetivo atender os mesmos de maneira mais eficiente e sem comprometer as agendas de produção emitidas pelo gestor do Planejamento Controle de Produção – PCP.

A grande questão para resolução de problemas que ocorrem no processo logístico é devido à desorganização de alguns processos da empresa, que devem-se buscar aperfeiçoamento dos processos com a integração dos departamentos, principalmente os mais envolvidos nos processos, como: vendas, PCP, compras e distribuição. A grande questão neste processo de integração da logística é onde começar e como organizar. Uma proposta adequada seria iniciar a partir de algo conhecido por todos os gargalos do processo.

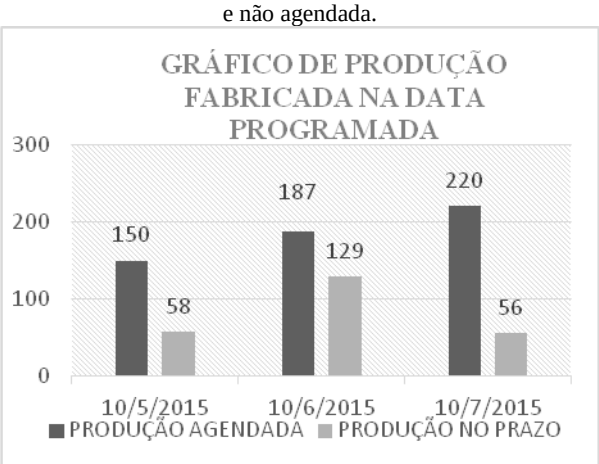
A empresa deve fabricar os produtos mais direcionados ao seu cliente, ou seja, otimizar a produção para que não produza desnecessariamente. Atentando o que o mercado está solicitando, se é realmente o que estão pedindo, pois se não houver uma análise detalhada a empresa provavelmente terá uma superlotação no seu armazém, com mercadoria sem demanda e às vezes possui demanda, mas não com o valor significativo que esperam, com consequência de gerar custos para as organizações, pois deixam de entregar para outros clientes, causando insatisfação, de acordo com a Tabela 02.

Tabela 2 – Carregamento de Produto (Por Conjunto). Demonstrativo de possibilidade de carrego de produtos.

STATUS	COLCHÃO TAM. 138X188	BOX TAM. 138X188	TOTAL	SALDO P/ CONJ.	CARREGO
CENÁRIO 01	152	0	**152**	**0**	**NÃO**
CENÁRIO 02	110	50	**160**	**50**	**SIM (50 CONJ.)**
CENÁRIO 03	30	30	**60**	**30**	**SIM (30 CONJ.)**

A Tabela 2 representa outro problema de superlotação do estoque do armazém, que também está relacionado com o planejamento ineficiente e de falta de comunicação dos departamentos envolvidos. Então, isso ocorre quando alguns produtos dependem de outros para serem liberados nos carregamentos, ou seja, um produto que existe no estoque em grande quantidade e outro item (produto) que completa o carrego está com estoque zero, consequentemente a empresa fica impedida de realizar o carregamento por não formar o conjunto de itens (produtos) e com isso os mesmos ficam retidos no estoque por bastante tempo, ocupando espaço no armazém e impedindo a chegada de novos produtos conforme Figura 03.

Figura 03 – Representação da diferença entre a produção agendada e não agendada.



O gráfico da Figura 3 representa a programação da agenda de produção em um certo período, onde observa-se que os produtos planejados em uma determinada data não foram cumpridos no prazo por diversos fatores, comprometendo as agendas por falta de autenticidade.

Observa-se ainda uma tendência para a empresa à produção empurrada (push), devido ao aumento da concorrência, a empresa precisa atender aos seus clientes de maneira eficiente com o objetivo de conquistar sua

ISSN 1809-3957

fidelidade e consequentemente aumentar as vendas. A primeira vista parecem bastante interessantes para empresa, pois vai haver disponibilidade de produtos em curto prazo para seus clientes, entretanto, em longo prazo pode haver falhas, como por exemplo: quando a demanda aumentar para determinado produto, e o cliente que solicitou a mercadoria vier a desistir da compra ou adiar a entregar programada para uma data que já estava planejada para entrega se recusar o recebimento, por uma gama de fatores, como falta de pagamento, pedido emitido incorretamente, falta de espaço em seu depósito e preço incorreto. Portanto, isso pode ter uma consequência gravíssima de desorganização do estoque, envio de mercadoria incorreta tanto da produção para departamento de distribuição e vice e versa, dificuldade de deslocamento com a mercadoria nos corredores do setor, dificuldade na separação, visualizar e localizar produtos.

III. CONCLUSÃO

O artigo retrata a importância do tratamento eficiente da demanda e do PCP com as programações dos pedidos de acordo as peculiaridades de cada cliente, realizando um atendimento de qualidade e no prazo prometido, e ainda integrar todas as informações logísticas desde a demanda do consumidor até a distribuição do produto, evitando constantes interrupções nas programações de produção e perda de qualidade nos produtos e nos processos logísticos.

A empresa tem o objetivo de tornar mais rápidas e seguras as atividades de distribuição. A proposta seria realizar uma integração de informações dos departamentos através de uma análise detalhada dos produtos que realmente possui maior rotatividade e enxugar aqueles que não possui demanda significativa, onde os departamentos de vendas, PCP e expedição teriam um canal de comunicação entre os colaboradores dos setores, realizando constantemente consultas periódicas ou antecipadas ao departamento de expedição verificando rota que está sendo formado. Então, de acordo com aquela rota o departamento de vendas emitiria os pedidos que está em fase de aprovação para que os mesmos fossem alocados no pacote de pedidos para a respectiva rota que possibilitará a otimização da carga, e também a realização da consulta ao PCP de quais produtos são necessários para a fabricação.

Realizar investimentos em novos softwares de gerenciamento da cadeia logística capazes de prevê situações que são vivenciadas diariamente pela empresa e saná-las imediatamente e ainda proporcionar maior segurança, redução dos custos e eficiência nos processos logísticos.

Utilização de pesos para critérios de priorização dos clientes com o objetivo de auxiliar na programação do Planejamento Controle da Produção – PCP, para que a programação seja realizada de forma que o gestor possa prevê situações que não são corriqueiras e interfira na mesma, mas que são muitos relevantes para imagem e fator econômico da organização, pois muitos desses pedidos são de clientes que geralmente realizam grandes aquisições com valores significativos, e são esses clientes que as organizações devem estabelecer relações mais fortes e mais rentáveis, proporcionando mais benefícios e a sensação de valor superior.

Além disso, informar constantemente ao departamento do Planejamento Controle da Produção - PCP os pacotes de pedidos específicos para regiões na qual se deseja realizar carregamentos, que resultaria na diminuição dos estoques e interferências constantes nas programações, evitando possíveis transtornos posteriores de falta de espaço para abastecer o armazém com novos produtos, produção em larga escala de produtos que não possuem previsão para o escoamento e consequentemente otimizar as distribuições aos consumidores finais.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWERSOX, Donald; CLOSS, David; COOPER, M. Bixby. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação à Administração da Produção**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991

CORREA, Henrique L. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati. **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 2000.

IMAM, Técnica para melhorar a Separação de Pedidos, São Paulo: **Revista Logística** nº298, 2015.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. Estratégia, Operação e Avaliação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

REZENDE, Antônio Carlos. **Entendo a Logística**. São Paulo: IMAM, 2008.

RAGO, Sidney Francisco Trama. **Estratégias Logísticas**. São Paulo: IMAM, 2008.

VIANA, João José. **Administração de materiais, um Enfoque Prático**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

V. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

INTERNET DAS COISAS: POTENCIALIDADES PARA A GESTÃO PÚBLICA

ALAN KILSON RIBEIRO ARAÚJO[1,2,3]; DANILO ALVES DO NASCIMENTO [3]; FÁBIO DE ARAÚJO LEITE[1,2]; RODRIGO FRANCO GONÇALVES[1]
1 – UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP/PPGEP; 2 – FACULDADE SANTO AGOSTINHO - FSA ; 3 – INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - IFPI
alankilson@hotmail.com

Resumo ***- A utilização da internet para a comunicação entre pessoas é uma realidade consolidada, no entanto, a tendência aponta para a comunicação entre objetos e equipamentos eletrônicos capazes de processar dados e retornar informações aos seus usuários, denominada Internet das Coisas (IoT). O presente estudo teve como objetivo verificar a utilização da Internet das Coisas em sua efetividade para a gestão pública no gerenciamento e enfretamento dos problemas sociais. Os procedimentos metodológicos foram delineados pela pesquisa bibliográfica, a partir de uma revisão teórica dos principais conceitos e das diferentes visões sobre o assunto. O estudo mostrou que a aplicação da Internet das Coisas já está presente no dia a dia das pessoas e a crescente utilização desta ferramenta pode trazer significativa contribuição para o gestor público melhorar suas práticas internas e a vida dos cidadãos, acelerando respostas e poupando ou gerando recursos.***

Palavras-chave: Internet das Coisas. Efetividade. Gestão Pública.

I. INTRODUÇÃO

É perceptível o aumento expressivo da utilização de tecnologias no cotidiano das pessoas: celulares, notebooks, tablets e outros. Na maioria dos casos esses dispositivos são conectados à internet possibilitando interação e comunicação entre pessoas em diferentes partes do mundo.

A rapidez na comunicação é uma característica dos tempos de hoje, informações estão disponíveis quase ao mesmo tempo em que acontecem. Toda essa informatização e interconectividade vêm alterando a forma de convívio social.

Até 2003 existiam mais pessoas conectadas à internet que dispositivos, este número veio ser revertido entre 2008 e 2009 onde o número de dispositivos conectados ultrapassou o número de pessoas conectadas à internet. É justamente neste momento que nasce a Internet das Coisas - IoT (EVANS, 2011).

Internet das Coisas vem da sigla IoT (*Internet of things*), é quando os dispositivos ficam conectados à internet e conseguem comunicar-se entre si sem intervenção das pessoas. Neste sentido Mota e Batista (2013) afirmaram que: as comunicações serão concebidas não apenas entre humanos, mas também entre humanos e coisas e entre coisas sem a interação com seres humanos.

A Internet das coisas (IoT) tem como objetivo ligar todos os equipamentos eletrônicos e objetos (coisas) que são usadas no dia a dia a internet com a utilização de redes de sensores, para processar essas informações e retornar benefícios aos seus usuários (BILINSKI, 2014).

Hoje um cidadão pode visualizar a rua da sua casa na tela do kit multimídia do carro, evitando assim uma ação surpresa e um possível assalto na sua chegada. É possível ligar a banheira de hidromassagem e decidir a temperatura do ar condicionado do quarto, mesmo estando no trânsito, voltando do trabalho. Isso é Internet das Coisas e é possível desde que dispositivos estejam conectados à internet.

Ainda neste sentido Teixeira (2014) afirma que:

> "A Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) é uma infraestrutura de rede dinâmica e global com capacidades de autoconfiguração, baseada em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis, onde "coisas" físicas e virtuais tem identidades, atributos físicos e personalidades virtuais (TEIXEIRA, p.1, 2014)."

Numa rede de Internet das Coisas (IoT), os elementos ou dispositivos que fazem parte desta rede são chamados de Objetos Inteligentes (OI), e é através desses objetos inteligentes que a rede se comunica e a interação entre usuários e "coisas" é efetivada. Os dispositivos ou objetos inteligentes precisam ocupar pouco espaço para que caibam nas "coisas" e também têm de ser baratos e com pouco consumo de energia elétrica. Esses objetos inteligentes, então, correspondem a sistemas computacionais embarcados, projetados para uma função específica (NASCIMENTO; CROCOMO e CANCIAN 2015).

Na Internet das Coisas: as "coisas", objetos ou dispositivos devem se tornar participantes ativos em processos de negocio, informacionais e sociais, onde serão capazes de interagir e comunicar entre elas mesmas, trocar informações coletadas do ambiente, reagindo autonomamente aos eventos do mundo real, bem como influenciar esse contexto sem intervenção direta das pessoas (TEIXEIRA, 2014).

II. PROCEDIMENTOS

O presente estudo teve como objetivo verificar a utilização da Internet das Coisas e sua efetividade para a gestão pública no gerenciamento e enfretamento dos problemas sociais. A pesquisa adotou a perspectiva qualitativa e os dados foram obtidos através de pesquisa bibliográfica em livros, artigos, dissertações e teses.

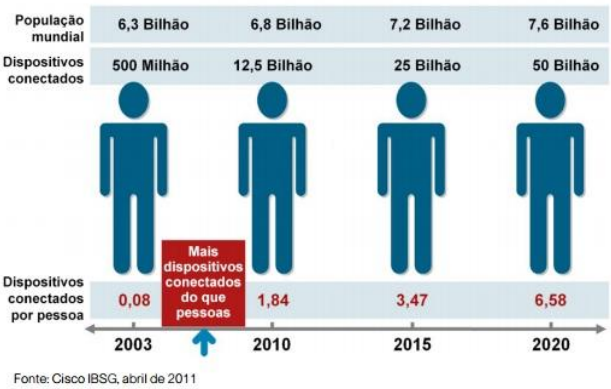
Os procedimentos técnicos foram delineados pela pesquisa bibliográfica, a partir de uma revisão teórica dos principais conceitos e das diferentes visões sobre o assunto.

A Figura 1 retrata o crescimento da população mundial comparando com o número de dispositivos conectados por pessoa. Já existem 3,47 dispositivos conectados por pessoa no mundo em 2015, são aproximadamente 25 bilhões de

ISSN 1809-3957

aparelhos, objetos ou coisas conectadas à internet (EVANS, 2011).

Figura 1 – Relação população por dispositivos conectados por pessoa.



Fonte: EVANS, 2011.

Este número expressivo ao mesmo tempo em que facilita a comunicação e abre portas ao empreendedorismo, também cria problemas como o direito à privacidade da pessoa humana e outros. Ainda em relação à figura 1, está previsto que até 2020 o número de dispositivos conectados por pessoa dobre, chegando à marca de 50 bilhões de dispositivos, coisas ou objetos conectados à rede mundial de computadores.

A internet das coisas pode e deve ser utilizada para amenizar a falta de recursos no planeta, sistemas tecnológicos sustentáveis devem ser criados para auxiliar na redução de custos e insumos (água, energia e combustíveis).

Um fluxo contínuo e volumoso de dados poderá ser organizado, armazenado e manipulado a fim de gerar serviços de maior valor ao cidadão. Esse é o conceito do "Big Data". Os governos podem utilizar essa base de dados dinâmica e atualizada constantemente sobre a população para extrair informações e definir as suas políticas de saúde, trânsito, educação, etc. (PRODESP, 2012).

No agronegócio, sensores de rastreamento para o gado, que permitem aos pecuaristas monitorarem a saúde dos animais e acompanharem seus movimentos, garantindo um aumento na produção e na qualidade do alimento, que se torna mais saudável para o consumo (CIOLA, 2014).

Além disso, a Internet das coisas está se expandindo para locais que até agora eram inatingíveis. Pacientes estão ingerindo dispositivos conectados em seus próprios corpos para ajudar médicos a diagnosticar e determinar as causas de determinadas doenças. Sensores muito pequenos podem ser colocados em plantas, animais, bem como em recursos geológicos e, em seguida, serem conectados à Internet (EVANS, 2011).

Este estudo teve como objetivo detectar a parcela de contribuição da Internet das Coisas para o gerenciamento e enfrentamento dos problemas sociais, como a gestão pública pode se utilizar destes sistemas para efetivar políticas públicas que venham a melhorar e facilitar a vida das pessoas.

III. RESULTADOS

São muitas as áreas onde a Internet das Coisas pode intervir: Educação, saúde, logística, ambiental, segurança, mobilidade urbana, sustentabilidade e etc. O presente estudo buscou exemplos de iniciativas já colocadas em prática no Brasil.

A tecnologia por trás da Internet das coisas pode ser aplicada em uma série de situações, inclusive na manufatura, logística e distribuição, proporcionando mais visibilidade, rastreamento e sincronização de cadeia de suprimentos, com total segurança. Dessa forma, tal aplicabilidade mostra-se relevante, quando por sua vez, essa implementação ocorre também na área de segurança (HESSEL, 2011).

Uma das áreas que mais preocupam os gestores brasileiros é a segurança pública, são crescentes os índices de violência em todo país. Especialistas afirmam que só a repressão não soluciona o problema, é preciso que a polícia seja aparelhada e tenha um forte serviço de inteligência, neste exato momento se faz necessária a tecnologia da Internet das Coisas.

Na Copa das Confederações o governo utilizou o caminhão CiCCM (Centro integrado de Comando e Controle Móvel). Trata-se de um veículo equipado com computadores de última geração, servidores, câmeras de vídeo, telas, sistema de captação de áudio e softwares de integração e análise de dados. O CiCCM é integrado às polícias civil, militar, federal, Bombeiros e SAMU, e pode identificar desde carros estacionados de forma irregular à venda de produtos piratas, ou mesmo evitar ataques terroristas e tumultos em geral (BARCELLOS, 2013).

Ainda nas áreas de segurança pública e mobilidade urbana, os chamados ITS (Intelligent Transportation Systems) utilizam recursos avançados de informática no sistema de transporte para reorganizar e monitorar o trânsito, além de fornecer informações aos motoristas. O ITS possui sensores e câmeras que contam a quantidade de veículos em movimento e identificam carros em direção perigosa, gerando um alarme para os agentes de trânsito. Esse sistema já se encontra em operação no Túnel Rebouças, no Rio de Janeiro (BARCELLOS, 2013).

Figura 2 – Centro integrado de Comando e Controle Móvel utilizado na copa das confederações.

Fonte: BARCELLOS, 2013.

Na educação do município de Vitória da Conquista, no interior da Bahia, etiquetas de rádio frequência instaladas nos uniformes escolares monitoram mais de 20 mil estudantes do ensino básico da rede municipal de educação. As etiquetas tem o objetivo de registrar a entrada dos estudantes na escola e, em caso de falta, autorizar o envio de mensagens SMS para os celulares dos pais dos alunos ausentes (SINGER, 2012).

ISSN 1809-3957

Figura 3 – Uniforme com chip da Rede Municipal de Educação do Município de Vitória da Conquista.

Fonte: FERREIRA, 2012.

O Governo Federal estuda a criação de um Plano Nacional de Comunicação entre Máquinas (M2M *Machine to Machine*) e Internet das Coisas. Entre os objetivos estão o fomento à padronização de sistemas de IoT; a criação de uma regulamentação para tratar de temas como privacidade, segurança e direitos do consumidor em serviços de IoT; o lançamento de programas de financiamento de soluções de IoT, provavelmente com recursos do Funttel; e o estímulo à adoção de soluções de IoT pelo setor público (PAIVA, 2015).

Em Santo Amaro, distrito da zona sul da cidade de São Paulo, são instalados dispositivos de transmissão de dados ao lado do hidrômetro do imóvel, a transmissão de dados é feita ininterruptamente, 24 horas por dia, sete dias por semana. Dessa maneira, o consumidor pode acompanhar seu consumo de água em tempo real, o sistema traz ainda outras vantagens, como visualização das informações em gráficos e tabelas e envio de alerta pré-configurável no e-mail ou celular em caso de alteração no padrão de consumo. O acesso é controlado por senha, garantindo a segurança e a confiabilidade das informações (FECOMERCIO, 2010).

IV. CONCLUSÃO

A partir dos resultados desse estudo, ficou bastante clara a influência da tecnologia nos dias de hoje e como ela pode ser melhor utilizada. A Internet das Coisas está presente no dia a dia das pessoas, mas sistemas mais integrados são necessários para produzir um número cada vez maior de informações e benefícios.

Conclui-se dessa forma que a Internet das Coisas (IoT) pode sim contribuir de forma efetiva para o enfretamento das demandas e problemas sociais. Os resultados mostraram vários exemplos sucedidos onde tal tecnologia foi empregada poupando recursos humanos e acelerando respostas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, Marco. **A Internet de Todas as Coisas já está chegando ao Brasil**. Canaltech. Disponível em: http://corporate.canaltech.com.br/coluna/internet/A-Internet-de-Todas-as-Coisas-ja-esta-chegando-ao-Brasil/. Acesso em 02.09.2013

BILINSKI, Fernando Rodrigo. **Internet das coisas.** Curitiba, 2014. Disponível em: http://www.inf.ufpr.br/aldri/disc/artigos/2014/fernando_f1.pdf. Acesso em 10.09.2015.

CIOLA, Felipe. **Boletim Internet das Coisas**. Sebrae, 2014. Disponível em: http://www.sebrae2014.com.br/Sebrae/Sebrae%202014/Boletins/2014_08_13_BO_Julho_TIC_InternetdasCoisas_pdf.pdf. Acesso em 09.10.2015.

EVANS, Dave. **A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo**. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). 2011. Disponível em: http://www.cisco.com/web/BR/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf. Acesso em 15 out 2015.

FECOMERCIO. **O Uso Racional da Água no Comércio.** São Paulo, 2010. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/cartilha_fecomercio.pdf. Acesso em: 12.10.2015.

FERREIRA, Porto. **Vitória da Conquista vai monitorar presença em aula através de chip em uniforme**. 2012. Disponível em: http://www.portoferreirahoje.com.br/noticia/2012/03/27/vitoria-da-conquista-vai-monitorar-presenca-em-aula-atraves-de-chip-em-uniforme/.Acesso em 18.10.2015.

HESSEL, Fabian et al. **Implementando RFID na cadeia de negócios: Tecnologia a Serviço da Excelência.** Porto Alegre, 2011.

MOTA, Rafael Perazzo Barbosa; BATISTA, Daniel Macedo. **Um mecanismo para garantia de QoS na Internet das Coisas com RFID**. São Paulo, 2013. Disponível em: http://ccsl.ime.usp.br/files/sbrc_artigo.pdf. Acesso em 13.09.2015.

NASCIMENTO, Ercílio G.; CROCOMO, Bruno M.; CANCIAN, Rafael L. **Geração Automática de GUIs para Objetos Inteligentes em Dispositivos Móveis.** Florianópolis, 2015. Disponível em: http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/7035. Acesso em 18.10.2015.

PAIVA, Fernando. **Governo Federal estuda criação de Plano Nacional da Internet das** Coisas. Brasília, 2015. Disponível em: http://convergecom.com.br/teletime/23/06/2015/governo-federal-estuda-criacao-de-plano-nacional-da-internet-das-coisas-2/. Acesso em 14.10.2015.

PRODESP. **Informativo Tecnológico da Prodesp**. 4ª edição. Outubro de 2012, Disponível em: http://www.prodesp.sp.gov.br/clientes/pdf_tendencias/INFORMATIVO_TENDENCIAS_OUT_2012.pdf. Acesso em 09.10.2015.

SINGER, Talyta. **Tudo Conectado: Conceitos e Representações da Internet das Coisas**. Simpósio em Tecnologias Digitais e Sociabilidade. Salvador, 2012. Disponível em: http://gitsufba.net/anais/wp-content/uploads/2013/09/n1_tudo_44965.pdf. Acesso em 19.10.2015.

TEIXEIRA, Fernando A. et al. **Siot: defendendo a internet das coisas contra exploits**. Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC), Florianópolis, 2014. Disponível em: http://sbrc2014.ufsc.br/anais/files/trilha/ST14-1.pdf. Acesso em 13.09.2015.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

INTERNET DAS COISAS: UMA AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE INSTRUMENTOS REGULATÓRIOS

ALAN KILSON RIBEIRO ARAÚJO[1,2,3]; FÁBIO DE ARAÚJO LEITE[1,2]; DANILO ALVES DO NASCIMENTO [3]; RODRIGO FRANCO GONÇALVES[1]
1 – UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP/PPGEP; 2 – FACULDADE SANTO AGOSTINHO - FSA ;
3 – INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - IFPI
alankilson@hotmail.com

Resumo ***- A Internet das Coisas (IoT) é considerada ainda uma novidade e sua utilização atravessa um período de incerteza por não haver uma regulamentação no Brasil para padronização do seu funcionamento. Em face desta problemática, este estudo objetiva realizar uma analise comparativa dos instrumentos regulatórios da IoT vigentes em países chaves do mundo com o que já existe e ou está sendo trabalhado no Brasil, de forma a identificar barreiras burocráticas e se a proposta regulatória contempla à realidade mundial. Os procedimentos metodológicos basearam-se em revisão bibliográfica. Assim, foi analisado que o Governo Federal já estuda a criação de um Plano Nacional da Internet das Coisas em busca da tão esperada padronização, por meio de três etapas: normalização dentro do mercado, largura de banda e segurança de dados, temáticas essenciais voltadas para privacidade, segurança e direitos do consumidor, os quais, legalmente são assegurados pelo Marco Civil da Internet (Lei nº 12.965/2014).***

Palavras-chave: Internet das Coisas. Regulamentação. Padronização.

I. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas, ou, em inglês, Internet of Things (IoT) é algo relativamente novo que se acreditava tratar de um novo tipo de Internet , contudo, abrange uma maneira diferente de utilizá-la com uma menor intervenção do homem, vez que não é exigida uma pessoa em frente á máquina. A IoT provém de uma rede formada com todos os tipo de coisas (sejam animados ou inanimados) conectadas e trocando informações constantemente pela internet.

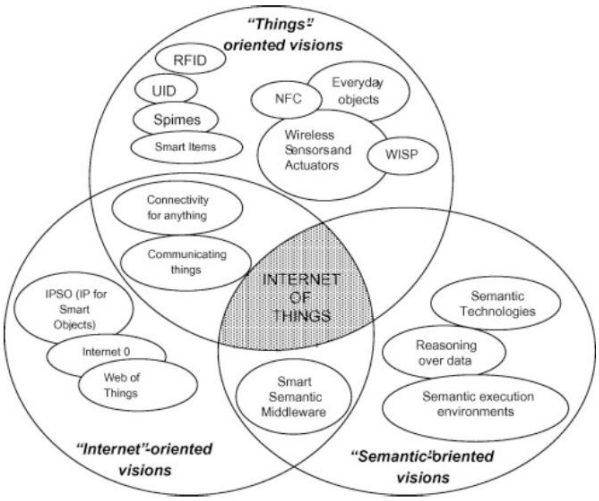
Neste sentido Maeda (2015) explica que:

> "A Internet das Coisas nada mais é do que a continuação do movimento de digitalização, de transformação digital. É a internet entrando no mundo físico, conectando todas as coisas. (MAEDA, F. C.,2015)."

O termo surgiu em 1999 durante uma palestra na Procter & Gamble (P&G) por meio do executivo Kevin Ashton que pesquisava formas de gerenciamento logístico dos produtos da empresa através de uma conexão das embalagens com a Internet, de tal forma, a saber a localização exata de um produto desde sua saída da fábrica até seu consumidor final. Surgindo assim, uma parceria para pesquisa com o Massachusstts Institute of Technology (MIT), onde foi desenvolvida a tecnologia das etiquetas RFID (identificação por rádio-frequência), aplicada nos produtos, que respondem ou enviam sinais que são lidos por uma base (ASHTON, 2009).

Em 2008, foi publicado The Internet of Things de Rob Van Kranenburg, livro abordando um novo paradigma no qual objetos produzem informação, abrangendo questões sobre os ambientes que processam informação de forma autônoma, levando em consideração preocupações sobre a vigilâncias que as coisas conectadas podem exercer e a necessidade de se apropriar dessa tecnologia, tornando-se assim uma das maiores referências quando se trata de IoT (KRANENBURG, 2008). A Figura 1 representa os termos envolvidos quando se trata de IoT.

Figura 1: O paradigma da Internet das Coisas.



Fonte: ATZORI et al, 2010, p.2.

Dezesseis anos depois, podemos dizer que as possibilidades de utilização da IoT são infinitas por conta da constante interação e da imensa troca de dados (MAEDA, F. C.,2015). Uma geladeira, por exemplo, pode identificar a falta de algum produto e sinalizar o fornecedor para a realização do devido abastecimento, assim como smartphones solicitando táxis por meio de aplicativos ou máquinas solicitando assistência técnica automaticamente.

Ainda neste sentido Maeda (2015) afirma que:

> "No consumo, as maiores mudanças estarão nos "wearables" (tecnologias vestíveis), na casa e nos carros conectados. Coisas que vão aumentar a conveniência, facilitar a vida das pessoas. Com as coisas conectadas, vamos ter perfis muito claros dos clientes. Saber exatamente o que querem, como

ISSN 1809-3957

usam os produtos, que tipo de café prefere etc. (MAEDA, F. C.,2015). ”

A utilização da IoT ainda atravessa um período de incerteza, por falta de estrutura e de uma regulamentação que padronize seu funcionamento. Para que a IoT realmente funcione é necessário que as coisas tenham de fato acesso à Internet, independente do tipo de conexão e também que elas se comunique em uma linguagem padronizada ou regulamentada (CANALTECH, 2014). Outro aspecto também importante a mencionar, trata-se da privacidade, uma vez que tantos acessos aos dados e necessidades dos usuários podem gerar cenário de insegurança. A Figura 2 representa a utilização da IoT em residências.

Figura 2: Modelo Internet das Coisas implementado em casas.

Fonte: INNOVATION, 2015

II. PROCEDIMENTOS

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa dos instrumentos regulatórios da IoT vigentes em países chaves do mundo com o que já existe e ou está sendo trabalhado no Brasil, buscando identificar barreiras burocráticas e se a proposta regulatória contempla à realidade mundial.

Com os eventos que colaboraram para criar a Internet das Coisas, podemos observar que pela existência de diferentes significados, novos termo que derivavam de contextos diferentes surgiram: computação ubíqua, machine-to-machine (M2M), web das coisas, internet do futuro e cidades inteligentes (ATZORI et al, 2010; KRANENBURG et al, 2011; UCKELMANN et al, 2011), levando aos questionamentos sobre privacidade e até debates públicos sobre segurança e transparência.

Este aumento das novas tecnologias, iniciaram as discussões sobre a criação de padrões internacionais que permitam que a existência de uma rede autônoma de objetos conectados. O ITU (International Telecommunication Union) das Nações Unidas, vem desde o ano de 2011 reunindo especialistas para a criação e consolidação do padrão global, já em março de 2012, a União Europeia realizou uma consulta pública buscando que os cidadãos apresentassem suas necessidades e inseguranças sobre a IoT e em 16 e 17 de junho, Londres sediou a 1ª Open IoT Assembly, onde as pessoas livremente discutiram e colaboraram para a criação de um documento com os princípios de transparência e bom uso das informações na IoT.

O trabalho possui natureza teórica e exploratória, realizada a partir de revisão bibliográfica sobre políticas, programas, regulamentos e leis vigentes, bem como trabalhos relacionados a IoT tanto no âmbito nacional como internacional.

III. RESULTADOS

A Internet, como atual modeladora de costumes e culturas, tem sua importância e usabilidade crescentes, mostrando-se assim a importância de legislação específica que garanta não apenas o combate a cibercrimes, mas também a proteção, direitos e deveres de seus usuários e provedores, e estimule o compartilhamento de ideias e capital intelectual.

De acordo com Segurado *et al.* (2014), existem três categorias fundamentais para análise na regulamentação da Internet, sendo elas a Neutralidade de rede, que pressupõe que todas as informações devem ser tratadas de forma isonômica, o Direito à privacidade dos cidadãos internautas e as questões relacionadas à vigilância e à segurança, e, por último, a Discussão dos direitos autorais sob a lógica da propriedade intelectual; para a padronização da Internet das Coisas, mais especificamente, serão necessárias três etapas: normalização dentro do mercado, largura de banda larga e segurança de dados. No Reino Unido, a Ofcom (Office of Communications), agência reguladora de comunicações do Reino Unido, realizou uma consulta pública para basear suas medidas visando investimento e pesquisa nos sistemas de IoT, principalmente nos quesitos de definição, demanda espectral, protocolos e segurança – sendo o último o que recebe mais ênfase devido a quantidade de informações que podem ser armazenadas e manuseadas por um sistema IoT (MOBILE, 2014).

São exatamente os critérios de segurança e privacidade que geram preocupação e resistência nos usuários: em um estudo feito pela F-Secure, 80% dos entrevistados tinham receio quanto o ataque de hackers às informações armazenadas nos dispositivos inteligentes, enquanto 79% estavam preocupados com sua privacidade (ABRANET, 2015). Justificando essa preocupação tem-se o caso Ashley Madison, em que usuários de um site de relacionamentos extraconjugais tiveram suas contas hackeadas e os invasores ameaçaram divulgar suas informações. Esse é apenas um caso de roubo de dados, mas se torna mais preocupante quando relacionado à IoT devido o controle e integração de objetos entre si: usando um sistema que usa a rede de celular, pesquisadores puderam tomar controle do sistema de entretenimento de um carro e reescrever o firmware (instruções operacionais programadas diretamente no hardware de um equipamento eletrônico) para enviar comandos a sistemas críticos, como freio, volante e transmissão (ESTES, 2015).

Alguns países são modelos quanto às atitudes relacionadas à regulamentação dessa ferramenta; listados abaixo estão alguns deles e as medidas tomadas abrangendo essa temática:

a. Estados Unidos:

Após os ataques de 11 de Setembro de 2001, os Estados Unidos aumentou a vigilância e a rigidez relacionadas ao tráfico de informações nacionais e internacionais – fato que gerou inimizades com outros países depois das denúncias de espionagem feitas por Edward Snowden.

CALEA (Communications for Law Enforcement Act): 1994 – lei de auxílio das comunicações para a aplicação do direito; ampliou a capacidade de vigilância das agências do

ISSN 1809-3957

Estado de modo que as operadoras de telefonia e os fabricantes projetassem seu equipamento para facilitar a instalação de grampos.

FISA (Foreign Intelligence Surveillance): 1978 – lei de vigilância de inteligência estrangeira; regras de vigilância com o intuito de recolher informações de potências e agentes estrangeiros, incluindo cidadãos americanos.

Patriotic Act ("Lei Patriota"): 2011 – lei que rege as investigações secretas.

b. Brasil:

Assumindo um papel de importância, o Brasil aprovou a lei chamada de Marco Civil da Internet, consolidando a posição de país que apoia e exerce a democracia:

MCI (Marco Civil da Internet) – Lei 12.965 de 2014: Princípios, direitos e deveres para internautas e provedores no país.

De acordo com Segurado *et al.* (2014):

> "O Marco Civil da Internet é uma iniciativa da Secretaria de Assuntos Legislativos do Ministério da Justiça em parceria com o Centro de Tecnologia e Sociedade da Fundação Getúlio Vargas (FGV) do Rio de Janeiro. Trata-se da primeira proposta de marco civil do mundo, uma espécie de "constituição da internet" que regulamenta direitos, deveres e garantias do uso da rede de computadores no país. O principal objetivo é garantir os interesses dos usuários e promover a cidadania. Por essa razão, foi elaborado de forma colaborativa com a participação de diversos segmentos da sociedade civil (SEGURADO, p. 10, 2014)."

Lei 12.737/2012 – Apelidada de "Lei Carolina Dieckmann, dispõe sobre a tipificação criminal dos delitos informáticos, como a invasão de dispositivo informático, a interrupção ou perturbação de serviço telegráfico, telefônico, informático, telemático ou informação de utilidade pública, a falsificação de documento particular e a falsificação de cartão.

c. Espanha:

A lei que teve como contexto os desdobramentos da crise financeira, conhecida como Lei Sinde-Wert, foi promulgada em 2010 mas entrou em vigor apenas em 2012, permite o fechamento de sites sem a necessidade de uma ordem judicial, com o objetivo de se opor à pirataria.

d. Reino Unido:

A Ofcom (Office of Communications), agência reguladora de comunicações do Reino Unido, realizou uma consulta pública para basear suas medidas visando investimento e pesquisa nos sistemas de IoT, principalmente nos quesitos de definição, demanda espectral, protocolos e segurança – sendo o último o que recebe mais ênfase devido a quantidade de informações que podem ser armazenadas e manuseadas por um sistema IoT (MOBILE, 2014).

Vale ressaltar ainda que a aplicabilidade da tecnologia de Internet das Coisas abrange mais do que aumentar o conforto e praticidade no dia-a-dia dos usuários, sendo que pesquisas apontam a usabilidade das IoT no auxílio e cuidado de idosos e pacientes.

Segundo José Bruzadin (2015), diretor de Desenvolvimento de Mercado da Intel Pró-Saúde para a América Latina:

> "O grande beneficiário das tecnologias da Internet das Coisas, sem dúvida, será a saúde. E a Intel já estuda três áreas para usar: na telemedicina; no monitoramento de pacientes em casa; e na mudança de hábitos – me referindo ao incentivo das pessoas mudarem para hábitos mais saudáveis, usando objetos ligados à internet que auxiliem, por exemplo, em corridas (CIPRIANO, 2015)."

Pesquisa da empresa Internacional Data Corp, o IDC aponta, que a Internet das Coisas pode se tornar uma grande impulsionadora do PIB mundial nos próximos 15 anos, sendo que o Brasil está na 17ª colocação entre os países que dispõem incentivos para o desenvolvimento dessa tecnologia, com os Estados Unidos ocupando o 1º lugar do ranking (IBRACE, 2015). No entanto, para que essa previsão se torne realidade, serão necessários investimentos governamentais e das empresas para ampliar a adoção dessa tecnologia e que as empresas formulem estratégias para o crescimento desse ramo (ITFORUM365, 2015). Para subir de colocação, o Brasil deverá investir em infraestrutura adequada, instituições de pesquisa e mão de obra qualificada, oferecendo também incentivos para que esses profissionais permaneçam no país, evitando o fenômeno *brain drain* (fuga de cérebros).

O ideal é que se aproveite a exploração crescente dos sistemas de Internet das Coisas para a criação de padronização e legislação visando o controle do fornecimento dos serviços, e segurança, direitos e deveres dos usuários, de modo que essas medidas sejam preventivas, e não um método de correção de possíveis falhas de segurança e invasão de privacidade dos usuários dessa ferramenta.

IV. CONCLUSÃO

Por meio da técnica aplicada neste trabalho podemos concluir que os países em desenvolvimento levados em consideração neste estudo, estão se mobilizando e também mostram-se bastante preocupados com a questão da padronização e regulamentação da IoT, uma vez que ataques cibernéticos aos produtos detentores desta tecnologia estão cada vez mais comuns e também o aumento do número de empresas trabalhando em dispositivos que utilizam a Internet das Coisas.

A mobilização não ocorre somente do ponto de vista público mas principalmente do privado, envolvendo organizações cada vez mais preocupadas com os fatores de privacidade e segurança de dados, chegando até formar consórcios na busca pela padronização da IoT, uma delas é a General Eletric, que está liderando o Consórcio de Internet Industrial dos Estados Unidos, temos também na Alemanha, onde existe a chamada Indústria 4.0, iniciativa governamental para fomentar a fabricação de produtos que usam a IoT (CANALTECH, 2014).

Quanto ao Brasil, a IoT ainda é muito simplória, pois exige uma necessidade de superar os obstáculos técnicos, organizacionais e regulatórios, além de se criar e mudar a concepção sobre a Internet das Coisas principalmente quanto ao fator privacidade.

Porém o Governo Federal realiza estudos voltados para a criação de um Plano Nacional de Comunicação entre Máquinas e Internet das Coisas, buscando com isso a sonhada padronização de sistemas de IoT e a criação de uma regulamentação levando em consideração: privacidade,

ISSN 1809-3957

segurança e direitos do consumidor em serviços de IoT (PAIVA, 2015). Dessa forma se busca promover o desenvolvimento de programas de financiamento de soluções de IoT, com recursos originados provavelmente do Funttel e por consequencia o estímulo à adoção de soluções de IoT pelo setor público. Dessa forma o Governo irá evitar problemas de interoperabilidade, criados pelo surgimento de ilhas de desenvolvimento de M2M e IoT no Brasil, apresentando e desenvolvendo sistemas que não conversam entre si.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANET, **Internet das Coisas avança, mas aumenta medo dos ataques dos hackers.** Disponível em: <http://www.abranet.org.br/Noticias/Internet-das-Coisas-avanca,-mas-aumenta-medo-dos-ataques-hackers-867.html#.Vi8NidKrRdg>. Acesso em: 17 de outubro de 2015.

ASHTON, Kevin. **That 'Internet of Things' thing**. Publicado no RFID Journal, 2009. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/article/view/4986>. Acesso em: 10 outubro de 2015.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: a survey**. Computer Networks, 2010.

CANALTECH, **Gartner: Internet das coisas passará por padronização em 2015**. Disponível em: <http://canaltech.com.br/noticia/internet/Gartner-Internet-das-Coisas-passara-por-padronizacao-em-2015/#ixzz3p1uRnZhx>. Acesso em: 17 de outubro de 2015.

CIPRIANO, Leonardo**. Estudo aponta que Internet das Coisas beneficiará principalmente a saúde em 2025.** Publicado no Neitec, disponível em: <http://neitec.com/inovacao-tecnologica/estudo-aponta-que-internet-das-coisas-beneficiara-principalmente-a-saude-em-2025/>. Acesso em: 15 de outubro de 2015.

ESTES, Adam**. Hackers podem controlar quase meio milhão de veículos Chrysler à distância**. Publicado no Gizmodo, disponível em: <http://gizmodo.uol.com.br/hackers-podem-controlar-quase-meio-milhao-de-veiculos-chrysler-a-distancia/>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

IBRACE, **Brasil ocupa 17ª lugar entre os países mais preparados para usar a IoT na indústria.** Disponível em: <http://www.grupoibrace-icbr.org.br/brasil-ocupa-17o-lugar-entre-os-paises-mais-preparados-usar-iot-na-industria/>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

INNOVATION, **Internet das coisas deixará a publicidade muito mais inteligente.** Disponível em: <http://innovationinsider.com.br/internet-das-coisas-deixara-a-publicidade-muito-mais-inteligente/>. Acesso em: 15 de outubro de 2015.

ITFORUM365, **IoT precisa de apoio do governo e empresas para se tornar realidade, diz Accenture.** Disponível em: <http://itforum365.com.br/noticias/detalhe/114844/iot-precisa-do-apoio-do-governo-e-empresas-para-se-tornar-realidade-diz-accenture>. Acesso em: 27 de outubro de 2015.

KRANENBURG, R. **The Internet of Things**: a critique ambient technology and the all-seeing network of RFID. Amsterdã: Institute of Networks Culture, 2008.

KRANENBURG, R.; ANZELMO, E.; BASSI, A.; CAPRIO, D.; DODSON, S.; RATTO, M. **The Internet of Things**. 1st Berlin Symposium on the Internet and Society. Outubro de 2011. Disponível em . Acesso em 26 jun. 2012.

MAEDA, F. C.. **Verbete Draft: o que é Internet das Coisas no Projeto DRAFT, 2015**.Disponível em: <http://projetodraft.com/verbete-draft-o-que-e-internet-das-coisas/>. Acesso em 09 outubro de 2015.

MOBILE, **Agência do Reino Unido realiza consulta pública para definir IoT**. Disponível em: <http://www.mobiletime.com.br/25/07/2014/agencia-do-reino-unido-realiza-consulta-publica-para-definir-iot/385099/news.aspx>. Acesso em: 24 de outubro de 2015.

PAIVA, Fernando**. Governo Federal estuda criação de Plano Nacional da Internet das Coisas**. Publicado no Convergecom, disponível em: <http://convergecom.com.br/teletime/23/06/2015/governo-federal-estuda-criacao-de-plano-nacional-da-internet-das-coisas-2/>. Acesso em: 17 de outubro de 2015.

UCKELMANN, D; HARRISON, M.; MICHAHELLES, F. (Orgs). **Architecting the Internet of Things**. Springer: Nova Iorque, Dordrecht, Heidelberg, Londres, 2011.

SEGURADO, Rosemary; et al. **Regulamentação da internet: perspectiva comparada entre Brasil, Chile, Espanha, EUA e França**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos. Rio de Janeiro. 21 p. 2014.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

PRINCÍPIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE APLICADOS NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DO VESTUÁRIO EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE

CARLA S. P. PORTELA[1,2]; THAÍS R. IBIAPINA[2]; LINARDY DE M. SOUSA[2]; DARLENE S. DOS SANTOS[3]; PEDRO LUIZ DE O. COSTA NETO [2.]
1 – INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ; 2 – UNIVERSIDADE PAULISTA; 3- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ.
carlaspportela@gmail.com

Resumo - A busca pelo espaço no mercado competitivo de hoje, torna-se um desafio para empresas de pequeno porte, visto que a realidade dessas empresas não é idêntica à das grandes empresas, sendo sua problemática o objeto de pesquisa do presente trabalho. O objetivo é identificar a aplicação dos princípios da gestão da qualidade na fabricação de produtos do vestuário em indústrias de pequeno porte como estratégia competitiva. Este estudo foi realizado em uma empresa de pequeno porte de confecção de vestuário situada na cidade de Teresina, estado do Piauí. A metodologia utilizada foi o estudo de caso, realizada através de visita técnica a fábrica e entrevista com a gerente que auxiliou na observação e avaliação da aplicação dos princípios da gestão da qualidade do processo produtivo da confecção dos produtos de vestuário. Os resultados apontam para uma gestão de qualidade com foco no cliente e a valorização da visão sistémica do processo com a melhoria contínua dos processos como estratégia competitiva.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade. Competitividade. Indústria de Confecção do Vestuário.

I. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da moda após a crise do século XX encontrou-se diante de um avanço dos mercados, enquanto a efemeridade da moda contribuiu para ativar competitivamente o setor, estimulando as indústrias a desenvolverem uma diferenciação de mix de produtos, ocasionando a necessidade de investimento na qualidade dos produtos, criação de marcas próprias, criação da identidade da marca de acordo com o perfil do consumidor final, investimento no marketing dos produtos como estratégia com foco na competitividade.

Com o avanço tecnológico e a globalização, a população tem mais acesso aos meios de comunicação tornando-se mais informada e exigente. Como consequência, a qualidade em produtos e serviços é cada vez mais esperada e percebida. Isto vale para qualquer tipo de produtos e serviços, em particular para as indústrias de confecção do vestuário.

A produção em série foi iniciada por Henry Ford, também aplicada em outras indústrias de confecção do vestuário. Com a produção em massa, surgiu a necessidade de novas formas de gestão do processo produtivo, buscando ganho de produtividade em matérias primas, melhor aproveitamento do tempo e da mão de obra, redução de custos e de prejuízos. A partir da industrialização, surgiu a necessidade de mão de obra especializada, com a profissionalização do setor de vestuário.

Em pequenas empresas é inerente e perceptível detectar problemas gerenciais nos processos produtivos devido à ocorrência de uma gestão ineficiente. Com isso, é fundamental que toda organização vise o investimento em gestão de processos para desempenhar um papel competitivo no mercado de atuação. Portanto, as ferramentas gerenciais da qualidade contribuem de forma ativa para o crescimento e desenvolvimento de métodos que poderão ser utilizados pelos gestores de processo e consequentemente, manter e desenvolver a produtividade na indústria de confecção, gerando assim, vantagem competitiva em seu respectivo mercado.

A qualidade agrega valor ao produto e isso depende de mão de obra treinada, manutenção dos equipamentos, matéria prima dentro dos padrões aceitos na avaliação de órgão competentes. Isto justifica a realização do presente trabalho, em que se busca estudar a aplicação dos conceitos e métodos da gestão da qualidade em uma indústria de confecção de pequeno porte situada na cidade de Teresina no estado do Piauí como ferramenta competitiva.

II. PROCEDIMENTOS

Segundo Cervo (2007), a presente pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva, pois envolve a obtenção de informações através de visitas *in loco* e entrevistas informais com a gerente de produção e com os responsáveis de cada setor para que possibilite o conhecimento e desenvolvimento das análises da gestão da qualidade na fabricação de produtos do vestuário que compõem este estudo de caso. Na perspectiva de Yin (2001), o estudo de caso investiga um fenômeno considerando que as fronteiras entre fenômeno e o contexto onde se insere não são claramente definidas. Considerando Sousa (2000) defende ainda que muitos conceitos contemporâneos na engenharia de produção e, principalmente, na gestão de operações foram desenvolvida por meio de estudo de caso.

Foi realizado uma pesquisa exploratória com visita *in loco* na indústria de confecção *"A"* e as entrevistas informais obtendo dados importantes. Com isso foi realizado um mapeamento dos processos produtivos da empresa, identificando e analisando a aplicação da gestão da qualidade na fabricação de produtos do vestuário como estratégia competitiva.

A pesquisa em questão foi realizada em uma pequena indústria de confecção do vestuário do segmento feminino no Estado do Piauí, situada na cidade de Teresina e está no mercado há oito anos. Tem como objetivo expandir as

ISSN 1809-3957

vendas ao conquistar crescimento de mercado. A coleta de dados do presente trabalho caracteriza-se segundo Marconi & Lakatos (1996) como uma observação direta intensiva, pois se define através de observações realizadas por visitas *in loco* e entrevistas informais.

Por meio de entrevistas e observação dos setores, foram identificadas estratégias para uma gestão de qualidade focada na melhoria contínua dos processos com foco no cliente. Carpinetti(2010) afirma que a gestão da qualidade como estratégia competitiva parte do princípio de que a conquista e manutenção de mercados dependem de foco no cliente.

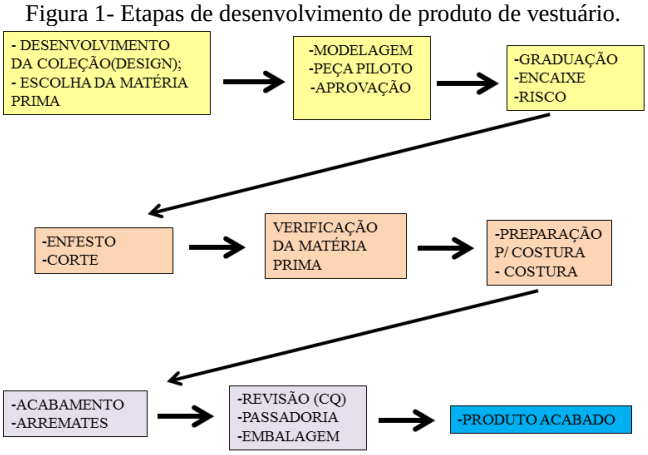
Após o levantamento dos dados básicos sobre a empresa de confecção "*A*", foi realizado um mapeamento dos setores da empresa com suas respectivas funções, para entender o fluxo das atividades e informações presentes no processo, bem como os recursos, ferramentas e etapas dos subprocessos e a gestão da qualidade com foco na melhoria contínua dos processos.

III. RESULTADOS

A indústria de confecção *"A"* é composta por setenta funcionários distribuídos nos setores de criação, almoxarifado, modelagem, produção (costura), corte e acabamento.

A Figura 1 representa uma síntese das etapas de desenvolvimento de produto de moda contemplando todo o processo produtivo, desde a criação até o produto final de acordo sequência observada na empresa em questão:

Figura 1- Etapas de desenvolvimento de produto de vestuário.



Fonte: autores.

O desenvolvimento de produtos de moda envolve um relevante número de etapas, da pesquisa de tendências até o produto final, profissionais de diversas áreas são envolvidos. Tais profissionais de todos os setores se comunicam-se entre si para que o produto seja desenvolvido e produzido de forma eficaz.

Segundo Araújo (1996), o sucesso do funcionamento de uma empresa depende de uma boa estrutura organizacional: comunicações eficazes, boa definição de níveis de coordenação e funções, bem como os procedimentos internos.

Davis (1999) entende como produção a gestão do processo que transforma insumos em resultados na forma de produtos e serviços. E Ballestero-Alvarez (2010) denomina processo, como a sequência estruturada e predefinida de ações que transformam estes insumos.

O modo geral para a concepção do produto de vestuário acontece por meio de inspiração às tendências propostas, ou seja, criar uma boa ideia transformando-a em um projeto para em seguida fabricá-lo e assim torná-lo objeto de desejo de determinado público.

O setor de criação da empresa em questão é composta por uma equipe formada por diretor criativo e designer de moda que tem por objetivo desenvolver uma coleção de acordo com os desejos do público alvo da marca, obedecendo às tendências vigentes. Observou-se uma gestão da qualidade no processo de desenvolvimento da coleção desde a escolha do tema até o balanceamento da coleção, sempre com foco no cliente.

Paralelemente à esse processo é realizado a escolha da matéria prima de acordo com a proposta do projeto da coleção, bem como a construção da ficha técnica dos produtos contendo descritivamente todos os detalhes pertinente a criação afim de facilitar e garantir o entendimento de todos os detalhes do modelo idealizado .

A indústria de confecção de peças do vestuário apresenta constante mudança nos itens, a cada coleção são lançados novos tecidos, estampas e aviamentos visando à inovação do produto e conquista de mercado, o fornecedor de insumos escolhido deve ter flexibilidade e estar preparado para a mudança de demanda do parceiro (TREPTOW, 2005).

Após o desenvolvimento do planejamento da coleção é iniciado o processo de confecção das peças pilotos em um setor exclusivo afim de não prejudicar a célula de produção, durante esse processo é acompanhado pela equipe de criação com o objetivo de garantir a qualidade na execução das peças pilotos ao certificar a fidelidade entre o planejamento e a execução das peças. Inicia-se pela modelagem, passa pela confecção e a aprovação dos protótipos que irão ser reproduzidos em série.

Nessa fase é de fundamental importância para a gestão da qualidade devido à oportunidade, de uma equipe multidisciplinar composta por diretor de criação, designer de moda, modelista, engenheiro de produção, avaliam os protótipos desenvolvidos. O objetivo da reunião de aprovação da coleção é analisar o caimento dos tecidos, a adequação da modelagem ao modelo proposto; a verificação da conformidade da peça piloto com o modelo idealizado presente na ficha técnica do produto. Verifica-se também a modelagem está de acordo com os padrões de qualidade da modelagem da marca. Além de evitar/ corrigir possíveis imperfeições.

O cronoanalista acompanha a confecção da peça piloto integralmente a fim de medir do tempo padrão da confecção dos protótipos, para realizar posteriormente o planejamento de produção. Nessa etapa, com a presença da equipe multidisciplinar é realizada provas de roupas com uma modelo que contenha as medidas padrão da marca de acordo com a tabela de medidas padrão da indústria "*A*".

Com a aprovação do *mix* de produto que será produzido em série é realizada um planejamento e controle da produção. Nessa etapa é construído um cronograma e as metas a serem cumpridas pelo setor de produção. Nesse processo de reprodução em série das modelagens, o encaixe das peças e o risco é utilizado um sistema CAD (*Computer Aided Design*) para obter uma precisão das medidas da modelagem, além de promover um melhor rendimento do encaixe e uma maior praticidade na plotagem do risco,

ISSN 1809-3957

facilitando o controle da qualidade e promovendo uma melhor produtividade nesse setor.

A graduação computadorizada das modelagens é realizada de acordo com o planejamento da Ordem de Fabricação (O.F), onde contém as quantidades com suas variações de tamanhos da grade definida dos 36 ao 44 ou dos tamanhos "P" ao "G". Com a graduação concluída é realizada o encaixe automático no mesmo sistema informatizado e consequentemente a impressão (plotagem) do risco realizado.

Após a conclusão do risco da referência contendo o *mix* de produtos da produção, é dirigida ao setor de corte juntamente com a ordem de fabricação, onde é realizado o enfesto de acordo com as peculiaridades dos tecidos a serem cortados. Para um enfesto de qualidade é definido o tipo de enfesto necessário, entre os mais utilizados na indústria "*A*" estão enfesto em escada (possibilita uma maior variedade de tons e estampas variadas), enfesto zigue- zague (é o mais utilizado para o encaixe de modelagem simétrica). Nesse setor, na empresa em questão, o processo de enfesto e corte é realizado manualmente. Isso ocorre na maioria das pequenas empresas devido ao alto custo da estrutura necessária para a implantação da máquina de corte e a máquina de enfesto automática. O processo de enfesto e corte manuais provoca desperdício de tempo, além de aumentar a possibilidade de erros, entre alguns falhas corriqueiras são provocados por tecidos descasados no enfesto devido ao manuseio manual do material.

Outro aspecto que pode ameaçar o padrão de qualidade no setor de corte é a presença de lâminas desafiadas provocadas pelo uso repetitivo, o que provoca um corte sem qualidade, o que pode ocasionar a qualidade da modelagem e o resultado final dos produtos, após o corte das peças a referência é encaminhada para o setor de costura.

Para a preparação da referência para a etapa de confecção, inicia-se com a verificação da matéria prima com a análise do material a ser costurado, para a definição da regulagem correta do maquinário, bem como a linha adequada ao tecido a ser costurado, o *layout* mais adequado para a produção das referências, e toda logística realizada na célula de produção.

A supervisora de produção juntamente com o cronoanalista são os responsáveis pelo planejamento e controle da produção, pelo estabelecimento de metas a ser cumpridas e por toda a engenharia de produção. Na empresa em questão não existe um setor específico de engenharia de produção, caso haja alguma dificuldade no planejamento e controle da produção ou na engenharia de produção de uma maneira geral é contrato um especialista terceirizado para a solução dos problemas.

A gestão da qualidade no setor da costura é realizada durante todo o processo de confecção, onde é observado tanto pelo supervisor de produção, como também é realizado um autocontrole da qualidade das operações pelos operadores, evitando- se assim a formação de pontos falsos, a regulagem dos pontos assim que seja desregulado. Esse auto controle é realizado para a garantir da qualidade das costuras de acordo com o padrão exigido pela empresa. Um ponto negativo observado nesse setor está relacionado com a manutenção das máquinas que só é realizada apenas de forma corretiva, provocando um gargalo da produção.

No setor de acabamento é realizado inspeção final dos produtos de acordo com o padrão de qualidade da empresa; são realizados os arremates finais, a aplicação dos aviamentos e etiquetas, a passadoria e o empacotamento e por fim a expedição para o setor de distribuição e consequentemente chega ao consumidor final.

Os resultados apontam para uma gestão de qualidade com foco no cliente e a valorização da visão sistémica do processo com a melhoria contínua dos processos como estratégia competitiva. De acordo com Porter (1996) a sinergia e coerência interna que tornam possível a execução de uma estratégia bem-sucedida.

A indústria de confecção "*A*" prioriza a sistematização do processo aplicado à qualidade durante todo o processo de confecção do produto a fim de satisfazer o consumidor final. Uma característica da empresa em questão é sintonia entre os diversos setores da empresa com valorização da comunicação entre os setores envolvidos no processo, bem como a gestão da qualidade presente desde a criação até o produto final, diferenciando-a de diversas empresas concorrentes.

IV. CONCLUSÃO

Com o avanço tecnológico e a globalização, a população tem mais acesso aos meios de comunicação tornando-se mais informada e exigente. Como consequência, a qualidade em produtos e serviços é cada vez mais esperada e percebida pelo consumidor final.

A empresa em estudo realiza uma gestão da qualidade com foco no cliente e na melhoria contínua dos processos, como estratégia competitiva.

A gestão da qualidade está presente durante todo o processo da confecção do vestuário e é realizada por todos os envolvido no processo, como diferencial competitivo dessa empresa em relação a várias empresa de pequeno e até mesmo de médio porte do setor de confecção do vestário.

A indústria de confecção *"A"* consegue através de programas de bonificação a motivação dos funcionários incentivando assim, a produtividade com qualidade a partir do incentivo e da conscientização do capital humano da empresa há realizar um autocontrole da qualidade em todas as etapas das realizações das operações e dos processos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, Mario. **Tecnologia do vestuário**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. *Metodologia Científica*. 6. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N.J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da produção**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 1999.

MARCONI, M.D.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

PORTER, M. E. **What is strategy? Harvard Business Review**, v. 74, n. 6, p. 61-78, Nov./Dec. 1996.

SOUSA, R. **Quality management pratic: universal or context dependent? An empirical investigation.** Unpublished PhD Thesis. Londres: London Business School, 2000.

TREPTOW, Doris; DORIS TREPTOW. **Inventando moda:** planejamento de coleção. 3.ed. Brusque: Do Autor, 2005.

Yin, R. K. **Estudo de caso- planejamento e método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores Carla S. P. Portela; Thaís R. Ibiapina; Linardy de M. Sousa; Darlene S. dos Santos; Pedro Luiz de O. Costa Neto. são os únicos responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO: UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA QVT EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL PÚBLICA

CAVALCANTE, ROBERTO M. F.[1,2]; ROCHA, ANDRÉ L. [1]; BANDEIRA, ANSELMO A. [2]; PONTES, KAREN V. [2]
1 - INSITUTO FEDERAL DE ALAGOAS;
2 - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL (PEI) - UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA)
robertomfc@hotmail.com

Resumo *- Nas instituições modernas os indivíduos são o objeto de trabalho e estudo da área de Gestão de Pessoas. Esta é uma área que assume um papel com destaque cada vez maior nas empresas privadas e órgãos públicos em geral, tendo em vista sua importância para consecução dos objetivos dessas entidades. Nesse quadro legitimam-se os esforços e investimentos na Qualidade de Vida no Trabalho (QVT), visto que o fator humano é um diferencial de competitividade e qualidade nas organizações. Dessa forma, o presente artigo apresenta um instrumento original de avaliação de QVT com a aplicação em uma Instituição de Ensino Federal Pública. O instrumento proposto neste estudo alia os principais indicadores de QVT presentes na literatura com uma perspectiva voltada para abordagem organizacional pública, produzindo um modelo que traduz a subjetividade da satisfação com a Qualidade de Vida no Trabalho para uma escala quantitativa, produzindo assim um indicador organizacional de grande potencial principalmente para instituições públicas. A confiabilidade do modelo foi comprovada através do uso do Coeficiente Alfa de Cronbach que apresentou α=0,956, demonstrando consistência interna considerada muito alta. Assim, o estudo resulta em uma alternativa eficaz para avaliação e desenvolvimento de programas de QVT em instituições públicas, possibilitando que estas respondam eficientemente às exigências da sociedade, buscando o bem-estar dos servidores públicos e com isso a satisfação dos cidadãos em geral.*

Palavras-chave: Qualidade de Vida no Trabalho. Recursos Humanos. Desempenho Produtivo. Administração Pública.

I. INTRODUÇÃO

No atual mundo globalizado as organizações estão inseridas em ambientes extremamente competitivos. Essa competitividade leva as empresas a investirem massivamente em tecnologias de produção, informática e telecomunicações, porém o mercado é um ambiente turbulento e suscetível a mudanças repentinamente. Por exemplo, tecnologias consideradas de ponta no último ano, podem ficar defasadas do dia para noite. Logo, a situação que está posta é a de preocupação com os indivíduos, pois, quando comprometidos com a organização, passam a ser o diferencial competitivo de onde provém a inovação e conhecimento capazes de estabelecer diferenças significativas entre as empresas.

De acordo com Bandeira e Oliveira (2007) observa-se claramente que há uma demanda muito grande de empresas que invistam em seu capital social, assim como, em sistemas de gestão participativa como forma de proporcionar melhor Qualidade de Vida no Trabalho. Há também a tentativa de criar um ambiente organizacional onde as pessoas voltem a tomar lugar de destaque e seu conhecimento tácito seja valorizado e considerado de grande importância.

Atualmente, o que se percebe muitas vezes é a prestação de um serviço público ineficaz, o que impacta diretamente no objetivo das organizações estatais que em princípio visam o bem-estar social. Infelizmente, na tentativa de solucionar parte desses problemas as instituições públicas estão sendo invadidas pelos indicadores de desempenho das empresas privadas. Esta é uma situação que requer preocupação, pois apesar de todos os tipos de colaboradores necessitarem de programas de Qualidade de Vida no Trabalho, existem particularidades inerentes às organizações públicas que fogem do que é trabalhado no mercado privado.

Diante disto, objetivou-se elaborar um modelo de avaliação de QVT que fosse mais eficaz para parte desses servidores públicos. Logo, a pesquisa apresenta um instrumento baseado nos indicadores dos principais autores da área, incluindo uma perspectiva pautada nas organizações públicas. Por conseguinte o Instituto Federal de Alagoas-IFAL foi escolhido para aplicação da pesquisa e comprovação do modelo. O estudo foi realizado através de uma entrevista estruturada em um *Campus* da Instituição, contando com a participação de 66 indivíduos- 41 técnicos administrativos e 25 docentes, correspondendo a 44% da população do *Campus*.

A proposta apresentada não apenas permite verificar o índice de satisfação com a QVT dos servidores do IFAL, mas também abre a possiblidade de implantação em instituições semelhantes. Isto é importante, pois possibilita que sejam tomadas medidas efetivas em relação ao trabalho desses servidores públicos, compreendendo-se que a satisfação desses trabalhadores impacta diretamente na qualidade do serviço prestado ao público e sociedade, interferindo diretamente na eficiência e produtividade dessas organizações.

II. QUALIDADE DE VIDA E QVT

A origem da Qualidade de Vida no Trabalho, de acordo com Rodrigues (1999), advém de uma preocupação antiga do homem. Os contextos eram outros, assim como as denominações utilizadas, mas sempre houve o objetivo de alcançar a satisfação do trabalhador e de reduzir o esforço físico no trabalho.

ISSN 1809-3957

Em um contexto atual, Barcaui e Limongi-França (2014) informam que o termo Qualidade de Vida é detentor de diversas definições, mas normalmente está associado ao bem-estar dos colaboradores de uma empresa. Seus aspectos incluem: saúde (física e psicológica), segurança, lazer, ergonomia e o próprio ambiente de trabalho, entre outros.

Segundo Limongi-França (1996), Qualidade de Vida no trabalho é o conjunto das ações de uma empresa que evolve a implantação das melhorias e inovações gerenciais e tecnológicas no ambiente de trabalho. A construção da Qualidade de Vida no Trabalho ocorre a partir do momento em que se olha a empresa e as pessoas como um todo.

Para Rodrigues (1999), a QVT pode ser vista como uma abordagem sociotécnica em relação à organização do trabalho, tendo como base a satisfação do trabalhador no trabalho e em relação a ele. Neste contexto, a QVT está diretamente relacionada à satisfação e ao bem-estar do indivíduo na execução de suas tarefas, é indispensável à produtividade e à competitividade, sem as quais uma organização não sobrevive ao mercado.

Diante do atual cenário globalizado, altamente dinâmico, setor público e setor privado mesmo no contexto de uma sociedade capitalista, têm distinções fundamentais que delineiam perfis de cultura organizacional singulares. Exportar ou importar modelos de modo acrítico, sem considerar tais singularidades é aumentar as chances do insucesso na gestão de QVT (FERREIRA; ALVES; TOSTES, 2009).

III. MODELOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO

Os estudos sobre QVT motivaram a criação de vários modelos e muitos pesquisadores se dedicaram a elaboração desses, entre os quais se destacam os seguintes: Walton (1973); Hackman e Oldham (1975); Westley (1979); Werther e Davis (1983); WHOQOL (1995); Limongi-França (1996); e o modelo EAA_QVT de Ferreira (2009).

Para a pesquisa foi necessário uma síntese e análise acerca dos modelos mencionados a fim de identificar valores e critérios que sustentaram a formulação do modelo próprio aplicado ao objetivo do estudo.

3.1 Modelo de Walton (1973)

Walton é um dos autores mais citados na literatura, sendo sua abordagem considerada clássica, possuindo largo uso em pesquisas entre os modelos de QVT. É importante ressaltar que Walton não desenvolveu um instrumento de avalição, mas apenas um modelo teórico. A partir dos estudos de Fernandes (1996) é que ocorreu a primeira tradução para o português do modelo, assim a autora seccionou as oito principais dimensões propostas por Walton em trinta e cinco subcritérios, e esta tradução é a mais difundida na literatura brasileira.

O modelo apresenta oito dimensões de estudo com as seguintes denominações: *Compensação Justa e Adequada; Condições de Segurança e Saúde no Trabalho; Oportunidade de Uso e Desenvolvimento de Capacidades; Oportunidade de Crescimento e Segurança; Integração Social na Empresa; Constitucionalismo na Organização; Trabalho e Espaço Total da Vida; Relevância Social do Trabalho.*

Apesar de ter sido concebido na década de 70, este modelo ainda é um dos mais utilizados por pesquisadores brasileiros para diagnosticar a QVT. Embora seja considerado um dos modelos mais completos, há de se mencionar que as relações de trabalho mudaram bastante nos últimos 40 anos e muitos outros aspectos precisam ser considerados para que haja uma visão mais fidedigna da real situação do trabalhador nas organizações. Como exemplo, pode-se citar que são poucos os aspectos biológicos e fisiológicos explorados no modelo de Walton.

3.2 Modelo de Hackman e Oldham (1975)

Segundo Pereira e Peçanha (2005) este modelo propõe uma relação entre fatores para que se obtenha um resultado de trabalho e positividade pessoal expressos em alta motivação interna, elevada satisfação, qualidade no desempenho e baixa rotatividade e absenteísmo. Dessa maneira, para que isto ocorra deve haver a existência de três estados psicológicos críticos (significância percebida, responsabilidade percebida e conhecimento dos resultados do trabalho). Esses estados são criados pela presença de cinco dimensões "básicas" do trabalho, descritas a seguir: *Variedade de Habilidades; Identidade da Tarefa; Significado da Tarefa; Autonomia; Feedback.*

A partir da definição dessas cinco dimensões básicas, Hackman e Oldham (1975) foram pioneiros no quesito da formulação de um modelo quantitativo. Os autores ainda sugeriram a criação de um fator denominado Potencial Motivador do Trabalho – PMT, que seria uma medida de análise de um determinado trabalho em função destas cinco dimensões.

Não obstante, ainda que o modelo em exame apresente pioneirismo no que diz respeito à quantificação da variável Qualidade de Vida no Trabalho, o mesmo apresenta fragilidades. Não houve, por parte de Hackman e Oldham, nenhuma intenção de estudar o ambiente laboral em si, mas sim, apenas a abordagem comportamental do trabalho propriamente dita (PEDROSO; PILATTI, 2009).

3.3 Modelo de Westley (1979)

Westley (1979) utiliza quatro categorias ou âmbitos de influência (*Econômica; Política; Psicológica; Sociológica*) para classificar e analisar fatores que afetam a QVT. Tais questões surgem sob a forma de injustiça, insegurança, alienação e anomia, que possuem como indicadores, por exemplo, insatisfações, greves, desinteresse, absenteísmo e falta de sentido no trabalho (PEREIRA; PEÇANHA, 2005).

Westley atenta-se em identificar as causas e consequências de cada problemática, além de inferir possíveis soluções para que estas se extingam. Porém, o autor aborda somente a principal problemática das dimensões econômica, política, psicológica e sociológica, sem a preocupação de levantar demais indicadores de QVT. Westley também conduz ao entendimento de que a qualidade de vida é uma condição binária, podendo esta existir ou não, impossibilitando a existência de classificações intermediárias (PEDROSO; PILATTI, 2010).

3.4 Modelo de Werther e Davis (1983)

De acordo com Rodrigues (1999), o modelo de Werther e Davis (1983) baseia-se em três grupos de elementos: *Elementos Organizacionais, Elementos Ambientais e Elementos Comportamentais.*

Werther e Davis (1983) enfatizam que a rotina de trabalho constitui um fator negativo para os trabalhadores. Conforme os autores, a maioria das pessoas afirma que, para

ISSN 1809-3957

se ter bem-estar no trabalho, é necessário ter um cargo interessante, desafiador e compensador.

Segundo Pedroso, Pilatti e Cantorani (2009), os autores do modelo citam que a reformulação de cargos não é a solução para todos os tipos de insatisfação, pois em alguns casos, a melhoria da QVT poderá ser alcançada somente com a mudança de cargo. Para eles é pertinente ressaltar que a reformulação de cargos deve ocorrer por meio da combinação entre as necessidades humanas e as necessidades do cargo. Também é de grande importância o conhecimento do projeto de cargo, que deve prever o máximo possível de variedade de tarefas, autonomia na tomada de decisões, e, por fim, a satisfação do colaborador.

3.5 WHOQOL(1995)

O instrumento World Health Organization Quality of Life (WHOQOL), surgiu na década de 90, a partir da necessidade da Organização Mundial de Saúde (OMS) de obter uma ferramenta que fosse capaz de avaliar a qualidade de vida através de uma perspectiva transcultural e internacional (FLECK *et al*., 2000). Assim, de acordo com Cerqueira, Freitas e Viera (2013), o grupo WHOQOL desenvolveu a metodologia denominada de WHOQOL-100, em que a Qualidade de Vida é avaliada por meio de um questionário com 100 questões, que afere a percepção do indivíduo sobre a QV. A necessidade de metodologias mais rápidas e de fácil aplicação fez com que a OMS desenvolvesse uma versão abreviada do WHOQOL-100, o WHOQOL-bref que é composto por 26 questões e considera os últimos quinze dias vividos pelos respondentes.

Enfim, o rigor metodológico empregado no processo de construção e validação dos instrumentos WHOQOL permitem a obtenção de características psicométricas satisfatórias. Entretanto, a despeito da confiabilidade do instrumento WHOQOL, verifica-se que aspectos como "elementos organizacionais" e "condições de trabalho", por exemplo, são pouco abordados e esses são também fatores essenciais para se mensurar com mais precisão a Qualidade de Vida no Trabalho.

3.6 Modelo de Limongi-França (1996)

De acordo com Limongi-França (2011), as dimensões *Biológica; Psicológica; Social, e Organizacional* respondem simultaneamente às condições de vida e são combinadas em diferentes intensidades de forma interdependente. Com o conceito biopsicossocial a autora produziu uma forma de avaliar a QVT, o modelo denominado BPSO-96, que pode ser aplicado no contexto específico de um ambiente organizacional.

O instrumento quantitativo de coleta de dados desenvolvido Limongi-França (1996) intitula-se BPSO-96, e possui vinte e duas variáveis divididas nos quatro aspectos da abordagem biopsicossocial. Utiliza-se uma escala Likert de 0 a 10 pontos e o questionário foi validado por Limongi-França (1996) em sua tese de doutorado em administração: "Indicadores empresariais de Qualidade de Vida no Trabalho: esforço empresarial e satisfação dos empregados no ambiente de manufaturas com certificação ISO 9000".

3.7 Modelo da Ergonomia da Atividade Aplicada à QVT(EAA_QVT) de Ferreira (2009)

O modelo teórico-descritivo da EAA_QVT, desenvolvido por Ferreira (2009), tem como foco articular a pesquisa e a intervenção nas organizações, apresentando dois níveis analíticos distintos e complementares – macroergonômico e microergonômico.

Segundo Ferreira (2012), o nível macroergonômico apresenta QVT como um *"continuum"* de representações dos trabalhadores que são distribuídos em uma escala com dois polos, um de mal-estar no trabalho, indicando as representações negativas sobre o trabalho e ressaltando o risco de adoecimento, e um de bem-estar no trabalho, indicando as representações positivas, descrita como qualidade de vida no trabalho, ressaltando a existência nesse *"continuum"* de uma região onde essas representações coabitam.

De acordo com o autor, as representações de bem-estar e de mal-estar no trabalho têm origem em cinco fatores: *Condições de Trabalho; Organização do Trabalho; Relações Socioprofissionais de Trabalho; Reconhecimento e Crescimento Profissional; Elo Trabalho-Vida Social.*

3.8 Modelo Proposto

Na revisão dos modelos de avaliação de QVT citados, observou-se que alguns possuem dimensões semelhantes, mas também algumas vertentes diferentes. Dessa forma, a presente pesquisa propõe um novo modelo de avaliação de QVT baseado nos autores presentes no referencial teórico. Faz-se, assim, uma releitura dos fatores e indicadores que os compõe, com o objetivo de preencher as lacunas existentes na aplicação destes modelos em organizações públicas.

Além disso, segundo Freitas e Souza (2009), de acordo com a natureza da organização investigada e das atividades nela realizadas, o modelo de avaliação deve ser adaptado para captar mais precisamente a QVT. Neste contexto, a escolha do instrumento para avaliar a qualidade de vida é crucial na obtenção de resultados válidos e fidedignos.

O instrumento desenvolvido no estudo foi dividido em dois blocos, o primeiro bloco se propõe a colher os dados profissiográficos dos servidores, como tempo de serviço, renda e nível de escolaridade. O segundo bloco do instrumento é composto por 57 questões, e está dividido em nove dimensões: *Aspectos Laborais, Integração Social e Condições Psicológicas, Relações Socioprofissionais, Condições de Trabalho, Análise Salarial, Oportunidades de Carreira, Trabalho e Vida Social, Relevância Social do Trabalho,* e *Abordagem Organizacional*.

As oito primeiras dimensões do modelo proposto são compostas como uma releitura dos modelos descritos no referencial, observando-se para sua construção uma condensação dos aspectos mais relevantes para a perspectiva pública e excluindo-se os menos relevantes. Por exemplo, no modelo de Walton um dos fatores avaliados é a segurança no emprego, em outras palavras, o quanto o trabalhar teme em ser demitido. Com certeza, este não é um dos fatores relevantes para o serviço público, pois amparado pela forte legislação o servidor que é estável dificilmente é demito, a menos que cometa algum crime ou irregularidade.

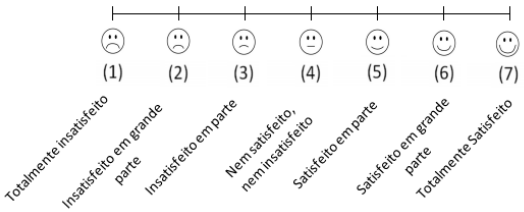
Foi nessa perspectiva que as oito primeiras dimensões do modelo foram construídas, aliando os aspectos e fatores mais importantes para cada dimensão, de acordo com suas semelhanças. Porém, com esta parte finalizada, percebeu-se que existiam fatores importantes para administração pública que não haviam sido trabalhados por nenhum dos autores anteriores. Construiu-se então uma dimensão específica, *Abordagem Organizacional*, que tem por objetivo tratar de aspectos como: *interferência dos procedimentos*

ISSN 1809-3957

burocráticos, cultura institucional, participação no processo decisório, normas e procedimentos, avaliação de desempenho, objetivos institucionais, quantidade de servidores. Esses fatores interferem diretamente na QVT dos servidores públicos e, quando estão desalinhados ou insatisfatórios, necessitam de ajustes organizacionais que podem ser indicados pelo modelo proposto.

Como dito anteriormente o instrumento de coleta foi dividido em dois blocos, o primeiro referente aos dados profissiográficos e o segundo referente às 57 questões que compõe as nove dimensões elaboradas. Para responder às questões, os avaliados tiveram ao lado de cada questão do instrumento uma escala do tipo Likert de sete pontos que variava do *Totalmente Insatisfeito* (1) até o *Totalmente Satisfeito* (7), conforme Figura 1. A escala de sete pontos foi escolhida em detrimento de outras, pois, de acordo Dalmoro e Vieira (2013), na interpretação dos dados quantitativos permite uma melhor discriminação; ganho de consistência interna e confiabilidade; boa discriminação da covariância e se ajusta bem a estatísticas multivariadas.

Figura 1: Escala de respostas das questões do Instrumento



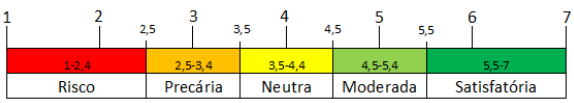
Fonte: Autoria própria (2015).

IV. PROCEDIMENTOS

O instrumento desenvolvido foi aplicado através de entrevista estruturada em um *Campus* do Instituto Federal de Alagoas, no período de 14/09/2015 a 09/10/2015. Nesta pesquisa foi utilizada uma amostra probabilística do tipo aleatória simples, resultando no recolhimento de 41 questionários referentes aos técnicos administrativos e 25 questionários referentes aos docentes, totalizando 66 questionários válidos, o que correspondeu a 44% da população de servidores em atividade no *Campus.*

Para analisar os resultados e interpretar os dados quantitativos, teremos cinco possíveis interpretações a respeito da QVT na instituição, sendo elas: Risco(1-2,4), Precária(2,5-3,4), Neutra(3,5-4,4), Moderada(4,5-5,4) e Satisfatória(5,5-7), conforme Figura 2. Para os índices encontrados entre 1 e 2,4 a situação em relação à qualidade de vida é de *Risco*, para os valores entre 2,5 e 3,4 denomina-se situação *Precária* em relação à QVT. Entre 3,5 e 4,4 é estabelecida uma zona *Neutra*, entre 4,5 e 5,4 a situação é *Moderada* e verifica-se satisfação significativa nos critérios compreendidos entre esses valores, já os índices apurados de 5,5 a 7 demonstram que a QVT está *Satisfatória*, refletindo assim alto grau de satisfação por parte dos colaboradores.

Figura 2: Escala de interpretações em relação à QVT.



Fonte: Autoria própria (2015).

4.1 Validação do Instrumento

Para avaliar e garantir a confiabilidade do instrumento desenvolvido utilizou-se o Coeficiente Alfa de Cronbach. Este índice foi descrito em 1951 por Lee J. Cronbach e é utilizado para medir consistência interna de uma escala, ou seja, para avaliar a magnitude em que os itens de um instrumento estão correlacionados (CORTINA, 1993). Para a utilização do Coeficiente Alfa de Cronbach, é requisito que todos os itens do instrumento utilizem a mesma escala de medição (FREITAS; RODRIGUES, 2005). A fórmula usada para o cálculo do Alfa de Cronbach é dada por:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^{\,2}}{S_t^{\,2}}\right) \qquad (1)$$

Onde: *k* representa o número de itens da dimensão, $S_i^{\,2}$ a variância do item i, e $S_t^{\,2}$ a variância total da dimensão.

A interpretação do Coeficiente Alfa de Cronbach é visivelmente intuitiva porque, na maior parte das vezes os valores variam entre 0 e 1. Entende-se então que a consistência interna de um questionário é tanto maior quanto mais perto de 1 estiver o valor do coeficiente. (TANG; CUI; BABENKO, 2014).

De acordo com Tavakol e Dennick (2011), o valor alfa também é afetado pelas correlações entre os itens do questionário. Assim, se vários itens do questionário exibem correlações entre si, o valor de alfa aumenta. Como essas correlações são maiores quando os itens do questionário medem a mesma dimensão, conclui-se que o questionário tem consistência interna, ou seja, o valor alto do Coeficiente Alfa de Cronbach estaria indicando o grau em que os itens medem a mesma dimensão. Da mesma forma, infere-se que se o alfa da dimensão é baixo, isto pode indicar que os itens do questionário estão medindo aspectos diferentes.

Para Freitas e Rodrigues (2005), o Coeficiente Alfa de Cronbach é um dos procedimentos estatísticos mais utilizados para medir a confiabilidade de um instrumento de coleta de dados. Esses autores sugerem a escala de classificação do α de Cronbach conforme a Tabela 1.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a tabulação dos dados utilizando planilhas eletrônicas, foi possível verificar a confiabilidade do instrumento conforme Tabela 2.

Analisando os dados da Tabela 2 percebemos que a dimensão *Trabalho e Vida Social* apresenta um α= 0,567, considerado baixo. Isto se deve ao fato de haver pouca variabilidade nas respostas dos servidores nos itens relativos à dimensão apresentada, sendo influenciados fortemente pela percepção positiva em relação à QVT nos itens P44 e P45 do instrumento de avaliação. No entanto, quando analisamos o instrumento por completo obtemos um α= 0,956, o que lhe garante uma consistência interna muito alta e a confiabilidade para futuras aplicações.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 – Resultado da análise de confiabilidade do instrumento

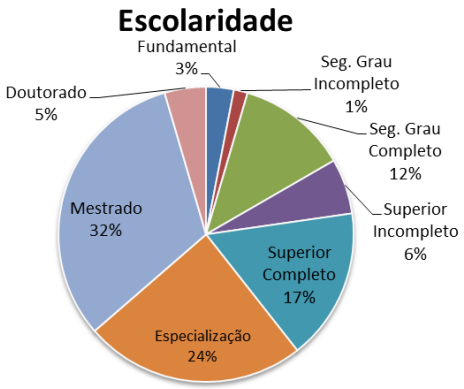
Dimensão	Alfa	Confiabilidade
Aspectos Laborais	0,890	Alta
Integração Social e Condições Psicológicas	0,901	Muito alta
Relações Socioprofissionais	0,812	Alta
Condições de Trabalho	0,808	Alta
Análise Salarial	0,784	Alta
Oportunidades de Carreira	0,910	Muito alta
Trabalho e Vida Social	0,567	Baixa
Relevância Social do Trabalho	0,801	Alta
Abordagem Organizacional	0,855	Alta
α do Instrumento	**0,956**	**Muito alta**

Fonte: Autoria própria (2015).

5.1 Análise do Cenário

A partir dos dados profissiográficos foi possível estabelecer um gráfico com o percentual relativo ao nível de escolaridade dos servidores conforme segue na Figura 3. Nota-se que os servidores da instituição apresentam de forma geral um nível de instrução relativamente alto, pois se somarmos os que possuem *Superior Completo* (17%), *Especialização* (24%), *Mestrado* (24%) e *Doutorado* (5%) verifica-se que correspondem a 78% da população analisada.

Figura 3: Nível de Escolaridade.



Fonte: Autoria própria (2015).

5.2 Nível de satisfação com a QVT

O nível de satisfação com a QVT apurado pelo instrumento seguiu a escala apresentada na Figura 2, obtendo os índices discriminados no gráfico apresentado na Figura 4.

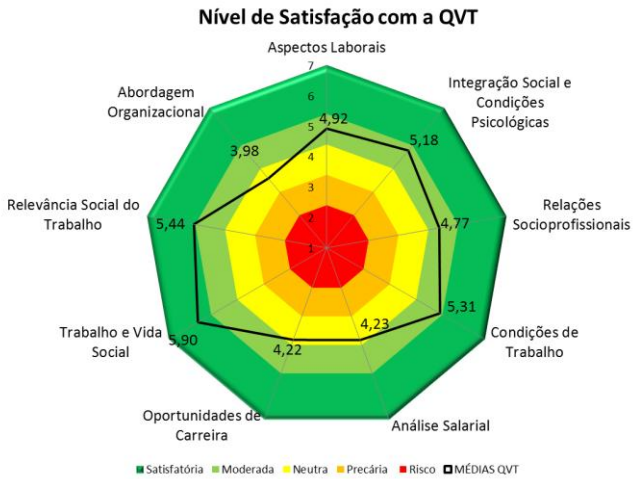
A partir dos índices obtidos pelas médias de cada dimensão foi apurada a média geral para se obter o nível de satisfação total, que foi 4,88. Este valor se situa no intervalo de QVT *Moderada*, conforme escala estabelecida na Figura 2, o que demonstra um bom nível de satisfação por parte dos servidores da instituição. A única dimensão que apresentou QVT *Satisfatória* foi *Trabalho e Vida Social* (5,90), demonstrando alto nível de satisfação neste aspecto. As dimensões *Aspectos Laborais* (4,92), *Integração Social e Condições Psicológicas* (5,18), *Relações Socioprofissionais* (4,77), *Condições de Trabalho* (5,31), *Relevância Social do Trabalho* (5,44) apresentaram QVT *Moderada* assim como o índice geral. Já as dimensões *Análise Salarial* (4,23), *Oportunidades de Carreira* (4,22) e *Abordagem Organizacional* (3,98) receberam os menores índices, mas todos se situaram na escala como QVT *Neutra*, evidenciando que precisam de maior atenção e devem ser tratados como prioridades nas políticas de QVT da instituição. Percebe-se que não houve nenhuma dimensão classificada como QVT em situação *Precária* ou de *Risco.*

Cabe mencionar que a dimensão *Abordagem Organizacional* foi construída com o intuito de englobar aspectos relativos à administração pública que interferem diretamente na percepção de QVT do servidor. Os fatores que compõe esta dimensão são sete, sendo eles: *procedimentos burocráticos, cultura institucional, participação nas decisões organizacionais, clareza e acessibilidade das normas e procedimentos, avaliação de desempenho, conhecimento dos objetivos institucionais, e quantidade de servidores*.

Dentre esses fatores o que contribuiu de forma mais direta para a obtenção do menor índice do questionário foi o de participação nas decisões organizacionais, que individualmente recebeu índice de 3,58. Sendo assim, fica claro que a instituição necessita criar espaços para diálogo e discussão, construindo um processo de gestão participativa.

Diferentemente da gestão convencional, o processo de gestão participativa possibilita um processo de liderança baseado na confiança entre superiores e subordinados, resultando na valorização do potencial humano da organização. Com esse tipo gestão frequentemente surgem ideias e contribuições efetivas para a melhoria e sucesso dos objetivos institucionais, consequentemente a adoção desse tipo de gestão contribuirá também com o aumento no nível de satisfação com a QVT na instituição.

Figura 4: Nível de Satisfação com a QVT.



Fonte: Autoria própria (2015).

VI. CONCLUSÃO

O Instrumento de Avaliação de Qualidade de Vida no Trabalho apresentado no estudo foi elaborado após extensa revisão da literatura científica. Apesar de os modelos anteriores apresentarem confiabilidade comprovada, o proposto apresenta-se com uma abordagem renovada que engloba aspectos socioprofissionais modernos com uma perspectiva voltada também para o serviço público.

Enfim, o instrumento quantitativo estabelecido neste estudo possui características psicométricas satisfatórias para avaliar a QVT dos trabalhadores e mostra-se como uma

ISSN 1809-3957

alternativa eficiente para propor ações de melhoria. Além disso, a identificação dos pontos críticos identificados permitirá que a instituição analisada e outras semelhantes estabeleçam práticas que minimizem o desconforto de um ambiente sem QVT. Como resultado, é possível ter ganhos de produtividade, assim como a prestação de um serviço mais eficiente e eficaz para a sociedade.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANDEIRA, Anselmo A.; OLIVEIRA, Alberto M. S. de. Qualidade de vida no trabalho: compromisso ético das organizações na gestão de pessoas. Cachoeira: **Revista das Faculdades Adventistas da Bahia: vivências e estudos**, v.2, n.1, p.57-70, 2007.

BARCAUI, André; LIMONGI-FRANÇA, Ana C. Estresse, Enfrentamento e Qualidade de Vida: Um Estudo Sobre Gerentes Brasileiros. Rio de Janeiro: **RAC- Revista de Administração Contemporânea**, v. 18, n. 5, p. 670-694. 2014.

CERQUEIRA, Pedro H. A.; FREITAS, Luis C. de; VIEIRA, Giovanni C. Qualidade de Vida dos Profissionais do Setor Madeireiro de Vitória da Conquista - BA. Rio de Janeiro: **Floresta e Ambiente**, v. 20, n.2, p. 231-237. 2013.

CORTINA, Jose M. What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. **Journal of Applied Psychology**, v. 78, p. 98-104. 1993.

DALMORO, Marlon; VIEIRA, Kelmara M. Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: O Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados? Chapecó: **Revista Gestão Organizacional,** v.6, n.3, p.161-174. 2013.

FERNANDES, Eda C. **Qualidade de Vida no Trabalho:** como medir para melhorar. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1996.

FERREIRA, Mário C.; ALVES, Luciana; TOSTES, Natalia. Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) no Serviço Público Federal: O Descompasso entre Problemas e Práticas Gerenciais. Brasília: **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v.25, n.3, p.319-327. 2009.

FERREIRA, Mário C. **Qualidade de Vida no Trabalho**: uma abordagem centrada no olhar dos trabalhadores. 2ª ed, Brasília: Paralelo 15, 2012. 341p.

FLECK, Marcelo P. A. O instrumento de avaliação de qualidade de vida da Organização Mundial da Saúde (WHOQOL-100): características e perspectivas. Rio de Janeiro: **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.5, n.1, p.33-38. 2000.

FREITAS, A. L. P.; RODRIGUES, S. G. **A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach**. In: XII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2005.

FREITAS, André L. P; SOUZA, Rennata G. B de. Um modelo para avaliação da Qualidade de Vida no Trabalho em universidades públicas. Niterói: **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.4, n.2, p.136-154. 2009.

HACKMAN, R.; OLDHAM, G.R. Development of the Job Diagnostic Survey. **Journal of Applied Psychology,** v. 60, n. 2, 159-170, 1975.

LIMONGI-FRANÇA, Ana C**. Indicadores empresariais de qualidade de vida no trabalho:** esforço empresarial e satisfação dos empregados no ambiente de manufatura com certificação ISO 9000. 1996. Tese (Doutorado em Administração), FEA-USP, São Paulo.

LIMONGI-FRANÇA, Ana C. **Qualidade de vida no trabalho - QVT:** Conceitos e práticas nas empresas da sociedade pós-industrial. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PEDROSO, Bruno; PILATTI, Luiz A. Motivação e trabalho: análise do modelo de qualidade de vida no trabalho de Hackman e Oldham. Ponta Grossa**: Revista Brasileira de Qualidade de Vida,** v. 01, n.02, p.08-15. 2009.

PEDROSO, Bruno; PILATTI, Luiz A.; CANTORANI, José R. H. Os elementos do projeto de cargo e a qualidade de vida, no trabalho: analogia do modelo de Werther e Davis. Buenos Aires: **Revista Digital EFDeportes.com**, v.14, n.136. 2009.

PEDROSO, Bruno; PILATTI, Luiz A. **Revisão Literária dos Modelos Clássicos de Avaliação da Qualidade de Vida no Trabalho:** um Debate Necessário. In: Vilarta, R.; Gutierrez, G.L; Monteiro, M.I., Orgs. Qualidade de vida: evolução dos conceitos e práticas no século XXI. Campinas: Ipes; 2010. Cap.21, p.197-206.

PEREIRA, Valéria M.; PEÇANHA, Dóris L. **Qualidade de vida no trabalho: que qualidade?** In: XII SIMPEP- Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2005.

RODRIGUES, Marcus V. C. **Qualidade de Vida no Trabalho:** evolução e análise no nível gerencial. Petrópolis: Editora Vozes, 1999. 206p.

TANG, Wei; CUI, Ying; BABENKO, Oksana. Internal consistency: Do we really know what it is and how to assess it? **Journal of Psychology and Behavioral Science,** v.2, n.2, p.205–220. 2014.

TAVAKOL, Mohsen; DENNICK, Reg. Making sense of Cronbach's alpha. **International Journal of Medical Education**, v.2, p.53-55. 2011.

WALTON, R. E. Quality of working life: what is it? **Sloan Management Review**, v.15, n.1, 1973.

WERTHER, W. B.; DAVIS, K. **Administração de pessoal e recursos humanos.** São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1983.

WESTLEY, W. A. Problems and solutions in the quality of working life. **Human Relations**, v.32, n. 2, p.113-123,1979.

WHOQOL Group. The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): position paper from theWorld Health Organization. **Soc. Sci. Med**., 41, 1403, 1995.

VIII. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

REDUÇÃO DO TEMPO NECESSÁRIO PARA LANÇAMENTO DE UM VEÍCULO COM SUPORTE DE SIMULAÇÃO DIGITAL PARA REALIZAR ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA SUA COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO NACIONAL

GOMES, J. A[1,2].; CORREA, V. A[1,3].; NUNES, L. E. P[1]; GOMES, J. A[1]; LINDGREN, M. R. H. O[1,4]; LINDGREN, P. C. C[1,4]
1 – UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – UNITAU; 2 - FACULDADE ANHANGUERA DE PIRACICABA; 3 – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PINDAMONHANGABA; 4 - ETEP FACULDADES
jansengomes@yahoo.com.br

Resumo ***- Um dos principais objetivos das montadoras a cada lançamento de um novo veículo é a manutenção e incremento das vendas, visto que o mercado automobilístico está cada vez mais acirrado e os países com capacidade produtiva acima das possibilidades de vendas. O uso de ferramentas computacionais permite uma redução de custo e no tempo para desenvolvimento do processo de fabricação do veículo. O objetivo do presente artigo é a verificação dos resultados na prática da utilização de conceito de simulação digital não mais focada no desenvolvimento do processo e sim no desenvolvimento de uma adaptação necessária ao veículo, chamada de Tropicalização, porém sem perder a sinergia com o processo já desenvolvido e implantado em outra planta do grupo. Como resultados serão mostrados significativas reduções de tempo e de custos devido à utilização deste conceito. Para o teste computacional, foram utilizados os softwares comerciais de simulação Catia e Process designer. Com os resultados obtidos pode-se ajudar no futuro, nos novos desenvolvimentos de veículos de novas gerações, as chamadas "maquiagens" que seriam uma modernização de um veículo já existente, onde buscam-se alternativas para diminuição do tempo de lançamento, bem como o estudo de diversas possibilidades de produto para minimizar os impactos financeiros no desenvolvimento posteriormente ao processo implementado.***

Palavras-chave: Simulação digital. Processos. Simulação de processos. Tropicalização.

I. INTRODUÇÃO

Desde que o então presidente Fernando Collor de Melo abriu o mercado automobilístico nacional, a concorrência passou a ficar cada vez mais acirrada, seguindo a tendência mundial que devido aos excessos de capacidade produtiva em diversos países se tornava cada vez mais competitiva.

Segundo Fischer *et al.* (2000), em um mercado altamente acirrado, cada estratégia, cada detalhe não somente ligado diretamente ao produto mas também ao lançamento do produto se torna importante, podendo ser até mesmo decisivo para o sucesso ou fracasso de um veículo.

Com um número elevado de fabricantes de veículos instalados no Brasil, e ainda com a grande oferta de veículos disponíveis no país, mesmo que fabricados em outros países, o mercado nacional se transformou em um cenário competitivo, somado ainda a extensa divulgação pela "Internet" de lançamentos que exibem a tecnologia usada e que se tornam tendência mundial, estratégias para lançamentos de veículos tornam-se atrativos e fundamentais.

Em alguns cenários do setor automotivo, o fator "impacto" é ainda mais forte, como quando um item tem seu *layout* alterado para um novo modelo e as concorrentes também incluem essa alteração em seus lançamentos, fazendo com que o fator impacto seja aproveitado, nem tanto pela empresa que lançou o novo *layout*, mas principalmente pelas que a copiaram.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quando se decide analisar a viabilidade de se nacionalizar um modelo de veículo produzido na Europa existe a necessidade de reutilização do máximo possível do projeto original visando evitar custos de um novo projeto. Porém, existe a necessidade de adaptação do veículo ao mercado brasileiro, o que é conhecido como "Tropicalização", que consiste na adaptação para as condições desse mercado.

Com esse cenário do setor automotivo era necessário desenvolver condições através do conceito fábrica digital (f. d) que promovesse a redução do tempo necessário para adaptação do produto ao mercado nacional e consequentemente reduzir o tempo necessário para lançamento de um veículo.

O conceito f. d. é amplamente utilizado em indústrias do setor automotivo, porém com foco no processo antecipando e consequentemente reduzindo os custos de modificação, entretanto esse conceito não era utilizado rotineiramente no desenvolvimento de produtos.

Conforme Vidal e Kaminski (2005), o conceito de f. d. está sendo cada vez mais utilizado em áreas da Engenharia denominadas Simultânea ou Avançada.

O fato de poder antecipar um problema e consequentemente antecipar uma solução, ou mesmo uma possibilidade de mudança do conceito para que se evite tal situação e por ocorrer ainda na fase inicial de projeto, quando tudo encontra-se em forma digital, reduz drasticamente o custo dessa solução e o prazo para sua implementação.

Um exemplo bem simples e muito utilizado em qualquer discussão nesse sentido é a comparação de relocação de uma torre utilizada para localizar duas peças durante a soldagem. Para se relocar essa torre com o dispositivo já construído são necessárias as passagens pelas seguintes fases:

ISSN 1809-3957

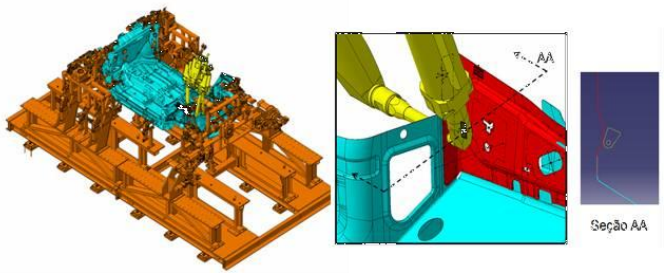
1. Estudo digital;
2. Desenvolvimento e fabricação de um novo conjunto;
3. Reposicionamento do novo conjunto no dispositivo, muitas vezes com o auxilio de equipamentos de medição, seja um braço tridimensional de medição, ou seja, um sistema de laser de medição dependendo do tamanho e acesso a região;
4. Refazer a furação e reposicionamento do novo conjunto, com o auxílio do equipamento de medição.

Herrman *et al.* (2004) já apontava que quanto antes boas decisões forem tomadas melhores serão os resultados, nessa linha, se for detectada a necessidade de mudança de uma torre que sustenta sistemas de fixações principais, que serão a base de medição do dispositivo enquanto este ainda está em fase digital de construção, essa mudança não passa de um simples comando no programa, não superando o prazo de poucas horas.

Nessa fase qualquer modificação realizada no dispositivo ou mesmo no produto gera um impacto muito menor do que se fosse identificado apenas após o início da fabricação, consequentemente gerando menos tempo de modificação e menos custos, além da qualidade do trabalho alcançar um nível muito melhor, pois a medição dos dispositivos é de forma definitiva.

A análise antecipada permite tomada de decisões também antecipadas, o que representa um ganho utilizando sistemas digitais, ou seja, auxílio computacional para essas definições trazem benefícios que impactam principalmente custos, prazos, qualidade, mas também o lançamento do veículo. A Figura 01 mostra uma sequência de fotos de uma análise digital onde foi possível identificar um problema de produto.

Figura 1 – Conceito fábrica digital.



Fonte: Autores (2015).

Conforme Vidal (2006), define-se como planejamento de uma nova instalação:

- definição do conceito que será utilizado para a fabricação do produto;

- os recursos que serão utilizados na manufatura;

- o planejamento e a organização cronológica dos eventos, desde o *layout* conceito, que seria o *layout* típico de cada área, onde após a definição do produto sofrerão alterações devido a geometria e especificações do produto, passando pelo desenvolvimento dos meios e equipamentos, a instalação, testes, ajustes de desempenho e dimensionais, também conhecido como corrida piloto, até possibilitar que se obtenha níveis corretos e aceitos para que a linha seja colocada em funcionamento.

Ainda de acordo com Vidal (2006), associa-se o projeto aos trabalhos que transformam os conceitos em documentações e que permite fabricar os meios e dispositivos que tornarão possíveis a fabricação dos produtos, bem como a definição dos equipamentos, onde estes serão utilizados conforme a definição para cada operação. O *layout* define a distribuição física dos meios e equipamentos no espaço, na sequência que as operações são realizadas. Logo o autor define que gerar toda a documentação, a partir dos estudos, que viabilizam a confecção dos meios é projetar conforme documentação técnica. Possibilita-se ainda, desenvolver e adquirir os equipamentos e, posteriormente, instalá-los. Ao final da instalação e *tryout* de todos os equipamentos atinge-se níveis aceitáveis de produção de forma definitiva.

Segundo Vidal e Kaminski (2005) durante a fase de projeto podem ocorrer alterações no *layout* e mesmo no processo, devido a revisões e alterações no produto para atender tanto legislação como alterações de *design*, e, devido a essas necessidades, uma verificação precoce, permite tomada de ação com menores impactos financeiros e em tempo de implementação. Conforme esse conceito definido pelo autor, caso as modificações ocorram quando as instalações já estiverem em níveis mais avançados, gera-se um alto investimento tanto na área de desenvolvimento de produto quanto em outras áreas que possuem interface com o produto que necessita de alteração.

Alinhado a esse conceito, Silva (2013), afirma que o conceito digital auxilia na tomada de decisão quanto a uma possível modificação no produto, porém a necessidade da tomada de decisão o quanto antes minimiza os impactos no projeto, sejam elas no âmbito financeiro ou mesmo de prazo de entrega. Em determinadas modificações, dependendo do impacto de qualidade que esta modificação pode realizar, é necessário definir a necessidade de uma prática conhecida no Brasil pela palavra inglesa r*ecall*, ou seja, um "chamamento" para os proprietários dos veículos em questão, para que compareçam as concessionárias para realizar as modificações e/ou correções necessárias.

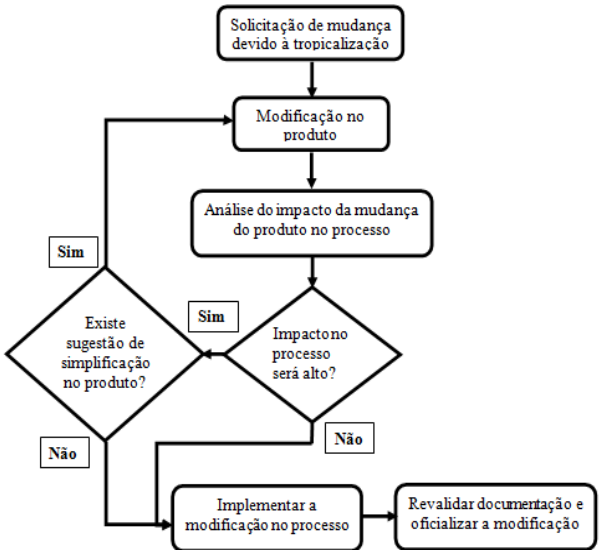
III. MÉTODO – A INFLUÊNCIA DO CONCEITO FÁBRICA DIGITAL NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A metodologia de desenvolvimento do trabalho foi posicionar a engenharia de manufatura mais próxima da engenharia de produto. Com isso compartilhou-se com a engenharia de produto todos os dispositivos envolvidos no processo, assim, as análises das modificações ocorreram de forma simultânea entre as engenharias. Dessa forma, formaram-se pequenos grupos capitaneados por um engenheiro de produto e um engenheiro de manufatura.

A cada modificação necessária conforme a tropicalização, as análises de impacto tanto em processo quanto em produto se deu de forma mais rápida e com impactos menores, visto que o desenvolvimento ocorria em conjunto, logo, caso alguma modificação impactasse de forma muito negativa, soluções eram buscadas entre o grupo para que estes fossem minimizados. A Figura 02 demonstra o fluxo de trabalho implementado para que o trabalho tenha sido desenvolvido.

ISSN 1809-3957

Figura 2 – Fluxograma para tomada de decisões

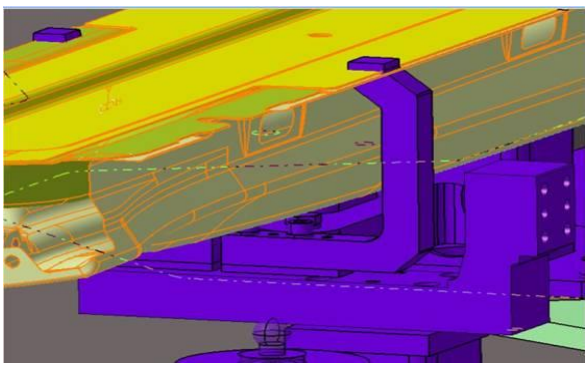


Fonte: Autores (2015).

IV. RESULTADO - CONCEITO DE FÁBRICA DIGITAL IMPLEMENTADO

A Figura 03 mostra uma interferência que foi possível ser identificada durante a fase de projeto pela utilização do conceito de f. d. Devido à necessidade de adaptação do produto, se não ocorresse uma análise digital, ocorreria uma interferência entre o produto e o sistema de fixação de tal forma que seria necessário uma nova medição completa do dispositivo, relocação do sistema de fixação, nova fixação do sistema na base do dispositivo e nova passagem de pinça para validar a solução.

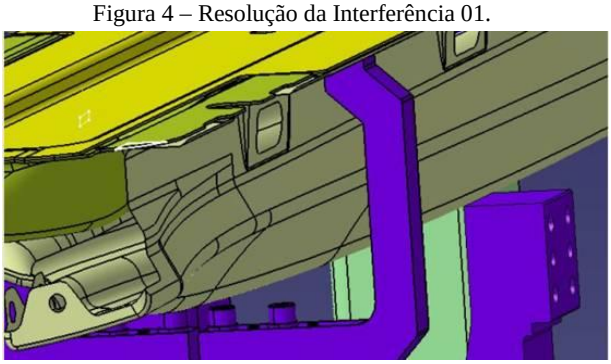
Figura 3 – Interferência 01.



Fonte: Autores (2015)

A Figura 4 mostra a solução da interferência mostrada anteriormente, onde foi possível a identificação da solução e a demonstração de que esta foi relativamente simples, isso porque foi identificada durante a fase de projeto, tornando possível antecipar a solução. Alterou-se o item usinado no detalhamento em 2 dimensões, dessa forma não houve atraso nem aumento do tempo necessário para desenvolvimento, detalhamento em 2 dimensões, construção ou mesmo na fase de passagem de pinça.

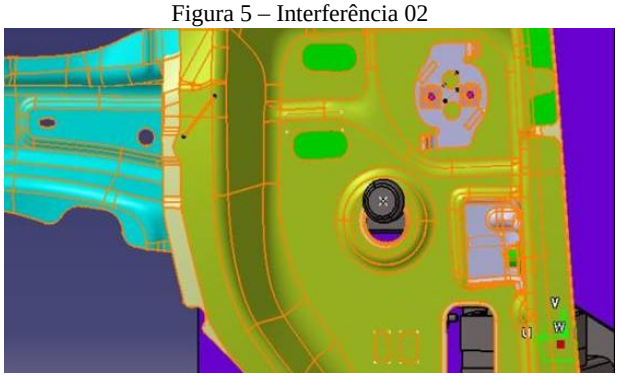
Figura 4 – Resolução da Interferência 01.



Fonte: Autores (2015)

A Figura 5 mostra outra interferência que foi possível ser identificada durante a fase de projeto. Interferência essa que impossibilitaria a montagem das peças, sendo possível a visualização da interferência entre um piloto de posicionamento e um furo de referência utilizada para posicionar a lateral em altura. Tal interferência seria responsável por um atraso de aproximadamente 1 semana, caso fosse identificada apenas no momento de implementação, pois as ações necessárias para correção, com o processo já construído seria de relocação do sistema de posicionamento, nova fixação na base, nova medição completa do dispositivo e nova passagem de pinça para validação da solução.

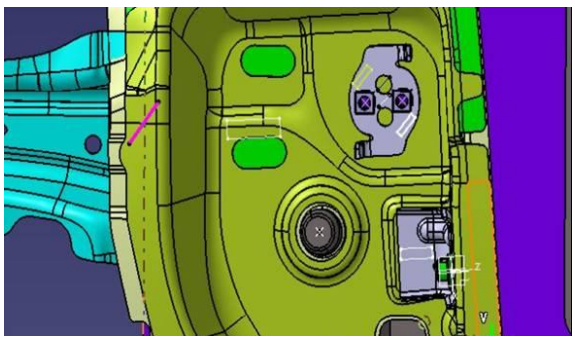
Figura 5 – Interferência 02



Fonte: Autores (2015)

A Figura 6 mostra a solução implementada durante a fase digital, sendo possível a utilização de uma solução direta, evitando a necessidade de retrabalho e perda de tempo e deslocamento de uma equipe para implementar uma solução com o equipamento instalado. A solução foi adaptar o conjunto de fixação do conjunto de posicionamento de forma que este mudasse o posicionamento em altura, evitando assim a interferência.

Figura 6 – Resolução da interferência 02.

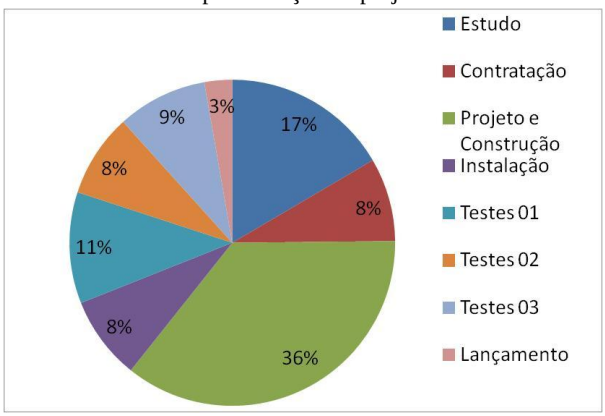


Fonte: Autores (2015).

ISSN 1809-3957

A Figura 7 mostra um graficamente de que forma o tempo é despendido em todo projeto. É composto por fase de responsabilidade direta da montadora e também do fornecedor, pois nessa fase o fornecedor foi nomeado pela equipe de compras e passa a atuar de forma integrada com a equipe da engenharia de manufatura da montadora, logo após tenha sido feita a nomeação dos fornecedores e a reunião de abertura de projeto onde os fornecedores tomam ciência de detalhes do projeto que habilitarão os fornecedores a desenvolverem os trabalhos de forma integrada, como já citado nesse artigo.

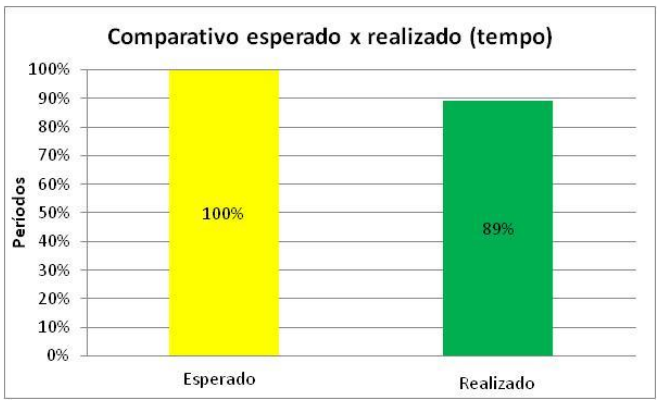
Figura 7 – Gráfico da distribuição do tempo ao longo da implementação do projeto.



Fonte: Autores (2015)

Com a utilização do conceito f. d. foi possível reduzir os impactos da tropicalização, o departamento de engenharia de produto desenvolveu as modificações necessárias com os desenhos da linha de fabricação construída e instalada em outra planta do grupo na Europa que já produz o mesmo modelo realizando assim as modificações conforme necessárias, porém minimizando ao máximo os impactos e necessidades de modificações no processo, conforme pode-se identificar na Figura 8.

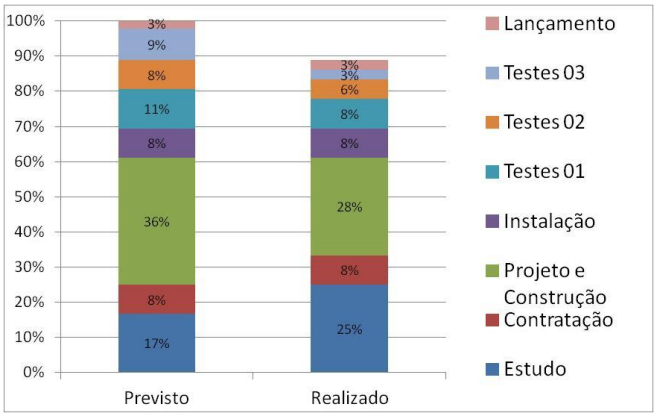
Figura 8 – Comparativo de esperado x realizado (tempo)



Fonte: Autores (2015)

Na Figura 9, são apresentadas as fases com maiores impactos, é possível identificar que mesmo com um acréscimo de tempo na fase de estudo houve a redução de tempo nas fases de construção e testes.

Figura 9 – Comparativo entre esperado e realizado detalhado por fases



Fonte: Autores (2015)

V. CONCLUSÃO

O desenvolvimento e domínio de ferramentas, tecnologia e conceitos existentes na f. d., possibilitam reduzir prazos e formar, efetivamente, um diferencial da empresa, tanto dentro do próprio grupo que ela participa, como frente à concorrência.

No caso deste trabalho a utilização do conceito de fábrica digital como ferramenta para desenvolvimento de produto torna essa etapa mais integrada ao desenvolvimento do projeto como um todo permitindo uma sinergia entre as áreas de forma a desenvolver um projeto mais conciso e estruturado, evitando desenvolvimentos de produto que interfiram diretamente no desenvolvimento da linha de fabricação.

A redução de tempo necessário para lançamento foi demonstrado através do gráfico comparativo e esperado onde foi possível identificar a redução de aproximadamente 11% do tempo total necessário para o desenvolvimento de um projeto desta complexidade, e assim demonstrando suas grandes vantagens frente a concorrência.

Conclui-se que a utilização do conceito de fábrica digital a empresa posiciona-se em destaque dentro da própria organização para sediar um novo projeto ou mesmo para desenvolvê-lo internamente, e também perante ao mercado, pois desenvolveu tecnologia e soluções de implementações que permitiram redução financeira e de prazo.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FISCHER, W.; DANGELMAIER, W. **Produkt- und Anlagenoptimierung – Effiziente Produktentwicklung und Systemauslegung**. Springer. 2000.

HERRMANN, S.; PAULESER, T.; SPAHRER, H.; WAHL, F. Digitale Fabrik: **Die Planungsmethodik „Virtuelle Produktion“. Ingolstadt**: AUDI. p 245-251. 2004.

SILVA, C. L.; **O uso do conceito Fábrica digital e manufatura enxuta para analisar arranjos físicos de produção.** Piracicaba, Brasil, UNIMEP. 2013.

VIDAL, O. C.; KAMINSKI, P. C. **An Example of applying Digital Factory Concept for Body Shop design in the Brazilian automotive industry**. Darmstadt: International PACE Forum Digital Manufacturing. 2005.

ISSN 1809-3957

VIDAL, O. C.; **Aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística**. Tese de Mestrado, São Paulo, 2006.

VII. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

TÉCNICA MULTI-AGENTE PARA CONSTRUÇÃO DE ÁRVORES DE FALHAS E SUA APLICAÇÃO NA COPA DO MUNDO FIFA 2014

FELIPE CORREIA GONÇALVES[1]; CAROLINA DE AZERÊDO AMARO[1]; ISABEL SARTORI[1]; MARCELO EMBIRUÇU[1].
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA)
fc_goncalves@hotmail.com ; carol.amaro@gmail.com; sartori@ufba.br; embirucu@ufba.br

Resumo ***- A análise de árvore de falhas (FTA: Fault Tree Analysis ou Failure Tree Analysis) vem sendo amplamente utilizada desde a sua criação, principalmente no ambiente industrial, por proporcionar conhecimento aprofundado do sistema/ equipamento/ serviço e da sua confiabilidade. Através da sua representação gráfica, a FTA facilita a identificação das causas básicas, partes críticas e da sequência de eventos mais prováveis, além de fundamentar as tomadas de decisão. Entretanto, a aplicação da FTA ainda está restrita às aplicações de alta severidade ou alto risco, que possuem a obrigatoriedade legal de estudos de análise de risco, muito por conta do custo associado à sua implementação. Este artigo visa propor a extensão desta metodologia no intuito de viabilizar a sua aplicação em atividades de baixa ou média severidade, como muitas atividades de prestação de serviços. Sendo assim, as principais técnicas de construção de árvores de falhas foram avaliadas e esta metodologia foi estendida através da proposição da ampliação da equipe multidisciplinar. A proposta de extensão foi baseada no conceito de multi-stakeholders (multi agentes-chave) inserido no paradigma colaborativo da Web 2.0. A metodologia desenvolvida foi utilizada em um estudo de caso da Copa do Mundo FIFA de 2014. A árvore inicial foi construída com base nas recomendações e requisitos técnicos estabelecidos pela FIFA e complementada através das ocorrências de falhas registradas pela mídia digital brasileira durante o evento. Destaca-se que a metodologia proposta apresenta potencial de redução de custos da realização de FTA, alocando os agentes-chave tradicionais na função de moderadores, aumentando assim a viabilidade de sua aplicação no setor de serviços e em outros onde a realização de FTA não é uma obrigação legal.***

Palavras-chave: Análise de Árvore de Falhas. Setor de Serviços. Web 2.0. Copa do Mundo FIFA.

I. INTRODUÇÃO

A Análise de Árvore de Falhas (FTA: Fault Tree Analysis ou Failure Tree Analysis) é uma ferramenta muito importante para a análise de riscos e o gerenciamento da confiabilidade, sendo fortemente aplicada em projetos, montagens, operação e manutenção de plantas industriais, suprimento, logística, entre outros (LEE *et* al., 1985). Sua aplicação abrange tanto os eventos de falha já ocorridos (para investigação sobre o que ocorreu e levantamento de "lições aprendidas") quanto a previsão da probabilidade de ocorrência de falha futura (para fundamentação de tomadas de decisão e construção de alternativas de melhorias para o sistema/ equipamento/ serviço).

É predominante a utilização da FTA nos casos de alta severidade ou alto risco em que a legislação obriga a realização de estudos de análise de risco, tendo sido fortemente aplicada no ambiente industrial desde a sua criação. Entretanto, justificado pelo custo associado à sua implementação, a aplicação da FTA ainda é bastante restrita quando se trata de atividades com severidades menores. Desta forma, este artigo visa apresentar uma proposta de extensão da metodologia de análise de falhas, visando adaptá-la para aplicação em atividades de baixa ou moderada severidade, como, por exemplo, o setor de serviços. A área de serviços possui uma particularidade que a diferencia muito da indústria, que é o fato de que na primeira a quantidade de clientes diretos é muito maior do que na segunda, além do fato que, em geral, os clientes da primeira são pessoas físicas, enquanto na indústria eles são pessoas jurídicas. Desta forma, é mais fácil e natural que exista uma relação mais estreita, às vezes até personalizada na forma, por exemplo, de assistência técnica, entre a equipe de gestão da indústria e seus clientes, que muitas vezes são explicitamente tratados pela indústria como parte de seus stakeholders (partes interessadas ou agentes-chave). Assim, considerando as possíveis situações em que os clientes da indústria participam da construção de suas FTA, para que esta metodologia possa ser estendida ao setor de serviços é necessária a participação da sociedade consumidora do serviço a ser analisado, situação em que justifica-se a utilização do conceito de multi-stakeholders.

No contexto atual, com o avanço do conceito da Web 2.0, proposto por O'Reilly (2005), é possível perceber um aumento na quantidade de softwares (códigos computacionais), aplicativos disponíveis que aproveitam a colaboração do usuário, através da "inteligência coletiva". Paralelo a isso, existe também uma evolução nas tecnologias de hardwares (equipamentos de informática), softwares e de transmissão de dados, proporcionando cada vez mais o acesso à Internet (rede mundial de computadores) através de dispositivos portáveis como tabletes, smartphones (celulares "inteligentes") e outros. Este cenário dinamiza bastante a troca de informações entre usuários, de forma que é cada vez mais comum as pessoas compartilharem suas opiniões e experiências a respeito de produtos ou serviços. Sendo assim, a viabilidade desta extensão metodológica se dá com a participação destes colaboradores que assumem a função de agentes-chave através da utilização de um aplicativo baseado na produção cooperada, para registros das falhas por eles percebidas.

A nova metodologia desenvolvida apresenta, entre outros, os seguintes potenciais benefícios: redução de custos; obtenção de uma ferramenta mais visual; e aproximação do consumidor. Neste trabalho ela foi aplicada

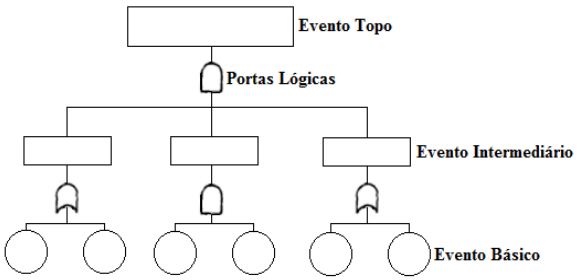
ISSN 1809-3957

a um estudo de caso prático desenvolvido para a Copa do Mundo FIFA de 2014.

II. ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS E SUAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

A Análise de Árvore de Falha, cujos primeiros artigos apresentando o método foram publicados por Watson (1965), recebe este nome devido à aparência de sua representação gráfica semelhante a uma árvore (DELONG, 1970), conforme mostra a Figura 1. Fundamentalmente o método busca traduzir um item (sistema/ equipamento/ serviço) físico em um diagrama lógico estruturado em que certas causas especificadas (eventos básicos e eventos intermediários) levam a um evento topo pré-definido (LEE *et* al., 1985).

Figura 1 - Exemplo de estrutura de FTA.



A FTA oferece diversos benefícios, conforme listados por Lafraia (2001): conhecimento aprofundado do item (sistema/ equipamento/ serviço) analisado; detecção de causas básicas; identificação de partes críticas; identificação de sequência de eventos mais prováveis; e fundamento para tomadas de decisão baseadas em dados quantitativos. Esta ferramenta oferece ainda uma excelente comunicação visual e possibilita interface com outras ferramentas de análise de risco como, por exemplo, o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis, análise dos modos e efeitos de falhas) e o bowtie (método "gravata borboleta").

Para a elaboração deste tipo de análise de maneira efetiva e satisfatória é preciso atentar para dois princípios iniciais de alta relevância: i) a definição direta e objetiva do evento-topo que se deseja evitar; e ii) a delimitação do volume de controle que será abrangido pela aplicação da ferramenta. A observância destes dois princípios garante que o foco e a atenção sejam direcionados para o evento topo que realmente se deseja estudar, bem como evita que o produto da analise seja uma árvore extremamente ampla e com informações subjetivas, superficiais ou distantes do propósito.

Após a definição do item (sistema/ equipamento/ serviço) que será representado em forma de árvore de falhas, bem como a delimitação do volume de controle e a identificação do evento topo, pode-se então desenvolver a FTA em questão.

O processo de desenvolvimento e construção de uma análise de árvore de falhas é geralmente uma atividade complexa e que consome bastante tempo e dinheiro (LEE *et* al., 1985), e algumas técnicas e metodologias têm sido propostas no sentido de auxiliar este processo.

Haasl (1965, apud LEE *et* al., 1985) concebeu uma estrutura que estabelece indicadores para determinar o tipo de porta lógica que deve ser usada, através da análise das entradas para as portas, a fim de se evitar a escolha de uma porta lógica errada.

O processo denominado de "Análise Dedutiva" possui seis etapas (HIXENBAUGH, 1968): 1) definição do evento topo a ser investigado; 2) entendimento do sistema realizando uma reunião de equipe multidisciplinar com conhecimentos na área em questão para listar todas as combinações possíveis de causas básicas que podem levar à ocorrência do evento indesejado através de uma brainstorming (tempestade de ideias); 3) construção da estrutura da FTA; 4) coleta de dados quantitativos; 5) avaliação da probabilidade do evento escolhido no primeiro passo; e 6) análise da saída com auxílio de um computador.

Salem *et* al. (1977), desenvolveram o CAT (Computer Automated Tree, árvore automatizada por computador), que é um código que apresenta uma abordagem geral de programas de computador para modelagem de diversos sistemas, além de gerar uma análise de causa-efeito. Este código se baseia na utilização de tabelas de decisão como componente de modelagem e a árvore de falhas é construída através da ferramenta de procedimento de edição, que inter-relaciona os componentes ou falhas.

Fussell (1973, apud LEE *et* al., 1985) iniciou a construção automatizada das FTA através do "Modelo de Árvore Sintética" (Synthetic Tree Model - STM). O autor primeiramente desenvolveu um código de computador para sistemas elétricos. A ideia por trás do STM é a modelagem de cada dispositivo (componente) do sistema/ equipamento/ serviço por uma função de transferência de falha. Depois, as funções de transferência para os vários componentes são combinadas e editadas para formar a FTA final.

Powers e Tompkins (1974, apud LEE *et* al., 1985) desenvolveram um método de construção de árvores de falhas automatizadas, para sistemas químicos. Eles começaram com a utilização de modelos de entrada e saída para descrever as relações de causa e efeito entre as variáveis locais e os eventos de falha para um único componente de um determinado sistema/ equipamento/ serviço. Esta metodologia foi a primeira a representar o volume de controle em blocos para, em seguida, relacioná-los e combiná-los para formar a FTA.

Lapp e Powers (1977) apresentaram um programa denominado de "Síntese da Árvore de Falhas" (Fault Tree Synthesis - STF). Este programa primeiro gera um gráfico direcionado para a representação do sistema ou equipamento ou serviço em análise e, em seguida, usa um algoritmo de síntese para deduzir a FTA do modelo gráfico gerado inicialmente.

Taylor e Hollo (apud LEE *et* al., 1985) utilizaram modelos de componentes algébricos para a construção de um "Diagrama de Causa-Consequência". Estes instrumentos podem ser utilizados na metodologia de construção de FTA por descreverem melhor a sequência de efeitos dos eventos.

Camarda *et* al. (1978) propuseram um algoritmo eficiente para a construção de FTA a partir do gráfico de confiabilidade para sistemas de grande porte. Estes gráficos geralmente são muito mais fáceis de obter, porque as maneiras em que um item (sistema/ equipamento/ serviço) físico pode operar são muito menores do que as formas em que ele pode falhar.

Embora a aplicação das técnicas de construção de FTA seja primordialmente voltada para a indústria e se caracterize por ser custosa, por consumir o tempo de profissionais especializados com bastante know-how (conhecimento prático) na área de interesse ou por requererem bases computacionais robustas, elas trouxeram

ISSN 1809-3957

grandes avanços para o processo de sua concepção, tornando-o mais preciso e objetivo. Após a construção de uma FTA é possível fazer uma análise qualitativa ou quantitativa da representação gráfica obtida.

A análise qualitativa é uma avaliação lógica das possíveis combinações de eventos que resultem na ocorrência do evento topo. Estas combinações obtidas podem ser denominadas de cortes ou cortes mínimos. Denomina-se corte de uma árvore de falhas qualquer conjunto de eventos cuja ocorrência ou existência, simultânea ou sequenciada, implica na ocorrência do evento topo. Quando um corte for constituído pelo menor número possível de eventos cujas ocorrências simultâneas permitem observar a ocorrência do evento topo da árvore de falha, ele é denominado corte mínimo (MONTEIRO *et* al., 2004). A ordem de um corte mínimo é definida pela quantidade de eventos existentes no seu conjunto, ou seja, pelo o número de eventos pelos quais o corte mínimo é formado. De uma forma geral, a existência de cortes mínimos de primeira ordem em uma determinada FTA pode ser um indicador de baixa confiabilidade, pois significa que existem falhas únicas capazes de causar a falha do sistema. Porém, isto nem sempre é verdadeiro, pois um corte de primeira ordem pode ser constituído por um único evento com baixíssima probabilidade de falha (MONTEIRO *et* al., 2004).

A análise quantitativa, por sua vez, é uma avaliação probabilística que inter-relaciona as probabilidades de falha de cada evento (básicos e intermediários) e estima a probabilidade de ocorrência do evento topo. O "Método Direto" calcula a probabilidade de ocorrência do evento topo a partir de um processo de combinação de funções de probabilidade de cada portão lógico da FTA, de baixo (evento básico) para cima (evento topo). Para a aplicação do "Método Direto", as probabilidades de ocorrência de eventos interligados por um portão "E" devem ser multiplicadas, enquanto as probabilidades de ocorrência de eventos interligados por um portão "OU" devem ser somadas. Isto indica uma analogia a um diagrama de blocos (LAFRAIA, 2001) em que a porta lógica "OU" para uma FTA é análogo a um diagrama de blocos em série, enquanto que a porta lógica "E" é análoga a um diagrama de blocos em paralelo. Outro método que pode ser utilizado para a análise quantitativa é o chamado "Método dos Cortes Mínimos" (LEE *et* al., 1985). Neste método é preciso primeiramente a obtenção de todos os cortes mínimos, de forma que a probabilidade da ocorrência do evento topo é obtida a partir da representação dos cortes mínimos. Ou seja, a probabilidade de ocorrência do evento topo será igual à soma das probabilidades de ocorrência de todos os cortes mínimos existentes. Em seguida é possível identificar a importância de cada corte mínimo, através do cálculo da probabilidade de cada corte mínimo sobre a probabilidade de ocorrência do evento topo, já calculada. Desta forma é possível identificar os cortes mínimos que requerem maior atenção, por representarem pontos fracos do sistema.

III. O PARADIGMA COLABORATIVO DA WEB 2.0

De acordo com O'Reilly (2005) "Web 2.0" é o nome dado para uma nova geração de serviços online (em linha). O conceito para o termo "Web 2.0" foi criado entre os anos 2003 e 2004, mas só se popularizou de fato no ano de 2005 com o artigo de O'Reilly (2005). Este conceito é caracterizado por ter a Web (rede mundial de computadores) como plataforma e por visar o desenvolvimento de softwares aplicativos que aproveitem a rede para se tornarem melhores à medida em que forem utilizados pelas pessoas, aproveitando o que o autor chama de "inteligência coletiva". Complementando este entendimento, Primo (2007) afirma que "a Web 2.0 é a segunda geração de serviços na rede, caracterizada por ampliar as formas de produção cooperada e compartilhamento de informações online". Um exemplo de serviço online que utiliza este paradigma contido no conceito da Web 2.0 é a "Wikipédia", onde o usuário tem a oportunidade de editar ou adicionar informações, contribuindo com o desenvolvimento da enciclopédia através da inteligência coletiva de diversos colaboradores.

Quando a ideologia colaborativa é voltada para processos de tomada de decisão, Miles (2013) destaca a importância de se estabelecer previamente um comitê, formando assim um corpo de partes múltiplas interessadas. Ao projetar um processo de colaboração, deve-se também pré-estabelecer o grau de tomada de decisão colaborativa desejado, a quantidade de recursos que serão necessários e o período de tempo que será necessário, assim como as decisões que serão tomadas. A necessidade de incluir a participação de multi-stakeholders nos processos de tomada de decisão das organizações ocorre devido à dinâmica e à complexidade das organizações e do ambiente no qual estão inseridas, havendo a necessidade de se identificar, avaliar e gerenciar os indivíduos, grupos ou organizações que podem afetar, serem afetados ou terem a percepção de serem afetados por quaisquer decisões, atividades ou resultados de um determinado projeto. Estas entidades podem ser identificadas como stakeholders segundo estudos e definições propostas por Dill (1975) e Freeman (1984). Logo, a produção cooperada ocorrerá com a participação dos multi-stakeholders, que são as múltiplas partes interessadas neste processo, englobando tanto os consumidores finais quanto os indivíduos, grupos ou organizações internas e externas à empresa.

IV. O MÉTODO PROPOSTO

Segundo Birolini (1999), uma falha ocorre quando um item deixa de executar a sua função, e são classificadas de acordo com o modo, causa, efeito e mecanismos. Para este método proposto, será considerado como falha o não cumprimento de qualquer requisito imposto pela norma vigente que regulamente a prestação de serviço analisada ou o não atendimento à necessidade do cliente, sendo exatamente estas normas ou requisitos que iniciam o processo proposto. O primeiro passo consiste em identificar e coletar todas as normas, requisitos ou leis vigentes que regulamentem o serviço em questão, e em paralelo deve-se também coletar as necessidades indicadas pelo cliente.

Após a coleta de requisitos, é necessária a formação do comitê indicado por Miles (2013), alocando agentes-chave, que possuem expertise (especialização, experiência, competência) na área analisada e altas remunerações, apenas na função de moderadores (reduzindo os custos). Este comitê será responsável pela elaboração da FTA teórica ou conceitual baseada nos requisitos coletados e nas necessidades identificadas ou explicitadas pelos clientes. Em seguida, o comitê deverá pré-definir o grau de tomada de decisão colaborativa desejado, o período de tempo que será necessário e como as decisões serão tomadas. Baseado nestas decisões deve-se identificar quais partes da FTA teórica serão apresentadas para os usuários como opções do

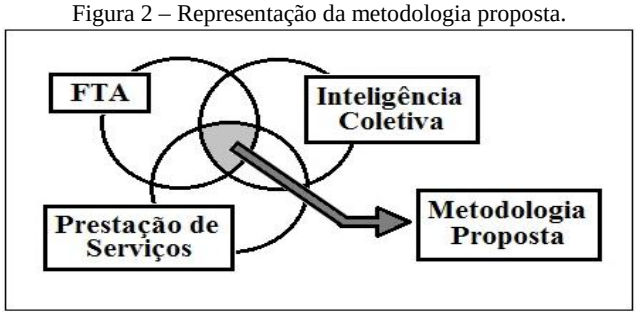
ISSN 1809-3957

formulário de registros. Isto ocorre porque não é interessante que o colaborador enxergue a FTA teórica completa, mas sim apenas as opções de registros diretas e objetivas. Este formulário de opções de registos gerado pelo comitê servirá de base para a elaboração de uma página na web ou um aplicativo para dispositivos móveis que possibilite aos multi-stakeholders registrar as ocorrências das falhas que eles perceberem, alimentando assim a produção cooperada e o compartilhamento de informações.

Periodicamente, até o término do prazo estabelecido previamente, o comitê deve coletar as ocorrências registradas, tratá-las e acionar os eventos da FTA teórica de acordo com cada inconformidade registrada. Desta maneira, a FTA teórica passa a ser uma FTA colaborativa e seus ramos crescem ou são acionados à medida que são geradas novas ocorrências. Desta forma, com a participação de multi-agentes a aplicação da análise de árvore de falhas se torna viável para o setor terciário, já que este possui uma quantidade muito menor de recursos humanos envolvidos na gestão, em comparação com o número de clientes que consumem o serviço oferecido. Esta participação se torna viável com a utilização de um formulário de registros colaborativo, conforme indica uma das diretrizes da "Web 2.0": "visar o desenvolvimento de aplicativos que aproveitem a rede para se tornarem melhores à medida que forem utilizados pelas pessoas, aproveitando a inteligência coletiva" (O'REILLY, 2005). Assim, a empresa prestadora de serviço que deseje aplicar esta metodologia deve disponibilizar uma página na web ou um aplicativo para smartphones e tabletes que possibilite ao usuário registrar ocorrência de falhas.

Dentre os possíveis benefícios desta metodologia, destaca-se: potencial de redução de custos no processo de construção da FTA; viabilização da aplicação desta ferramenta para empresas prestadoras de serviços; obtenção de uma descrição mais visual, facilitando o entendimento dos requisitos como um todo; possibilidade de realização de análise quantitativa partindo do histórico gerado pelos registros; aproximação dos consumidores; e fundamentos para tomadas de decisão mais direcionadas a satisfazer as necessidades dos clientes. A Figura 2 representa de maneira estruturada a concepção do método proposta.

Figura 2 – Representação da metodologia proposta.



V. APLICAÇÃO E RESULTADOS

O método proposto foi aplicado na Copa do Mundo FIFA Brasil 2014, com a FTA teórica sendo desenvolvida baseada na norma vigente que regulamenta estádios de futebol destinados a sediar jogos da Copa do Mundo FIFA (BOTTA *et* al., 2011). Após a aplicação do método, a FTA colaborativa foi gerada e é apresentada na Figura 3 (anexo).

O nível um da FTA é o evento topo, e em seguida estão os eventos de nível dois. Os eventos do nível três não estão representados em círculos pelo fato de não se tratarem de eventos básicos. Cada evento deste nível possui especificações mais detalhadas, porém elas não foram contempladas neste artigo. Sendo assim, os itens do nível três estão identificados adicionalmente com losangos, indicando que são eventos "não desenvolvidos" neste momento. O posicionamento da simbologia segue a estrutura apresentada por Rausand (2004).

Os eventos que estão destacados em cinza constituem o formulário de registro, ou seja, foram estes itens que apareceram como opções de registro para o usuário. Os requisitos relacionados à Sustentabilidade Ambiental são indicados pela FIFA dentro do item referente ao Programa Gol Verde (situado no nível 3, abaixo do item de Falhas de Decisões na fase de Pré-Construção). Porém, para a elaboração do formulário este item ganhou destaque e foi alocado no nível 2 devido à importância do tema no cenário atual. A FIFA, inclusive, recomenda expressamente a necessidade da obtenção da certificação LEED (Leadership in Energy Efficient Design, liderança em projeto de energia eficiente) por parte das arenas, tanto para construção quanto para operação e manutenção, sendo esta uma das grandes mudanças nos requisitos da quarta para a quinta edição, conforme discutido em Gonçalves *et* al. (2015). Os itens do nível 3 (abaixo de Falha com os Espectadores), que também foram contemplados no formulário de opções de registro, foram escolhidos por estarem relacionados a requisitos mais perceptíveis aos usuários, por estarem diretamente ligados a eles. Isto de fato se confirmou, visto que estes itens receberam registros de ocorrência por parte dos usuários.

As ocorrências de falhas foram registradas através do aplicativo "ArenaSQuaRe" (em referência às palavras segurança, qualidade e confiabilidade em língua inglesa: safety, quality e reliability), ferramenta de registro desenvolvida pelo PROTEC (Processos e Tecnologia), grupo de pesquisa da Universidade Federal da Bahia (UFBA) ao qual os autores deste trabalho estão vinculados. A ferramenta ArenaSQuaRe (aplicativo disponibilizado para smartphones e versão web) promoveu a facilidade no monitoramento de ocorrências de não conformidades percebidas. Os dados registrados são armazenados e tratados, formando assim um banco de dados (PROTEC, 2015). Deste banco de dados foram selecionados os registros de usuários que leram ocorrência de alguma falha publicada em algum meio de comunicação da mídia. O período de observação se iniciou com o início das obras para a Copa do Mundo FIFA e se estendeu até o dia da final do evento (13/07/2015).

Dentre os eventos com os maiores números de ocorrências registradas destacam-se: "Falhas de decisão na fase de pré-construção" (com 24 registros); "Falha de segurança física e patrimonial" (com 21 registros); e "Falha nos estandes de vendas de mercadorias" (com 12 registros). O primeiro evento foi bastante acionado pelas inúmeras ocorrências na fase de pré-construção ou reforma das arenas, tais como: acidentes do trabalho; acidentes com morte de operários; atraso na entrega de obras; superfaturamento. Já o item referente à segurança foi amplamente registrado devido às ocorrências de invasão de campo, invasão de arenas (por exemplo, invasão do Maracanã por torcedores chilenos sem ingressos), agressões, furtos, entre outras. O item referente aos estandes de venda de mercadorias foi motivado, entre outros, por: filas; mau atendimento; qualidade dos produtos ou alimentos vendidos; prática de preços abusivos.

ISSN 1809-3957

Por fim, destaca-se que é viável, caso seja necessário, utilizar mais de uma norma para a elaboração da FTA teórica, compondo assim uma árvore mais ampla. Por exemplo, no item relacionado à Sustentabilidade Ambiental, a FIFA recomenda expressamente a certificação LEED. Assim, este evento pode gerar novas ramificações a partir da leitura e entendimento dos requisitos desta certificação. Além disso, caso se ofereça a opção "Outros" no software de registro, pode-se obter informações a respeito de itens que a norma vigente não aborda, mas os clientes enxergam como falha. A realização de análise quantitativa pode ser realizada na FTA colaborativa a partir do histórico de registros gerado e do cálculo de suas respectivas probabilidades de ocorrência.

VI. CONCLUSÃO

A proposta apresentada viabiliza a extensão da metodologia da análise de árvore de falhas para aplicação em domínios menos regulados (em geral por apresentarem severidade moderada ou baixa), como o setor terciário por exemplo. A proposta de extensão é baseada na ideia de se construir uma FTA teórica a partir do requisito vigente que regulamenta o evento topo. Baseado no contexto da sociedade atual, em que cada vez mais as pessoas estão participando das redes sociais, expondo pontos de vista e opiniões (paradigma da inteligência coletiva da "Web 2.0"), a FTA pode ter seus eventos acionados através de ocorrências de falhas registradas por múltiplas partes interessadas (múltiplos agentes-chave ou multi-stakeholders). Parte dos multi-stakeholders é composta pelos consumidores finais que têm aumentado as suas exigências com relação à segurança das pessoas e dos patrimônios, à qualidade de serviços prestados e à preservação do meio ambiente. Sendo assim, as empresas prestadoras de serviços precisam conhecer muito bem as leis e normas que regulamentam o serviço que prestam, bem como as necessidades extrínsecas e intrínsecas dos seus clientes, para que possam melhorar a qualidade dos seus serviços e, consequentemente, agradar e fidelizar o consumidor.

A metodologia proposta apresenta potencial de redução de custos no processo de construção da FTA, já que os especialistas (pessoas que possuem expertise na área analisada e elevadas remunerações) que são tradicionalmente alocados como agentes-chave podem ficar alocados apenas na função de moderadores, economizando o H/H (homem/hora) desprendido. Estes profissionais passam a formar um comitê responsável por pré-estabelecer o grau de tomada de decisão colaborativa desejado, a quantidade de recursos e o intervalo de tempo que serão necessários, bem como quais as decisões serão tomadas. Além disso, a empresa prestadora de serviço poderá usufruir de todos os benefícios que uma FTA oferece, desde a obtenção de uma ferramenta mais visual até a elaboração de uma análise quantitativa.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIROLINI, A., **Reliability engineering: theory and practice**, 3 ed., Springer, 1999.

BOTTA, C., *et al.*. **Estádios de Futebol – Recomendações e Exigências Técnicas**. 5ª Edição. Fedération Internationale de Football Association, 2011.

CAMARDA, P., *et. al*, A. **An Efficient Simple Algorithm for Fault Tree Automatic Synthesis from the Reliability Graph**. Web of Science. IEEE Transactions on Reliability, Vol R-27, NO. 3, 1978.

DELONG, T.. **A Fault Tree Manual**. Texas A&M University. 1970.

DILL, W. **Public participation in corporate planning: Strategic management in a Kibitzer's world**. Long Range Planning , 8(1), 5763. 1975.

FREEMAN, R. E. **Strategic Management: a Stakeholder Approach**. Boston: P itman . New York: Cambridge University Press. 1984.

GONÇALVES, F., NARCISO, M., SARTORI, I. , EMBIRUÇU, M**. Evolução dos Requisitos Técnicos para estádios da Copa do Mundo FIFA de Futebol a partir da Análise de Árvore de Falhas**.Relatório Interno UFBa 2015.

HIXENBAUGH, A. **Fault Tree for Safety**. Boeing Aerospace Company Research and Engineering Division. Seattle, Washington. 1968.

LAFRAIA, J. R. B., **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade**, Qualymark, RJ, 2001.

LAPP, S., *et al.* **Computer-aided Synthesis of Fault-trees**. Web of Science. IEEE Transactions on Reliability, 1977.

LEE, W., *et al*.. **Fault Tree Analysis, Methods, and Applications - A Review**. Web of Science. IEEE Transactions on Reliability, Vol. R-34, NO. 3, 1985.

MILES, J.. **Designing collaborative processes for adaptive management: four structures for multistakeholder collaboration**. Ecology & Society. 2013.

MONTEIRO, G, *et al*..**Metodologia Para Análise de Risco / Confiabilidade da Interação entre os Sistemas de potência elétrica de automação em plataformas de produção**. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás . 2004.

O'REILLY, T.. **What Is Web 2.0 - Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software**. O'Reilly Publishing, 2005.

PRIMO, A. **O aspecto relacional das interações na Web 2.0**. Revista da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação. 2007.

RAUSAND, M. A. **System Reliability Theory: models, Statistical Methods, and Applications**. Wiley-Interscience, 2a ed. New Jersey, Estados Unidos da América, 664p, 2004.

SALEM, S., *et al*...**A new Methodology for the Computer-aided construction of Fault Trees**. Web of Science. Annals of Nuclear Energy, Vol. 4, pp. 417 to 433.1977.

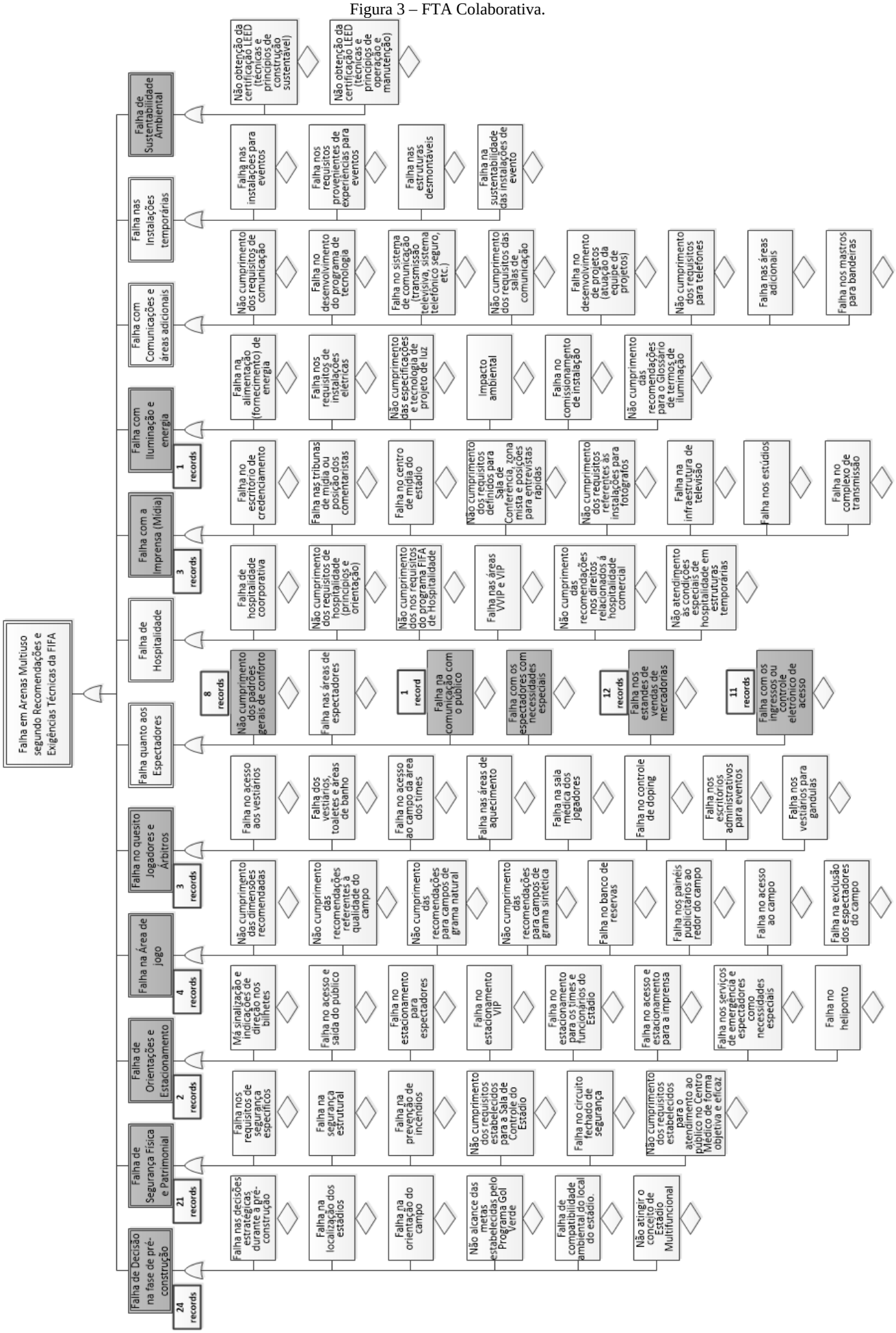
PROTEC. **SQuaRe – Safety Quality Reliability**. Disponível em: <www.square.ufba.br>. Acesso em: 18 jun. 2014.

VIII. COPYRIGHT

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

ANEXO

Figura 3 – FTA Colaborativa.



ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

UMA ANÁLISE DE CUSTO ENTRE O USO DE UM NAVIO DE PASSAGEIROS COMPARATIVAMENTE AO TRANSPORTE PÚBLICO RODOVIÁRIO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

SUZANE CRUZ DE AQUINO[1]; ALAN MONTEIRO BORGES[2]; MARIA EMÍLIA DE LIMA TOSTES [1]; HITO BRAGA DE MORAES [2]
1 – PPGEE/UFPA; 2 – PPGEN/UFPA
1su.aquino@gmail.com

Resumo *- Este artigo propõe as dimensões de um navio de passageiros confeccionado em alumínio para atender a um trecho da região metropolitana de Belém do Pará, mostrando ainda um comparativo com as linhas de ônibus que atendem a área escolhida, relacionando preço, distância percorrida, tempo e conforto para os passageiros; e uma análise das emissões anuais de gases poluentes à atmosfera para ambos os casos através do software RETScreen. As localidades estabelecidas como únicas paradas foram o distrito de Icoaraci e a ilha de Outeiro, partindo da maior feira a céu aberto da América Latina, o Ver-o-Peso. De acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Icoaraci conta com uma população de 167.035 habitantes, além de ser uma importante região turística através da exposição de cerâmicas indígenas, com sua orla banhada pela baía do Guajará e seu polo gastronômico composto principalmente pela culinária paraense. Outeiro, por sua vez, com cerca de 80 mil habitantes, é um dos destinos mais populares entre os veranistas que moram na capital do Pará, sendo bastante procurado não somente aos finais de semana de férias, mas durante o ano todo, justificando a importância de ambas as paradas atendidas pelo navio proposto. Este artigo tem como objetivo fazer um estudo comparativo entre os transportes públicos dos tipos hidroviário e rodoviário em distâncias relativamente pequenas, analisando aspectos econômicos, sociais e ambientais a fim de mostrar o potencial hidroviário da região Amazônica.*

Palavras-chave: *Desenvolvimento local. Transporte na Amazônia. Análise de emissões.*

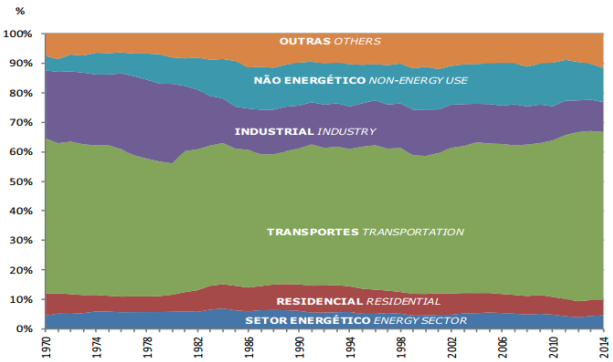
I. INTRODUÇÃO

O transporte hidroviário de passageiros é um serviço público. O Art. 10 da resolução n°912 de 23 de novembro de 2007, da ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários), declara que a empresa autorizada de executar o serviço tem a obrigação de agir de acordo com as características próprias de operação, normas e regulamentos pertinentes de forma a satisfazer requisitos de regularidade, eficiência, segurança, atendimento ao interesse público, generalidade, pontualidade, conforto, cortesia na prestação dos serviços, modicidade nas tarifas e fretes e preservação do meio ambiente. Portanto, é necessário desenvolver um sistema tarifário e operacional que se adeque a realidade regional se tornando um grande passo para o planejamento do transporte hidroviário interior na Amazônia e elemento decisivo para a implantação de políticas econômicas e sociais que alcancem a população separada pelo rio.

No Brasil, algumas cidades apresentam sistemas de transporte hidroviários urbanos conhecidos, como é o caso do Rio de Janeiro (RJ), Santos (SP) e Salvador (BA). Na Amazônia, destaca-se a cidade de Belém (PA) que, por sua porção de ilhas utiliza intensamente o transporte fluvial de travessia, ocorrendo espontaneamente com pouca participação do poder público, sendo predominantemente operado pela iniciativa privada em forma de cooperativa ou mesmo individualmente (SOBENA, 2012).

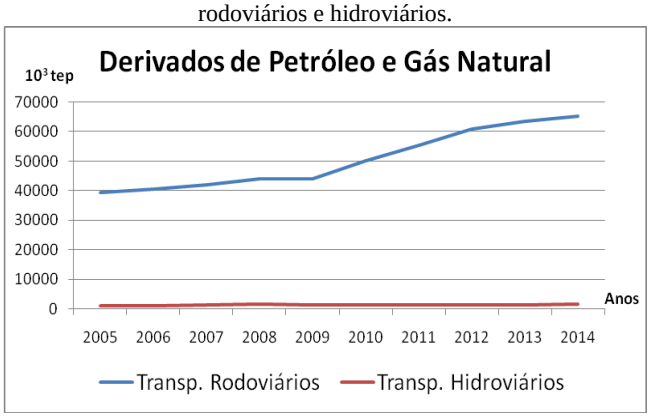
Outro aspecto muito importante a ser levado em consideração é o impacto ambiental dos transportes como grandes agentes emissores de gases do efeito estufa na atmosfera. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2015), o setor de transportes compôs 56,9% do consumo de derivados de petróleo no ano de 2014, como mostra o Figura 1, e esta evolução foi discriminada entre os transportes rodoviários e hidroviários no Figura 2.

Figura 1 – Composição setorial do consumo de derivados de petróleo.



Fonte: BEM, 2015.

Figura 2 – Consumo de derivados de petróleo dos transportes rodoviários e hidroviários.



Fonte: BEM, 2015.

ISSN 1809-3957

É neste contexto que este artigo trata da realidade da região amazônica, representada pela Região Metropolitana de Belém (RMB), retratando seu potencial hidroviário.

II. ESTUDO DE CASO

Outeiro ou Ilha das Barreiras, nomes atribuídos ao Distrito ao longo desses anos, possui uma área de 111.395 Km^2 e uma população em torno de 80 mil habitantes, distribuídos em sete bairros. A sua posição geográfica, de frente para a Baía de Santo Antônio, lhe permite uma fisiografia com sete praias - Brasília, Prainha, dos Artistas, Grande, do Amor, Ponta do Barro Branco e Água Boa, o que lhe confere a condição de balneário mais próximo da área central de Belém, apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Ilha de Outeiro.

A Ilha de Outeiro é, em sua maioria, residida por pessoas de classe média baixa que dependem do transporte urbano por ônibus para se locomover ao centro de Belém. As viagens para a Ilha são predominantemente por via terrestre através de três linhas de ônibus regulares que operam no Distrito. Todavia o transporte público rodoviário não é satisfatório e não atende a demanda, sendo assim, o transporte alternativo por vans e micro-ônibus comumente utilizado pela população residente para complementar a necessidade de deslocamento. O preço da passagem custa R$ 2,70 no ônibus convencional e no transporte alternativo. Existe um pequeno atracadouro no bairro de Brasília, onde são feitas viagens de travessia para Icoaraci conforme Figura 4.

Figura 4 –Infraestrutura de atracação em Outeiro

A. PROBLEMÁTICA

Um dos grandes problemas encarados pela população na atualidade, em relação à mobilidade urbana, são os congestionamentos de trânsito. A RMB em especial, vive um caos diário devido a esse problema que está crescendo a cada ano ocasionado pelo aumento na frota de veículos. Conforme pesquisa do DETRAN (2008) circulavam 235.159 veículos na RMB, esse número aumentou para 400.451 ainda no primeiro semestre de 2015. Segundo o mesmo órgão, em 2021 teremos 1 milhão de veículos circulando na RMB e a velocidade média do trânsito na RMB vai cair de 40km/h para 20km/h.

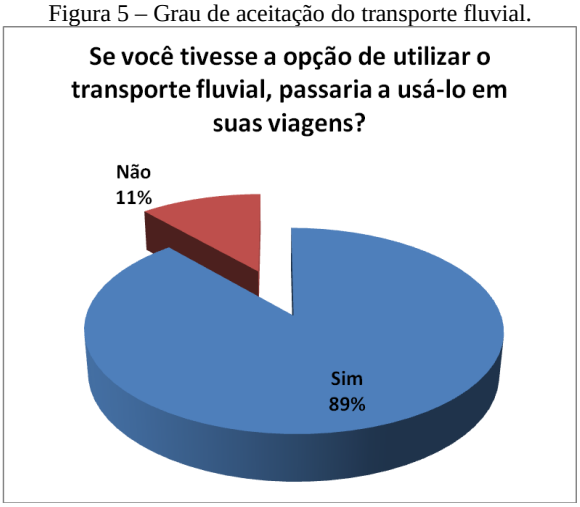
O transporte hidroviário de passageiros experimentou um longo período de declínio, mas vem reagindo, recentemente, através da revisão de seus procedimentos operacionais, em especial a diminuição do seu tempo de viagem, o que tem envolvido investimentos para a redução dos tempos de embarque, desembarque e deslocamento na hidrovia. Assim os investimentos no modal hidroviário e suas tecnologias são importantes tanto para que "desafogue" as vias urbanas quanto na perspectiva do desenvolvimento sustentável aplicado à região Amazônica.

B. PESQUISA DE CAMPO

Para avaliar as condições atuais do transporte da linha em estudo, bem como identificar o desejo do usuário por um transporte público mais eficiente, viável economicamente e seguro, tendo por meta a aceitação do transporte hidroviário no contexto do dia a dia dos moradores da ilha foi realizada uma pesquisa de campo, cuja metodologia consiste na recuperação de dados de preferência revelada, ou seja, as escolhas observadas dos viajantes obtidos na forma de questionário. Os principais questionamentos foram a respeito da opinião desses entrevistados sobre a implantação de uma linha de transporte feito por barco ligando Belém a Outeiro.

Os entrevistados consideram ser importante a implantação de uma linha de barco Belém - Outeiro, onde quase 90% afirma que passaria a usar a linha fluvial se houvesse a opção. A pesquisa apontou que 47% da população afirma que o transporte seria mais confortável e 33% que seria mais rápido, comparativamente ao modal rodoviário, estando dispostos a pagar até R$ 4,00 pela passa Os principais resultados são mostrados nas Figuras 5,6 e 7.

Figura 5 – Grau de aceitação do transporte fluvial.



ISSN 1809-3957

Figura 6 – O que mudaria nas suas viagens de barco.

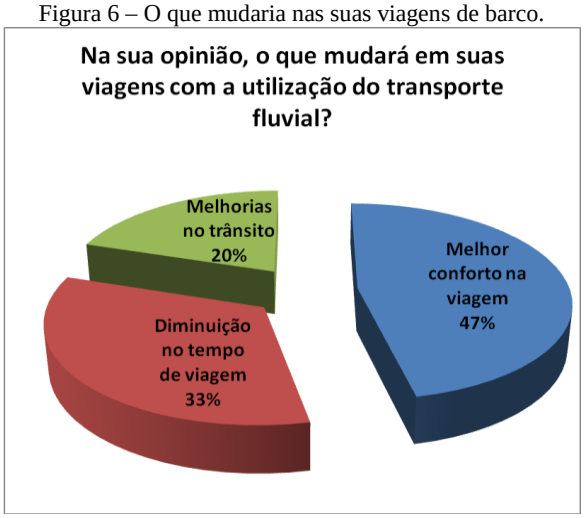
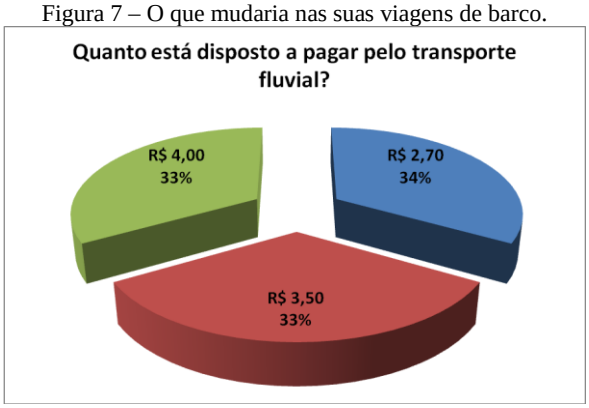


Figura 7 – O que mudaria nas suas viagens de barco.

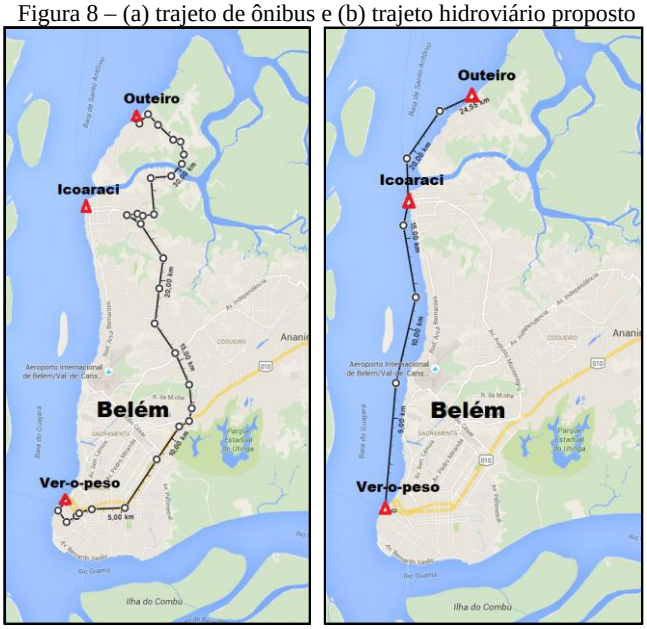


C. NAVIO PROPOSTO

Para o calculo das dimensões de um navio faz-se necessária a analise de vários parâmetros iniciais, como o fluxo diário de passageiros na rota estipulada, a distância percorrida, o número de escalas, etc.

A distância a ser percorrida em um sentido é de 25 km, a taxa de ocupação média da embarcação adotada foi de 70% e o tempo de viagem desejado é inferior a 60 minutos.

Figura 8 – (a) trajeto de ônibus e (b) trajeto hidroviário proposto



(a) **(b)**

Para a proposta de navio de passageiros considerou-se a linha partindo do Ver-o-Peso e chegada em Outeiro, com somente uma parada no Distrito de Icoaraci. A Figura 8 apresenta os dois trajetos: (a) rodoviário de algumas linhas de ônibus hoje existentes e (b) a trajetória hidroviária proposta.

Deste modo, considerando que são dez as linhas de ônibus que percorrem os principais corredores que levam à ilha até o centro de Belém, Avenida Augusto Montenegro e Avenida Almirante Barroso, estima-se o fluxo diário de passageiros em torno de 34.000 passageiros por sentido.

Conhecendo a demanda diária, 34.000 passageiros/dia, e o headway (intervalo de tempo entre cada ônibus), 15 minutos, calcula-se a capacidade do navio, conforme a equação 1.

$$Capacidade_{Navio} = Headway_{(dia)} \times Demanda_{(pax/dia)} \qquad (1)$$

A capacidade do navio para este caso é, então, de 354 passageiros.

O número de tripulantes da linha hidroviária urbana Outeiro → Icoaraci → Ver-o-peso foi estipulado em 8 profissionais, o tempo de parada nos terminais de origem e destino admitido é de 10 minutos e o tempo de parada na escala também é de 10 minutos.

Os parâmetros da embarcação, tais como comprimento, boca, calad, entre outros foram estimados de acordo com a capacidade do navio adotado, 354 passageiros e podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensionamento preliminar da embarcação.

Capacidade de passageiros	354
Peso dos passageiros (t)	30,345
Capacidade de carga (t)	178,35
Deslocamento total (t)	278,58
Comprimento (m)	58,22
Boca total (m)	10,30
Boca de um casco (m)	5,84
Calado (m)	1,94
Pontal (m)	2,42
Peso leve (t)	69,87
Peso do alumínio (t)	69,54
Número cúbico	14,55
Coeficiente de bloco	0,23
Seção mestra (m²)	20,06
Velocidade de serviço (nós)	25
Peso – Propulsão (t)	0,33

O tempo total calculado da viagem nos trechos de ida e volta é em torno de 74,79 minutos, ou seja, 1,25 horas, com estimativa de 10 minutos para o embarque e desembarque nas paradas. O número de viagens anuais seria, então, de 6.353,38 voltas, para o total 4 embarcações, partindo uma da origem e uma do destino simultaneamente, sendo seguidas pelas outras duas cada 15 minutos.

A partir destes parâmetros calculou-se o custo de capital, que compreende basicamente o capital investido na construção da embarcação multiplicado pelas taxas e encargos anuais, inflação e vida útil. Este custo de construção pode ser subdividido em custo de estrutura, de equipamentos e de máquinas.

Para o caso do casco tipo catamarã, Karayannis (1999) fornece resultados bastante confiáveis tanto no aspecto de estimativa de custo de construção, como na estimativa de

ISSN 1809-3957

custos do sistema de propulsão, fornecendo os principais itens e estimativas de custos, que podem ser observados nas Tabela 2 e 3.

Tabela 2 – Estimativa de custos iniciais.

Itens de Custo	Valor com Encargos (R$)
Inst. Propulsoras	969,352.62
Material direto	345,412.94
Mão-de-obra	206,932.62
Outras despesas	49,711.10
Despesas Indiretas	165,703.67
Lucro	767,760.32
Equip. Auxiliares	701,364.51
Acabamentos	551,072.12
Acessórios	300,584.79
Valor Total	**4.057.894,69**

Tabela 3 – Estimativa de custos operacionais.

Itens de Custo	Valor com Encargos (R$)
Custo anual de capital	543,352.10
Custo annual com combustível	110,680,686.07
Custo annual de reparos	162,315.79
Custo annual da tripulação	141,461.76
Custo anual de seguro	64,926.32
Custo de administração	11,161,016.28
Encargos	12,277,117.91
Valor Total	**135.030.876,23**

Nos dados operacionais, os custos com combustivel representam 81,96% do valor total, influenciando diretamente o valor final da passagem por passageiro em **R$ 3,87**/pax, ou seja, R$ 0,11/pax/km percorrido.

III. RESULTADOS ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS

Para a análise econômica e ambiental, o software RETScreen foi utilizado com base na quantidade de combustivel por passageiro em ambos os modais.

Para o modal rodoviário, os valores adotados foram:

- Número de passageiros sentados: 46 pax, somente passageiros sentados.
- Quantidade de combustível por km rodado: 5 km/L
- Preço do combustível: R$ 3,00/L

Assim, como a viagem pelo trajeto rodoviário percorre 35 km, o consumo de diesel por passageiro a cada viagem de ônibus é estimado em 3,60 L/pax/viagem.

Paralelamente, o custo de combustivel calculado para a vida útil de 20 anos do navio proposto foi de R$ 110.680.686,07, para um navio de 357 passageiros, partindo a cada 15 minutos, com uma frota total de 4 navios e o custo do combustível a R$ 3,00/L. Desta forma, o consumo de diesel por passageiro por viagem calculado foi de 0,95 L/pax/viagem.

Em uma análise primordial, observa-se o consumo de combustível por passageiro do modal rodoviário mais do que 3,5 vezes maior do que o consumo de combustível do modal aquaviário.

A análise do software RETScreen é diretamente focada nos motores utilizados nos modais. Os motores dos ônibus adotados na análise são de 250 cv, ou seja, 246,58 hp e os motores dos navios propostos são de 13.498.42 hp, no entanto, cada navio comporta 7,76 vezes a quantidade de passageiros que um ônibus urbano. Assim, para o estudo no RETScreen foram adotados 7 ônibus para um navio proposto. A Tabela 4 mostra a janela do software RETScreen referente aos motores estudados.

Tabela 4 – Dados dos motores - RETScreen

Tipo	Unidades	Caso Referência	Caso Proposto
Motor		Eficiência Nominal	Eficiência Máxima
Capacidade	hp	250	13.498
Eficiência – Plena carga	%	95,3	98,9
Fator de Carga	%	100	**1,9**
Velocidade – Plena carga	Rev./min	2200	2200
Tipo de Carga		Padrão	
Eficiência – Condições de operação	%	**92,2**	**11,6**
Carga do eixo do motor	hp	**250**	**250**
Horas de operação	h/d	15	15
Custo inicial incremental	R$		4.057.895
Economia de O&M incremental	R$		-
Número de motores		7	1
Demanda de eletricidade	MWh	**7.500**	**1.032**

Os dados de entrada no software foram o tipo de motor, de eficiência máxima para o caso proposto e de eficiência nominal para o caso referência, a capacidade do motor, em hp, o fator de carga para o caso referência, a velocidade em plena carga, o tipo de carga, as horas de operação, o custo incremental e o número de motores.

Os dados de retorno do software estão em negrito na Tabela 4 e são o fator de carga do caso proposto, a eficiência nas condições de operação, a carga do eixo do motor e a demanda de eletricidade.

Para o caso referência, ou seja, 7 ônibus, o consumo de combustível equivale a 7.500,1 MWh, custando anualmente R$ 11.400.179,00. Para o caso proposto, ou seja, o navio sugerido consimiria 1.032,4 MWh com o custo anual de R$ 1.569.315,00.

A economia de combustível é, portanto, de 86,2% e a redução anual líquida de emissões de gases do efeito estufa é de 561,2 tCO2, o equivalente a 103 carros não utilizados.

IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma proposta ao modal rodoviário através de um navio de passageiros com capacidade de 357 passageiros, comandado por 8 tripulantes. O trajeto rodoviário dos ônibus existentes na Região metrolopitana de Belém ligando a ilha de Outeiro e

ISSN 1809-3957

Icoaraci eram num total de 10 linhas. Foi considerado que cada ônibus comportaria 46 passageiros por viagem, a motores de 250 cv, consumindo cerca de 175 L/viagem, sendo o combustível (diesel) a R$ 3,00/L

O navio proposto teria 58,22 m de comprimento, boca total de 10,30 m, calado de 1,94 m e pontal de 2,42 m; e o custo incremental deste navio seria de R$ 4.057.894,69. O navio proposto teria uma vida útil de 20 anos, com custos de operação de R$ 135.030.876,23, onde 81,96% deste valor seria destivado ao custo do combustível diesel.

Foi feita uma pesquisa de campo para descobrir a importância do modal aquaviário para os usuários. A pesquisa relevou que quase 90% da população entrevistada achou ser importante a opção fluvial para o transporte na Região Metropolitana de Belém e o usaria caso houvesse esta opção. A pesquisa também mostrou que a população afirma que o modal aquaviário traria melhorias no transito e congestinamento na capital paraense e nas condições da viagem, além de diminuir o tempo da viagem (de 1h e 30 minutos a 2h o trecho), estando dispostos a pagar até R$ 4,00 pela tarifa fluvial.

Os cálculos realizados na embarcação proposta estimou o tempo do trajeto completo da embarcação, de ida e volta, em 1h e 15 minutos, metade do tempo hoje experimentados pela população pelo modal rodoviário. No entanto, a tarifa da embarcação seria fixada em R$ 3,87/pax, enquanto a concorrente rodoviária cobra, atualmente, R$ 2,70.

As análises ambientais pelo sotware RETScreen também mostrou a vantagem do navio em relação aos ônibus. A implementação de um navio atenderia a lotação de cerca de 7 ônibus de passageiros sentados. A redução de gases de efeito estufa seria de 561,2 tCO2, ou seja, 103 carros de 5 lugares não utilizados por ano.

Entretanto, os ônibus reais não são lotados somente com o número mínimo de passageiros sentados. A lotação total é em torno do dobro por conta dos passageiros que viajam os 35 km em pé, o que diminui o consumo de combustível do modal rodoviário, mesmo que os passageiros trafeguem em condições nada confortáveis. As normas navais não permitem que passageiros no modal aquaviário viagem em pé, onde a lotação de passageiros sentados é também a lotação total.

Assim, a embarcação com as dimensões apresentadas seria mais eficaz quando se trata em tempo de viagem, melhores condições de transporte e emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, representando uma boa opção para o desafogamento do transito na capital paraense. Todavia, representaria um custo maior para o passageiro com uma tarifa 43,33% maior.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARUSO, José Mário. **Controle de Velocidade de um MIT Tracionando um Veículo Elétrico**. Taubaté, 2007.

DETRAN. **Transito na Região Metropolitana de Belém**. Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Transito. Belém, 2013

KARAYANNIS, T.m et al. Design Data for High-Speed Vessels, **Fifth International Conference on Fast Sea Transportation. Seatle**, 1999.

SOBENA, Demanda Potencial de Integração de Travessias Fluviais com o Transporte Urbano em Belém, 24º **Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore**. Rio de Janeiro, 2012.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH POTENCIALMENTE BACTERICIDA

ERBERELI, R.[1,2]; CESAR, R.[1,3]; NETTO, A. M.[1]; ROLLO, J. M. D. A.[1]
1 - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO; 2 - FACULDADE ANHANGUERA – UNIDADE: MATÃO; 3 - UNIARA
erbereli@yahoo.com.br

Resumo - O aço inoxidável martensítico do tipo 17-4 PH é formado por cobre e endurecido por precipitação. O presente estudo avaliou o potencial bactericida do material na condição de tratamento térmico de envelhecimento por precipitação e contagem de células, expresso em porcentagem de redução de unidades formadoras de colônia por mililitros, observadas nas condições de monocultivo das bacterias nosocominais Staphylococcus aureus e Escherichia coli. Pela técnica de dilatometria, aqueceu o material até a temperatura de 1040°C atingindo a completa homogeneização, com tempo de encharque de 1 hora e resfriamento em ar até a temperatura de 25°C. Os ciclos térmicos de envelhecimento iniciados com o aço no estado recozido por solubilização, a temperatura de 25°C até 620°C com tempos de envelhecimento de 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas, obteve-se um material com estrutura martensítica de dureza média de 36 HRC. As reações de envelhecimento por precipitação formaram uma fase sub-microscópica rica em cobre, elevando a resistência mecânica do aço e melhora na distribuição do elemento cobre na matriz. As transformações de fase e o comportamento do aço inoxidável por dilatometria foram analisadas pelas técnicas de microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura, difratometria de raio-X e microdureza Vickers das fases. A caracterização microestrutural do material com tempo de 3 horas foi a mais efetiva em relação à distribuição dos átomos de cobre. Os testes de aderência em vitro de biofilmes sobre a superfície do aço controle AISI-304 e do aço inoxidável 17-4 PH formado pelas bactérias Staphylococcus aureus e Escherichia coli apresentaram uma redução de porcentagem de unidades formadoras de colônias de 77,6% e 78,4% respectivamente, indicando em primeira aproximação, a possível propriedade bactericida deste material.

Palavras-chave: Aço inoxidável 17-4 PH. Envelhecimento por precipitação. Precipitado de cobre. Dilatometria. Biofilmes.

I. INTRODUÇÃO

O aço inoxidável martensítico 17-4 PH contém aproximadamente 3,5% em peso de cobre, e é endurecido por precipitação devido à formação de uma fase sub-microscópica rica em cobre. Na literatura revelou-se que os tratamentos térmicos de envelhecimento por precipitação iniciam-se com recozimento por solubilização do cobre, responsável pelo endurecimento do material (MARTIN, 1998). Aços inoxidáveis endurecidos por precipitação foram desenvolvidos na década de 1940, e tornaram-se cada vez mais importantes na fabricação de equipamentos hospitalares e cirúrgicos, devido às suas propriedades como alta dureza, boa ductibilidade, resistência à corrosão e fácil fabricação, o que justifica ao material um alto valor agregado (MARTIN, 1998)(MMPDS, 2003).

As infecções hospitalares são problemas de suma importância na saúde pública em função das taxas significativas de morbidade, mortalidade e dos custos financeiros. O principal fator de risco associado, é a infecção e a colonização por bactérias nosocominais potencialmente patogênicas em biofilmes, como por exemplo, a *Staphylococcus aureus* multi-resistentes (MRSA) e a *Escherichia coli* (HALEY; CULVER, 1985) (PITTET; TARARA; WENZEL, 1994) (LEON-ROSALES; MACÍAS, 2004). Biofilmes são comunidades de microrganismos que vivem em superfícies. A formação de biofilme tem recebido muita atenção na última década, uma vez que, virtualmente, todos os tipos de bactérias podem formá-lo, podendo ser o modo mais comum de existência bactericida na natureza (KARATAN; WATNICK, 2009).

O presente estudo avaliou o potencial bactericida do aço 17-4 PH por conter cobre na formação do filme passivo do aço (CASEY, et al, 2009). Vários estudos tem mostrado a eficácia do cobre como agente bactericida (DEANE; MILLS; HAMEL, 1970) (SUNADA; WATANABE; HASHIMOTO, 2003). Desta forma, a expectativa de ter um material de fácil manufatura, baixo custo e que tenha aplicabilidade em ambiente hospitalar como ferramental cirúrgico, mobiliários, maçanetas, grades para camas, torneiras, botões de chamada, aparelhos para uso intravenoso, dispersadores, lavatórios, assentos de privada, tanques, estações de trabalho, entre outros; somada ao aumento da demanda comercial do aço 17-4 PH.

II. PROCEDIMENTOS

Os aços 17-4 PH e AISI-304 fornecidos pelo Grupo Metal (Tietê, São Paulo) possuem composições químicas cuja porcentagem em peso dos elementos está representada na Tabela 1. Estes aços podem ser desenvolvidos a partir dos aços austeníticos clássicos 18-8. No caso dos aços martensíticos, as principais modificações foram à redução do teor de níquel e a adição de outros elementos (principalmente cobre) para promover o aparecimento de precipitados ricos deste elemento.

A caracterização microestrutural foi realizada por microscopia ótica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectrometria de energia dispersiva (EDS), difratometria de raios-X (DRX) e microdureza Vickers.

ISSN 1809-3957

Tabela 1: composição química do aço 17-4 PH usado na investigação

	Aços	
	17-4-PH	**AISI-304**
%C	0,07 máx	0,07 máx
%Cr	15,0 a 17,0	17,5 a 19,5
%Ni	3,0 a 5,0	8,0 a 10,5
%Cu	3,0 a 5,0	-
%Mo	0,6 máx	-
%S	0,03 máx	0,03
%Nb+Ta	0,45 máx	-

Foi utilizado o microscópio ótico de luz polarizada, fabricado pela Leica, modelo Leitz DMRX, utilizando aumento de 500X e reagente químico Villela, onde foi observada a morfologia das fases presentes após o tratamento térmico. O microscópio eletrônico de varredura Zeiss Leo 440, gera imagens por elétrons retro-espalhados utilizando o detector Four Quadrant Backscattered Electron Detector Type 400 e com EDS acoplado do tipo EDX Link Analytical, (Isis System Series 200), com detector de SiLi Pentafet, janela ultrafina ATW II, de resolução de 133eV a 5,9keV. Utilizou-se padrão de CO para calibração, feixe de elétron de 20 kV, distância focal de 25 mm, *dead time* de ~30%, corrente de 2,82ª, I probe de 950pA, e área de (20x20)µm. Na difratometria de raio-x utilizou-se o equipamento Siemens (German) com potência de 40kV e 40mA, radiação K-alfa de cobre e comprimento de onde de λ=1.54056Å, ângulo θ/2 θ de 40° à 100°, passo 0,05° de 5 segundos cada, utilizando o software EVA para analisar os resultados. Para ensaio de microdureza Vickers utilizou-se um indentador de diamante (HV) Leica, modelo VMHTMOT.

As dimensões dos corpos de prova para os ensaios de dilatometria foram de 10x30 mm, com ciclo térmico a uma taxa de aquecimento 10ºC/s até a temperatura de 1040°C, mantendo essa temperatura até a completa homogeneização, com tempo de encharque de 1 hora e resfriamento em ar até a temperatura de 25°C. Nos ciclos térmicos de envelhecimento, impôs-se a taxa de aquecimento 10ºC/s desde 25°C até a temperatura de 620ºC e manteve-se em tempos que variaram entre 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas. Os ciclos foram reproduzidos pelos equipamentos dilatômetros de procedência Netzsch DIL 402C e DT1000 Adamel lhomarg e os testes foram realizados segundo norma ASTM-2006 (ASTM, 2006).

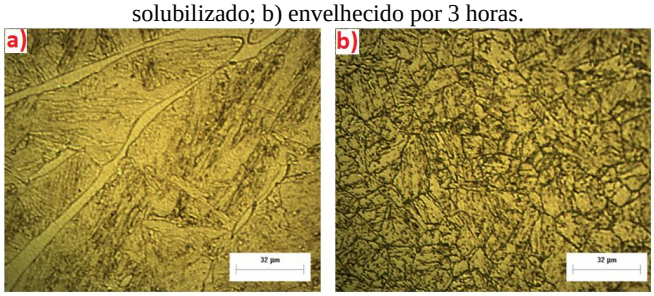
A contagem das unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/ml) das cepas diluídas seguiram a instruções do Bacteriological Analytical Manual (BAM) (FENG, *et al*., 2002), (BENNETT, LANCETTE, 2001), que apresenta os procedimentos laboratoriais indicados pela FDA (*U.S. Food and Drug Admnistration*) para análise microbiológica, possibilitando a análise de formação ou não de biofilmes geradas pelas bactérias nosocominais *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. A porcentagem de redução (PR) foi determinada comparando a quantidade de UFC/ml do controle com a quantidade de UFC/ml expostas ao aço 14-7 PH, conforme a expressão 1:

$$PR = \frac{UFC_{controle} - UFC_{14-7PH}}{UFC_{controle}} \quad (1)$$

III. RESULTADOS

A análise por MO do aço 17-4 PH após tratamento térmico de recozimento para solubilização e resfriamento ao ar apresenta uma estrutura martensítica com fase ferrítica e contornos de grãos de austenita prior (Figura 1a). O ciclo térmico de envelhecimento por 3 horas na temperatura de 620°C conduziu o material a uma estrutura martensítica com grãos de austenita prior refinados. A aparência metalográfica do aço envelhecido por 3 horas (Figura 1b) apresentou uma descrição qualitativa semelhante das fases presentes oriundas dos tratamentos de envelhecimentos realizados.

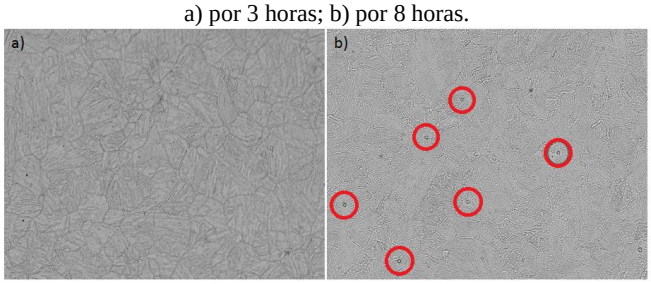
Figura 1 - Imagens obtidas do aço inoxidável (500x): a) solubilizado; b) envelhecido por 3 horas.



Fonte: Autores, 2015.

Nas análises por MEV, escolheu-se as imagens com tempo de envelhecimento de 3 e 8 horas para representar as amostras, de acordo com a Figura 2.

Figura 2 - Imagens de MEV do aço 17-4 PH envelhecido (1500x): a) por 3 horas; b) por 8 horas.



Fonte: Autores, 2015.

A Figura 2b apresenta precipitados identificados nos pontos brancos (em destaques circulados). O elemento mais pesado é identificado por retro-espalhamento como sendo mais claro. Foram avaliados por analise pontual por EDS e identificados como precipitados ricos em Nióbio (Tabela 2).

A Figura 2 revela também contornos do grão da austenita prior, confirmado por análise pontual por EDS (Tabela 3).

A composição química da matriz também foi avaliada por EDS com relação à porcentagem em peso do cobre, objetivando observar a distribuição desse elemento na matriz. A área utilizada para tal análise foi de 20x20µm. As análises de tratamento térmico por porcentagem-peso de cobre estão representadas na Tabela 4, não ocorrendo variações apreciáveis na composição química deste elemento. A porcentagem em peso do elemento cobre na matriz variou entre 3,06 – 3,83 dentro do erro previsto pelo equipamento que é de 0,5%.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 - Análise do precipitado branco em porcentagem de peso e atômica.

Elemento	Tipo Espect.	%Peso	%Atômica
CrK	ED	10,10	13.43
FeK	ED	37,39	46,29
NiK	ED	1,78	2,10
CuK	ED	1,25	1,36
NbK	ED	49,47	36,82
Total	ED	100,00	100,00

Tabela 3 - Análise pontual da fase mais clara em porcentagem de peso e atômica.

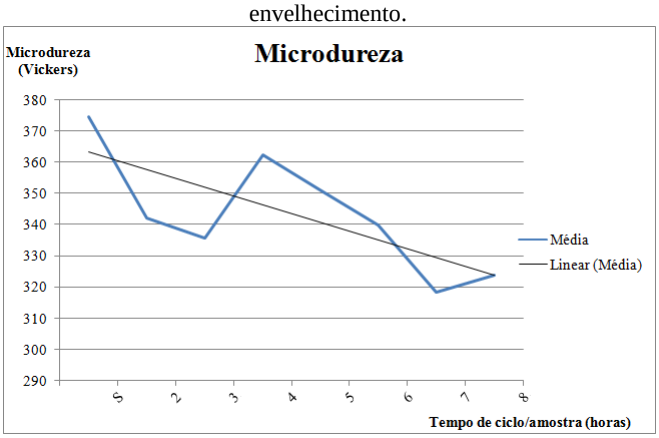
Elemento	Tipo Espect.	%Peso	%Atômica
SiK	ED	0,50	0,98
CrK	ED	16,29	17,31
FeK	ED	74,93	74,14
NiK	ED	4,99	4,70
CuK	ED	3,29	2,86
Total	ED	100,00	100,00

Tabela 4 - Porcentagem em peso do elemento cobre na matriz em função do tempo de envelhecimento.

Amostra	Solubilizado
%Cu	3,31
2 h	3,14
3 h	3,06
4 h	3,28
5 h	3,83
6 h	3,38
7 h	3,46
8 h	3,16

A análise dos valores médios obtidos pelos ensaios de microdureza Vickers demonstra uma queda da microdureza com o aumento do tempo de tratamento térmico de envelhecimento. (Figura 3).

Figura 3 - Valores médios de dureza em Vickers x tempo de envelhecimento.

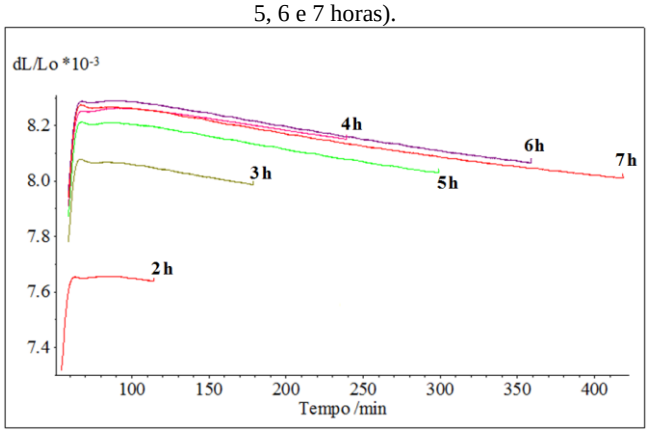


Fonte: Autores, 2015.

O valor da microdureza decresce conforme o tempo de permanência em 620°C aumenta, devido à formação de fases sub-microscópicas rica do elemento cobre (PICKERING, 1978), tornando-o progressivamente dúctil, porém não significativamente, portanto, ainda considerado uma material de engenharia.

Nos ensaios dilatométricos as amostras foram referenciadas pelo seu tempo total de envelhecimento de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas (Figura 4).

Figura 4 - Dilatogramas dos seis ciclos de envelhecimento (2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas).

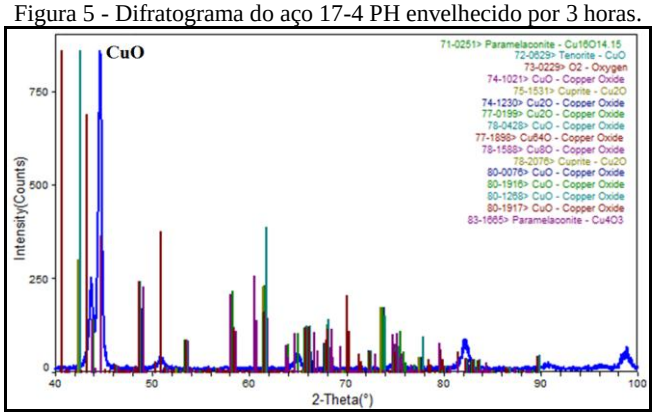


Autores, 2015.

A análise dos dilatogramas correspondentes aos ciclos térmicos de envelhecimento, representam comportamentos semelhantes, com valores dos coeficientes de dilatação térmica (dL/L_0) decrescendo em função do tempo, indicando a precipitação da fase sub-microscópica rica do elemento cobre.

O difratograma representado pela figura 5 apresenta um pico característico de formação de cristais sub-microscópicos finamente dispersos de óxido de cobre (CuO) (PADILHA, 1997)

Figura 5 - Difratograma do aço 17-4 PH envelhecido por 3 horas.



Fonte: Autores, 2015.

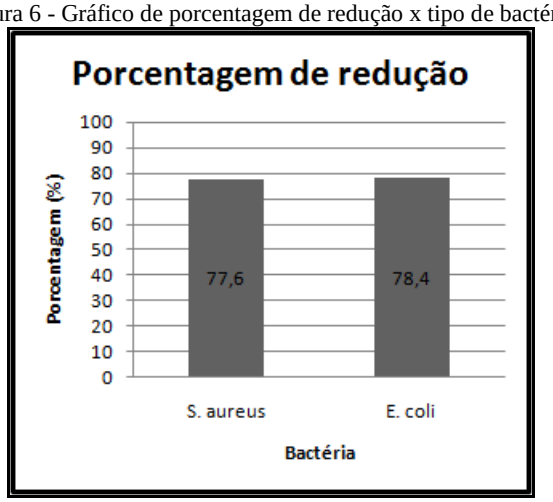
Derivado dos resultados das caracterizações metalográficas das microestruturas, o ciclo térmico: recozimento para solubilização (1040°C), resfriamento ao ar e envelhecimento por 3 horas, indicou as melhores condições de superfície para o efeito bactericida.

As PRs das UFC geradas pelo aço 17-4 PH envelhecido por 3 horas para cada bactéria está representado na figura 6:

Ambas as bactérias apresentaram uma alta PR, sendo 77,6% para a *Staphylococcus aureus*, bactéria gram-positiva, e 78,4% para a *Escherichia coli*, bactéria gram-negativa, indicando a tendência do aço inoxidável martensítico 17-4 PH ter menor aderência bacteriana que o material de controle nos dois casos, porém maiores determinações deverão ser feitas visando à efetividade da adesão inicial de bactérias nosocominais no aço em estudo.

ISSN 1809-3957

Figura 6 - Gráfico de porcentagem de redução x tipo de bactéria.



Fonte: Autores, 2015.

IV. CONCLUSÃO

As aparências fotomicrográficas sugerem que o tratamento térmico de envelhecimento por 3 horas realizado após o tratamento térmico de solubilização eliminou a presença da fase indesejada (ferrita) e é o indicado para promover a formação de um filme passivo rico do elemento cobre e distribuído uniformemente na superfície do aço inoxidável martensítico 17-4 PH.

O aço inoxidável exibe uma estrutura martensítica mas não com alta dureza (36HRC) e a microscopia ótica obtida dos produtos de recozimento para solubilização e de envelhecimento por precipitação não representam a martensita clássica ou a estrutura da martensita revenida, entretanto o foco do estudo foi obter uma estrutura sub-microscópica da fase rica em cobre dispersa homogeniamente na estrutura martensítica num estágio superenvelhecido do material, gerando a formação de um filme passivo rico do elemento (HSIAO, CHIOU, YANG, 2002).

Houve uma menor aderência bacteriana de biofilme no aço 17-4 PH em relação ao material de controle em ambas as amostras, indicando a potencialidade antibactericidade deste material (ANDRADE; BRIDGEMAN; ZOTOLLA, 1998) (WIRTANEN; HUSMARK; MATTILA-SANDHOLM, 1996).

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, N. J.; Bridgeman, T. A.; Zotolla, E. A. Bacteriocidal activity of sanitizers against Enterococcus faecium attached to stainless steel as determined by plate count and impedance methods. **Journal of Food Protection**, v. 61, n. 7, p. 833-838, 1998.

American Society For Testing and Materials (ASTM) **E0228-06**, 2006.

Bennett, R. W. Lancette, A. G., ***Staphylococcus aureus.*** **Bacteriological Analytical Manual**, U.S. Food and Drug Administration, Chapter 12, 2001.

Casey, A.L., et al., **Role of copper in reducing hospital environment contamination**. J Hosp Infect (2009), doi:10.1016/j.jhin.2009.08.018, 2009.

Deane, R.S., E.L. Mills, and A.J. Hamel, Antibacterial action of copper in respiratory therapy apparatus. **CHEST Journal**. 58(4): p. 373-377, 1970.

Feng, P., Weagant, S.D., Grant, M.A., Burkhardt, W. **Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. Bacteriological Analytical Manual**, U.S. Food and Drug Administration, Chapter 4, 2002.

Haley RW, Culver DH. The nationwide nosocomial infection rate: a new need for vital statistic. **Am J Epidemol**; 121:159, 1985.

Hsiao, C.N., Chiou, C.D.; Yang, J.R., Aging reactions in a 17-4-PH stainless steel, **Materials Chemistry and Physics**, v 74, n 2, p 134-142, 2002.

Karatan E, Watnick P., Signals, Regulatory Networks, and Materials That Build and Break Bacterial Biofilms, **Microbiol Mol Biol Rev**. 73(2):310-47. doi: 10.1128/MMBR.00041-08, 2009.

Martin, J. W. **Precipitation hardening**. II Edition, Butterworth-Heinemann, 1998.

Metallic Materials Properties Development and Standardization (MMPDS), **Office of Aviation Research** Washington, D.C. 20591, 2003.

Padilha, A. F. Sólidos Parcialmente Cristalinos. In: F., P. A. (Ed.). **Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades**. 1. Curitiba: Hemus, cap. 12, p.213-222, 1997.

Pickering, F. B. The 12%Cr Stainless steels. In: PICKERING, F. B.. **Physical metallurgy and the design of steels.** Inglaterra: Applied Science Publishers Ltd, P. 163-182,165, 1978.

Pittet D, Tarara D, Wenzel RP. **Nosocomial bloodstream infection in critical ill patients, excess length of stay, extra coast, and attributable mortality**. JAMA; 271:1598-601, 1994.

Ponce de Leon-Rosales S, Macías AE. **Global perspectives of infection control.** In. Wenzel, RP. editor. Prevention and control and nosocomial infections. 4th.ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p.14-39, 2004.

Sunada, K., T. Watanabe, and K. Hashimoto, Bactericidal Activity of Copper-Deposited TiO2 Thin Film under Weak UV Light Illumination. **Environmental Science & Technology**. 37(20): p. 4785-4789, 2003.

Wirtanen, G.; Husmark, U.; Mattila-Sandholm, T. Microbial evaluation of the biotransfer potencial from surfaces with Bacillus biofilms after rinsing and cleaning procedures in closed food-processing systems. **Journal of Food Protection**, v. 59, n. 7, p. 727-733, 1996.

VI. COPYRIGHT

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

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

NETWORK HARDWARE REVIEW FOR A LOCATION SYSTEM

LUIZ ALBERTO QUEIROZ CORDOVIL JÚNIOR[1,2]; MOISÉS PEREIRA BASTOS[1]; ANA CAROLINA OLIVEIRA LIMA[2,3]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS; 2 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS; 3 – CENTRO UNIVERSITÁRIO NILTON LINS
luiz_cordovil@hotmail.com

Abstract - Although some wireless technologies present application of industrial nature, generally used for real-time process variables monitoring, as well as data transmission in personal networks (PANS), like tablets, smartphones and laptops, other ways of use it outside these areas have been developed by researchers when it comes to detection networks, as a finder. This work is a survey of the characteristics of the main wireless technologies like ZigBee®, Bluetooth® and Wi-Fi®, relating operation and applications, when it comes to estimation of a point location. Here is highlighted each technology performance when they are employed at indoor environments, presenting descriptive and comparative studies, pointing out properties such as signal power, operating frequency and mainly range, which are considered important factors, according to the related publications about the subject, based on a bibliographic review.

Key-words: Wireless Technology. Wi-fi®. ZigBee®. Bluetooth®. Point Location.

I. INTRODUCTION

Wireless network has become a relevant technology, when remote activities analysis or execution have to be performed, such as, real time monitoring, data measurement, positioning, localization and control tools in general.

These activities generally involve data or message transmission and reception, which indicate and quantify some control variable depending on the process or system.

The use of wireless networks provides a way where system information can transit in a network with a common goal. In this context, much work has been done, aiming to evaluate which network hardware provides better operation conditions, as well as high performance and high reliability of the network.

In this work, we consider the necessity of evaluating a wireless network for a location system. In many applications, the position of a target (which can be a person, a machine, a vehicle etc) is one of the most important context information that can be used to construct a displacement profile; in other words, the goal of using these networks is intrinsic to the environment and user behavior and dynamics. (Harter et al., 2008).

Being more specific, Radio Frequency technologies are widespread in the wireless network usage, providing a varied portfolio of systems and standards, each one with its own characteristics.

The topics that have to be observed in this work are related to baud rate, range and interoperability, where all of these are related to the location. Based in these aspects, the following communication standards will be studied:

i) IEEE 802.11: Wi-Fi.

ii) IEEE 802.15.1: *Bluetooth*

iii) IEEE 802.15.4/ZigBee

II. WIRELESS NETWORK: CHARACTERISTICS AND APPLICATION

2.1 Wi-fi: IEEE 802.11

According to Rodrigues (2008), the first system based in radio frequency to perform location was the wireless Ethernet. This technology was developed so it could contribute with local wireless networks in various environments, offering a support for moving or static location elements, from a series of techniques, such as triangulation.

This type of network uses radio bearers for communication. The data is modulated and transmitted by electromagnetic waves. A positive point to list is that even though there are many radio bearers, one does not interfere in the other, since the receptor only tunes to a specific frequency. This is really important when dealing with location, and good position estimation are required.

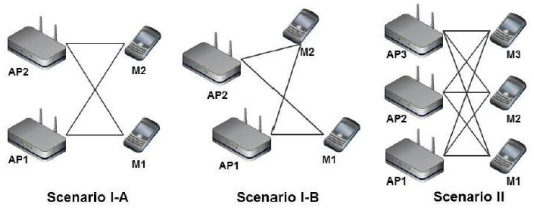
It is known that the quality of a network depends a lot on the environment where it is inserted and on the peripherals used in order to guarantee a higher performance. Based on this assumption, it is possible to use these networks on indoor and outdoor environments.

In contemporary literature, there are many works related to indoor environments location, with some variations in the location method. However, this is not the goal of this work.

Chintalapudi, et al. (2010) presents a location system for mobile devices that have the Wi-Fi technology and (Figure 1). The authors begin with a building location, pointing out three assumptions: i) The existence of enough access points (APs); ii) All users have a device with Wi-Fi module; iii) All the devices can obtain a fixed location based on another location system, such as GPS.

ISSN 1809-3957

Figure 1- Location estimation scheme of a moving point, from an access point.



The assumption i) points out that the more APs in an area, the bigger is the coverage, providing a higher possibility of success, as opposed to environmental infrastructure. The assumption ii) points out the fact that not only mobile devices such as cell phones, tablets etc, but target objects must be equipped with Wi-Fi module or with some other electronic device that can interpret the data in the same protocol. The assumption iii) considers the possibility of an estimation error, and because of that a start point can be located by another system, in order to fix a target object first point.

These assumptions are the base of the EZ algorithm, which consists of a system where, all the time, the mobile devices measure the Received Signal Strength Indication (RSSI) by the Wi-Fi APs that are performing its coverage, making a local correction and reporting these values to a central server. This server process and learn the radiofrequency propagation characteristics, based on the RSSI to estimate the location. Usually, based on absolute coordinates, latitude and longitude.

The Wi-Fi transmission technology can also be divided in many standards. The main characteristics that differentiate each other are: Frequency Band (FB), Bandwidth (BW) and spread spectrum technique (SST). Among the many Wi-Fi networks standards, it can highlight the Table 1, the main ones:

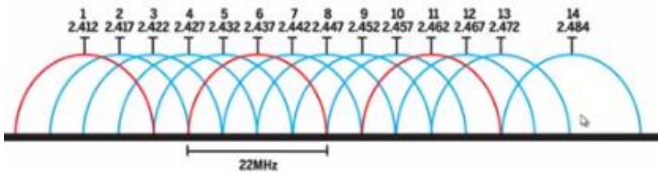
Table 1 – Main IEEE 802.11 Standards.

Standard	Potência (W)	LB	SST
802.11a	5 GHz	20 MHz	OFDM
802.11b	2,4 GHz	22 MHz	DSSS
802.11g	2,4 GHz	20 MHz	OFDM
802.11n	2,4 GHz	20/40 MHz	MIMO-OFDM

The 2.4GHz band presents 14 channels with a bandwidth of approximately 22MHz. However it is important to emphasize the difference between the frequency nominal value and the frequency actual value. Based on that, it is possible to state that the three channels work without interfering the others. The channels 1, 6 and 11 present an actual operation range of 2.401 to 2.423GHz, 2.426 to 2.448Ghz and 2.451 to 2.473GHz, respectively, which means that even though these three channels are used in the same environment, one will not interfere in the other, which does not happen with other ranges, or in a configuration where there are other frequency ranges.

The non interference indication guarantees the network high speed transmission capacity, with safe and precise data. In a practical application, for example, where it is necessary to monitor a point location in real time, these channels are indicated to establish the network, where a hardware configuration is needed.

Figure 2. Frequency spectrum of the 2.4GHz Channels.



Regarding the spread technique, the OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) consists in dividing and transmitting a signal in multiple frequencies. Considering the standard 802.11a, for example, that has about 52 subcarriers, thus making possible the transmission of signals in packages without interference, depending also on the modulation (PINTO, et.al, 2002). OFDM is usually used in pairs, with a channel codification system called COFDM, which corrects the multiplexing. DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) consists in a system that spreads the signal in a very low power spectral density, requiring a bigger frequency range, as we can see in the Table 1. MIMO-OFDM presents the same principle as OFDM. The growth factor refers to the multiple inputs and multiple outputs that represent an increase in the multiple signals transmission by multiple antennas, increasing the network speed. This technique is widely used in mobile devices, being an important tool for wireless communication technologies, such as mobile telephony.

Based on this analysis, it is possible to evaluate in Table 2, by these characteristics, other two important factors related to location: Baud Rate (BR), Range (R) (coverage).

Table 2 – Main IEEE 802.11 Standards.

Standard	Baud Rate	Range	
		Indoor	Outodoor
802.11a	6-54Mbps	20 MHz	OFDM
802.11b	1-11Mbps	22 MHz	DSSS
802.11g	6-54Mbps	20 MHz	OFDM
802.11n	7.2-72 Mbps(1) 15-150Mbps(2)	70m(1),(2)	250(1),(2)

(1) On 2,4Ghz band.
(2) On 5GHz band.

The network performance depends on the environment characteristics and also, as to locate a moving point, on the displacement behavior. In this sense, electronic devices can be used to increase the signal intensity, replicating gain in the network, among which we can highlight high-gain antennas etc.

As a support tool to the location from the Wi-Fi networks, wireless network virtual scanners can be used, such as Vistumbler, which can identify the relative position from the access point to the user, by identifying the networks or access points around the user, combining with other location modules.

Vistumbler not only locates the Wi-Fi access points, but also offers information about the signal power, authentication, cryptography, using channel and which standard the network uses. Using this software with a GPS module, it is possible to determine spatially and with views the location of access points and possible ad hoc networks that might exist around the reference where the software is being executed.

Depending on the application, it is possible to state that the networks based on the IEEE 802.11 standard offer good resources, as long as a technology for the network is chosen.

ISSN 1809-3957

2.2 Bluetooth: IEEE 802.15.1

Initially developed to provide data transmission among small networks composed with mobile devices (cell phones, tablets, notebook), Bluetooth technology has gained space in more elaborated application, once they operate in a short range, low power and are very low cost (Kurose, 2013).

WPAN (Wireless Personal Area Networks) are based on the Bluetooth protocol specifications, regarding the data link and physical layers. These protocols allow safe data transmission between devices when they are paired (synchronized) (Tanenbaum, 2011).

As a great part of the researches that have been developed, location system using Bluetooth with fingerprint technique can be highlighted. This technique creates a database from signal power indicators defined position points, which has been used by many works as the main tool for position estimation.

Diaz *et.al* (2010) proposes the creation of a location system based on Bluetooth for an indoor environment. It is known that Bluetooth devices communicate with each other as from access request and authorization. This characteristic developed a location subsystem, from a client-server model, in order to characterize the environment in which the target object is located.

The Bluepass system was composed of 4 components: A local server, a central server, Bluetooth detection program and mobile applications. In an environment with defined dimensions, it was presented an interface which represents a map of the area where the users were at.

The user would request the system access, using the application, by a local server and this request would work as a signature that defines the map where the device is. The base stations would provide data to the location algorithm, using methods like multilateration and signal density. The central server, based on these characteristics, would provide the user data and the map representing the room layout to the local servers.

This way, the Bluepass provides data to spatially distant maps, once it obtains the signal power only from the region where the local server is located, which is the same as where the target object is, by using the Bluetooth detection program.

Bluetooth is divided in classes, which are typically related to the signal power, depending on the environment and also on some other device that allows the amplification of signal gain.

These characteristics are important to a location system because of the range. Depending on the application, a higher range with interference-prove network makes the position estimation more reliable. This is also a low cost technology but presents a lower transmission speed, when comparing with other standards like IEEE 802.11 as shown in Table 3.

Table 3 – IEEE 802.15.1 standard classes.

Class	Power (mW/dbm)	Range
1	100 / 20	Until 100m
2	2.5 / 4	Until 10m
3	1 / 0	Until 1m

For the 1.2, 2.0 e 3.0 versions, we have a transmission rate of 1, 6 and 24 Mbps, respectively. The applications are characterized by, for example, ad hoc networks (where it is not necessary to have a network infrastructure). A small Bluetooth network can accommodate up to 8 active devices in a master-slave system, as well as up to 255 stationary devices, which can be activated by only one master node.

In general, this network uses the frequency band of 2.4GHz, divided in 79 channels, with 1MHz bandwidth. The spectrum spread technique is the FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum), which allows, during the transmission, the data jump between the channels, thus making the receptor to receive the signal, if it is synchronized, and to recognize the frequency series in which the transmitter works.

Despite the fact that it presents more channels, comparing to the IEEE 802.11 standard, the bandwidth is approximately 95% smaller. In other words, this refers to the transmission rate and network speed, which can be noted when comparing the Bluetooth versions on Table 2.

2.3 IEEE 802.15.4/ZigBee Standart

In order to standardize the communication in environments that require low transmission resources for the local networks such as personal networks, it was developed the IEEE 802.15.4 standard, which defines the transmission rules based on the architecture that has two basic layers: Physical layer (PHY) and Media Access Control layer (MAC).

Figure 3. Xbee and Xbee-PRO.

This standard is the base for new low cost and low power communication technologies such as ZigBee. Despite the fact that they present similar levels, they are not the same, once ZigBee uses the layers from the IEEE 802.15.4 standard plus two network and application layers, in order to complete its protocol pile. Besides, the existent ZigBee models present a combination of hardware and firmware to form a module as shown in Figure 3.

Based on that, the firmware, that is used in the protocol piles of the Xbee modules, define the algorithm structure, thus defining the communication. It is important to note that the basic difference between the most basic ZigBee models is the transmission power, that can reach up to 316 mV, in the modules that operates in the 868 MHz band and up to 63 mV in the modules the operates in the 2.4 GHz band.

Other characteristics are also inherent to the Xbee module series and the present two basic differences: The range and the presence of a 32 kB flash memory (EPROM) and 2kB RAM memory. This comparison and characteristics of the XBee series are described below:

- *Series 1*: It has two firmware types (IEEE 802.15.4 and *Digimesh*® protocol). They are available in the conventional version and in the PRO version. For indoor environments, they present a range of 30 to 90m, and 90 a 1600m for outdoor environments. Both present a 250 kbps transmission rate, operating in the 2.4GHz band. They cannot be programmed using the memory.

ISSN 1809-3957

- *Series 2, 2B e 2C:* They have ZigBee and Smart Energy protocols. They are available in the XBee2 and PRO2 versions. For indoor environments, they present a range of 40 to 120m, and 90 a 3200m for outdoor environments. Both present a 250 kbps transmission rate and operate in the 2.4 GHz band. They cannot be programmed using the memory. The 2B series modules can be programmed and also have the same firmware and characteristics of series 2. 2C series modules also have the programming capacity and also can communicate via SPI, with transmission rates going up to 5 Mbps. In a conventional version of this series, which has a lower power, can reach up to 1200m in outdoor environments. It uses the ZigBee protocol in the convention and PRO2 version, with transmission rates up to 250 Kbps.

 Series 3, 3B: Both have the *Digi® Multipoint* protocol, which presents 25 communication channels and operates in the 900MHz frequency band. They are available only in the PRO version, its transmission power goes up to 100mV and the transmission rate goes from 10 to 20 kbps. This characteristic does not have a big impact, since it has a bigger range, when comparing with modules from other series. The main difference is on indoor environments, where it can reach from 370m to 610m, and on outdoor environments, where it can reach from 9600 to 45000m. This performance can only be obtained if signal amplifiers are linked, such as dipole antennas and high gain antennas.

- *Series 4:* It has the *Digi® Multipoint* protocol and the *DigiMesh®* protocol and operates in the 900 MHz band, reaching from 3 to 10 km, when combined with high gain antennas. It is available only in the PRO version and its transmission rate goes up to 156kbps.

- *Series 5:* It has only the *Digi® Multipoint* protocol and are available in the PRO version, operating in the 868 MHz band, reaching from 40000 to 80000m, when combined with high gain antennas.

- *Series 6:* Also called as *ZigBee Wi-fi*, it has IEEE 802.11 protocol, standard b, g and n. It operates in the 2.4 GHz band, using it for the Wi-fi protocol. Its transmission rate can go up to 72 Mbps, depending on the chosen standard.

Qingming (2007) proposed a system for location based on wireless networks using ZigBee module with the IEEE 802.15.4 standard firmware. This system was based on the Fingerprint (strength mapping) technique, mainly related to the signal power, which, according the author, is the basic function to create a RSSI database.

With the proposed methodology, a local cluster was defined to admit signals through a ZigBee network installed in the coverage area necessary for the experiment execution, which was something about 30m for indoor environments, because it was an office room with 168.48m2. The local clusters represented a power database for a determined region in the room (rooms division).

All the data collection points were ZigBee modules equipped with batteries and microcontrollers, which estimated the position, based on the power emission by a moving point, using an algorithm. The comparison was made based on an off-line training, with the relative power of the stationary points, when they were closer. This technique reached a precision percentage of 70%, with an error of approximately 0.5m, considering the dimensions of the environment where the experiment was held. What made this technology more and more used not only in automation tasks, but also in remote control and even clinical patients monitoring, is the fact that its applications targets low power and low transmission rate systems (Farahani, 2008).Another important point the operation of a network based on IEEE 802.15.4 standard, when looking at the functions they can represent. There are basically two types of devices:

- Full Function Device (FFD): It has a pile of complete instructions and can communicate with any other device, also acting as a node manager in the network.

- Reduced Function Device (RFD): It has a smaller protocol pile and limited tasks. It does not perform any managment tasks and only communicates with FFD.

In order to have the conception of a ZigBee protocol based network, it is necessary to define the communication mode, command type (AT or API) and transmission frame data. Also it is required to define the network function that the modules will perform:

 ZigBee Router: These are intermediate devices, who are responsible for the data frames routing, route definition and repair that the data must follow, considering the network architecture.

 ZigBee Coordinator: These are devices that will select the communication channel and network identification and also may allow other devices to be routers or end devices.

 ZigBee End Device: These are devices that usually join the network to transmit data and present a reduced function, generally dedicated to the transmission of information data by RF.

In the same way we talked about the devices defined by the IEEE 802.15.4 standard, we can also affirm that the devices in a ZigBee network are, respectively, personal area network coordinator with complete function, coordinators, and devices which can be RFD or FFD.

As for the low power consumption, the ZigBee modules present operation modes, by which there is a synchronization between the energy consumption with the data transmission and reception operations, as well as with the operation absence.

According to Ramos (2012), ZigBee presents a Coexistence characteristic, which means interoperability that allows communication with other device types and connection to other networks, such as Wi-Fi in the sub standards b, g e n, Bluetooth, both working in the 2.4 GHz band.

The concern about interference can be noticed when analyzing the spectrum spread techniques and mainly regarding with the guarantee of a safe communication, which is usually fought with the CSMA-CD mechanism, avoiding data collision in the same network.

III. QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPARISON

As the main focus for a location system, since it is necessary to have measurements accuracy, the main factors that can contribute in the definition of which technology may offer the most cost benefit, depending on the application, are the range, signal power, energy consumption, as well as the firmware to be used by the devices in the network.

As for the range, using peripherals, such as dipole antennas or high gain antennas, can offer bigger network

ISSN 1809-3957

coverage, as we can see in the 2.3 Section, about the Xbee modules.

However, and the most important, what will provide to the network and its batteries a longer operation time is the intelligence of the network devices, when controlling the energy levels in data transmission and reception, and also when nothing is happening (sleep mode).

On Table 4, the qualitative and quantitative aspects of the wireless technologies studied in this work are presented.

Table 4 – Wi-Fi, Bluetooth and ZigBee: Main Characteristics.

Technology		*Firmware*	*Operational Frequency (Hz)*	*Number of Channels*	*Spread Spectrum Technique*	*Range(m)*	*Baud Rate*
Wi Fi	802.11a	IEEE 802.11x	2,4 GHz	11	OFDM	35 - 120	6 a 54 Mpbs
	802.11b				DSSS	35 - 140	1 a 11 Mbps
	802.11g				OFDM	38-140	6 a 54 Mbps
	802.11n		2,4 e 5 GHz		MIMO_OFDM	70-250	7,2 a 72 Mbps (2,4 GHz) 15 s 150 Mbps (5 GHz)
	Class 1	Bluetooth (1.0;2.0;3.0)	2,4 GHz	79	FHSS	1	1 Mbps
	Class 2					10	6 Mbps
	Class 3					100	24 Mbps
ZigBee Alliance	Series 1	IEEE 802.15.4 Digimesh®	2,4 GHz	12 a 16	DSSS	30 - 90 90 - 1600	250 Kbps
	Series 2	ZigBee Smart Energy	2,4 GHz	14 a 16		40 - 120 90 - 3200	250 Kbps
	Series 3	Multipoint®	900 MHz	25		370 - 610 9600 - 45000	10 a 20 Kbps
	Series 4	Multipoint® Digimesh®	900 MHz	5 a 12		3000 - 10000	156 Kbps
	Series 5	Multipoint®	868 MHz	1		40000-80000	24 Kbps
	Series 6	IEEE 802.11x	2,4 GHz	11		-	72 Mpbs

It is possible to observe, when looking at the Wi-Fi, the possibility of maximizing the transmission rate by using the 5GHz band. The major fact is the usage of dual band routers that also operate in the 5GHz band, which may offer transmission rates up to 150 Mbps and a minimum range of 250m. This can be expanded using amplifiers such as the high gain antennas, by concentrating the reception in order to amplify it. A characteristic of this type of device is the fact that they are directional, which means, the need to be pointed to the network main signal emission point. This contributes a lot in the choice of the location technique, since it provides the system geometry conception, with relation to the target object.

This characteristic is favorable when you want to increase the coverage area, which ends up setting, with the information on Table 4, the advantage for the Wi-Fi and ZigBee technology, simply because the hardware already provides medium range with real usage possibility.

When analyzing another point, the series 6 Xbee module, also called ZigBee Wi-Fi, presents an expansion characteristic, similar to the Wi-Fi itself. The coverage, in practical means, will be defined by the routing capacity and the antenna usage. This already configures a higher interoperability, when talking about the IEEE 802.11 firmware.

As for the frequency, Wi-Fi, Bluetooth and ZigBee, in some models, operate in the 2.4 GHz band, which does not require a license in order to use it. To the other frequencies (868 or 915MHz) are rather not available or require a license, once they can interfere in other communication channels, such as the mobile telephony.

As emphasized in this work, it is necessary to highlight not only the technologies hardware characteristics, but also the energy consumption, depending on the application amplitude. It is possible to affirm that each technology, rather as a set or isolated, must be chosen in order to obtain the gains according to the cost benefit.

The usage of Wi-Fi and ZigBee are more frequent in the literature because they both have favorable properties for industrial application, as well as for location, as seen and verified with the Vistumbler, for example. Rodrigues (2012) rather use multiple technologies in order to create a location system, based on the interoperability principle. And once again, the Wi-Fi / ZigBee combination presents favorable results in this application, especially regarding to the position error, which in this work was considered small when comparing to the whole application.

All the aspects that were approached in this work, even though they are theoretical and some experimental, are very important when we talk about the place where the system will be implanted. It is necessary to considerate the characteristics addressed in section 1, when you want pinpoint accuracy in an environment that is subject to many interferences and possible transmission, reception and signal process failures. All of this hardwares, in fact, can composse a location system. To do it, it's necessary use a location method which combined with one this hardwares,can show regular results about estimation accucary. Many papers use methods like, Time of Arrival, to estimate distance through the signal transmission and reception in a wireless network. Other methods Angle of Arrival, RSSI and *fingerprint* can be used in some network hardwares which was highlighted is this paper.

IV. CONCLUSION

In fact, the usage of wireless technologies has provided the development of new application, regarding the real time monitoring of a variable. The most important thing that was highlighted in this work is the availability of many options, for different hardware and software, as well as for various

ISSN 1809-3957

applications, not limiting to the location, having the same effect in the industrial use.

The learning of spectrum spread techniques allows us to observe how the wireless technologies deal, by using the protocols and algorithms, with the data transmission, putting as main goal the integrity of the signal. We cannot forget to mention the possibility of interoperability between these devices, which allows a technology combination also from the hardware. The main focus in this paper is related to network hardware range and baud rate. With these both, it's possible to design a location system, with a network hardware and correct method (for example, the cited ones) and obtain real-time systems characteristics.

In this same point of view, we must exalt the possibility of providing a location system by using multiple technologies, alternating the network clusters, in order to obtain a maximum performance, which has as main goal the estimation of the spatial coordinates of a point in real time.

V. REFERENCES

ALHMIEDAT, T., SAMARA, G., SALEM. **An Indoor Fingerprinting localization approach wireless sensor networks**. European Journal of Scientific Research, Vol. 105, pp. 190-202.

BARONT, P., et.al. **Wireless sensor networks: a survey on the state-of-art and the 802.15.4 and ZigBee Standards**. Elservier Computer Comunications. Vol. 30, pp. 1655-1695.

CHINTALAPUDI, K., IYER, A.P., PADMANABHAN, V.N. **Indoor Localization without pain. Mobcom'10**, pp 173-188, New York.

DIAZ, J.J.M, MAUÉS, R.A., SOARES, R.B., NAKAMURA, E.F., FIGUEIREDO, C.M.S. Bluepass: **an indoor Blutetooth-based localization system for mobile applications.** IEEE Symposium on Computer and Communications (ISCC), Riccione, pp. 778-783.

FARAHANI, S. **ZigBee Wireless Networks and Transceivers**. Elservir Books, Newnes, 2008.

HOWITT, I., GUTIERREZ, J.A. **IEEE 802.15.4 Low Rate –Wireless Personal Area Network Coexistence Issues**. IEEE Wireless Communications and Networking 2003. Vol 3, pp. 1481-1486.

LOVISOLO, L., CAMPOS, R.S., BITTER, A.G.C., SZTAJNBERG, A. **Um sistema de Localização em Tempo real de Terminais Wi-Fi em Ambientes Indoor**. Cadernos do Instituto Militar de Engenharia: Série Informática, v.31, Brasil, Junho 2001.

LUGLI, A.B., SOBRINHO, D.G. **Tecnologias Wireless para Automação industrial: Wireless_Hart, Bluetooth, Wisa ,Wi-Fi ZigBee e SP-100**. Instituto Nacional de Telecomunicações, 2012.

OKSA, P., SOINI, M., SYDÄNHEIMO, L., KIVIKOSKI, M. **Kilavi, platform for wireless building automation.** Elsevier Energy and Buildings, Vol. 40, pp. 1721-1730.

QINGMING, M.L., WANG, F., GAO, H., ZHAO, H. **Location Estiamation in ZigBee Network based on fingerprinting**. IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety ICVES, 2007, pp.1-6.

RAMOS, J. S.B. **Instrumentação Eletrônica sem fio: transmitindo dados com os módulos Xbee ZigBee e PIC16F877A**, 1ª edição, São Paulo: Érica 2012.

RODRIGUES, M.L., **Mobile Robot Localization in Indoor Environments using multiple Wireless Technologies. SBR/LARS, Simpósio Brasileiro de Robótica/Latin American Robotics Symposium**, 2012.

SANTOS, J.V., LUGLI, A.B. **Comparativo e Estudo das Tecnologias Wireless para Automação Industrial**. Instituto Nacional de Telecomunicações, 2013.

TANENBAUM, A.S. **Redes de Computadores**. São Paulo: Prentice Hall, 2011.

VALDASTRI, P. **An implantable ZigBee ready telemetric platform for in vivo monitoring of physiological parameters**. Elsevier Sensors and Actuators A, Vol. 142, pp. 369-378.

VI. COPYRIGHT

Copyright: The authors are the ones responsible for the material included in the article.

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE DADOS PROVENINENTES DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA LOCALIZADA EM ÁREA DE DIFÍCIL ACESSO

KENNY ANDERSON QUEIROZ CALDAS[1]; MOISÉS PEREIRA BASTOS[1]
1 – Universidade do Estado do Amazonas – Escola Superior de Tecnologia
kennypvh@gmail.com

Abstract ***- This paper proposes a remote data monitoring system of a weather station located in an area of difficult access, which uses solar panels and a Li-ion battery as power source, ATmega328P microcontroller unit and for local wireless data transmission, the radio module XBee S1. The coordinator circuit of the ZigBee network consists of an Arduino MEGA2560 in conjunction with a GSM/GPRS module, which sends the collected data to a web server, allowing access to climatic data from any location via Internet, using two GUIs: one in a web page and another developed in LabVIEW.***

Keywords: Microcontroller. GSM/GPRS Network. ZigBee.

I. INTRODUÇÃO

O monitoramento climático desempenha um importante papel para a qualidade de vida de uma população. As mudanças climáticas influenciam diretamente nas atividades humanas, como agricultura, transporte e lazer. Por meio de dados precisos, pode-se aumentar a eficácia de diversos elementos vitais em uma plantação como a fertilização, irrigação, inseticidas e colheita. Também é possível gerar alertas de tempestades e tornados mais rápidos para áreas de risco, prevenindo tanto acidentes aéreos em situações de pouso e decolagem, quanto acidentes terrestres em estradas com a presença de gelo ou baixa visibilidade, por exemplo.

Com avanço da tecnologia, permitiu-se o desenvolvimento de sistemas de monitoramento de dados de uma estação climática com um custo-benefício cada vez melhor. Por meio destes recursos, pode-se aumentar a área de cobertura de uma região, já que mais pontos de monitoramento podem ser utilizados, aumentando-se assim a qualidade e precisão dos dados obtidos. (PRADEEP, 2014)

Porém existem muitas localidades que se encontram distante dos centros urbanos, o que dificulta o emprego de cabos para a transmissão dos dados coletados de uma estação meteorológica, já que dependendo do terreno ele pode ser facilmente danificado ou exigir cobrir longas distâncias, o que encarece o projeto, além de não possuir uma rede elétrica para alimentar o sistema de monitoramento.

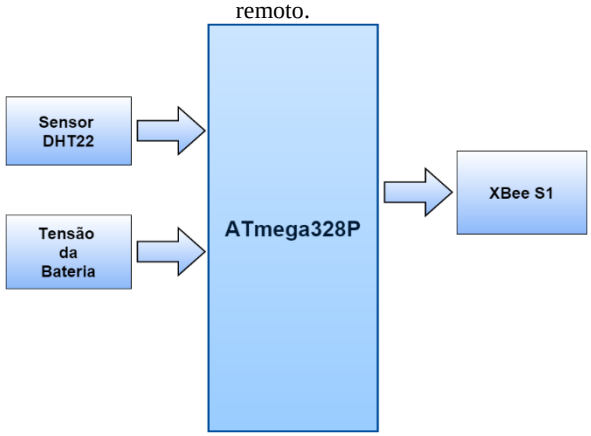
Este artigo propõe o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de dados provenientes de uma estação meteorológica localizada em área de difícil acesso, utilizando energia solar e uma bateria para alimentação elétrica, rede local via protocolo ZigBee e transmissão de dados via rede GSM e GPRS para um servidor *web*, permitindo o acesso ao usuário por meio de uma interface gráfica via Internet.

II. PROCEDIMENTOS

Para o funcionamento deste projeto, foram desenvolvidos três circuitos: de monitoramento remoto, da fonte de alimentação e do coordenador de monitoramento.

Primeiramente, tem-se o circuito de monitoramento remoto. Ele é composto pelo microcontrolador Atmega328P, um sensor integrado de temperatura e umidade do ar, o DHT22, e o módulo de comunicação rádio frequência, XBee S1. O circuito é responsável por coletar os dados climáticos de um local, além da tensão da bateria presente na fonte de alimentação dentro de um intervalo de tempo preestabelecido, e envia-los para o circuito coordenador de monitoramento via protocolo ZigBee. Um diagrama de blocos representando este circuito pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de blocos do circuito de monitoramento remoto.



Fonte: Autor.

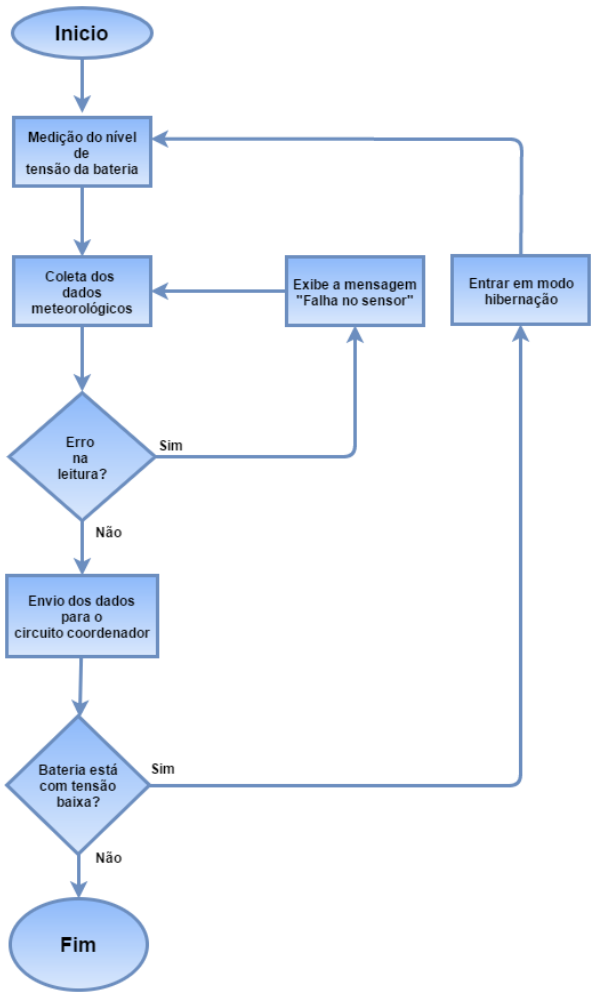
O ATmega328P foi escolhido como microcontrolador deste circuito devido ao seu baixo custo e alta disponibilidade no mercado. Uma preocupação na programação deste componente foi com o consumo energético do circuito, tendo em vista que ele funcionará por meio de painéis solares e de uma bateria de íon-lítio. Para este fim foi implementado o modo *sleep*, ou dormir em português, tanto no microcontrolador quanto no XBee S1. De acordo com Russel (2010), o ATmega328p possui seis modos de economia de energia: *Idle*, *ADC noise reduction*, *Power save*, *Power down*, *Standby* e *Extended standby*. O

ISSN 1809-3957

método utilizado foi o *Power down*, devido ser o que mais consegue reduzir o consumo do microcontrolador, o qual salva os valores dos seus registradores, porém congela o oscilador do ATmega328P, desabilitando todas as suas funcionalidades até a próxima condição de interrupção ou *hardware reset*. Segundo Hebel e Bricker (2010), o XBee apresenta três modos *sleep*: *Pin hibernate*, *Pin doze* e *Cyclic sleep*. O método escolhido para utilização foi o *Pin Hibernate*, pois também é o modo que mais reduz o consumo energético, além de ser controlado diretamente pelo ATmega328P por meio de uma entrada digital, evitando a utilização de temporizadores.

Uma sequência de instruções foi definida na programação do microcontrolador, visando determinar o funcionamento do circuito de monitoramento remoto. Caso ocorra uma falha na leitura dos dados climáticos pelo sensor DHT22, uma mensagem de falha será enviada para o monitor serial, avisando o usuário. O ATmega328P poderá entrada em modo de hibernação, que é permanecer por um longo período de tempo no modo *sleep*. Caso a bateria de íon-lítio da fonte de alimentação fique menor ou igual a 3 V. A Figura 2 apresenta um fluxograma detalhando o seu modo de operação.

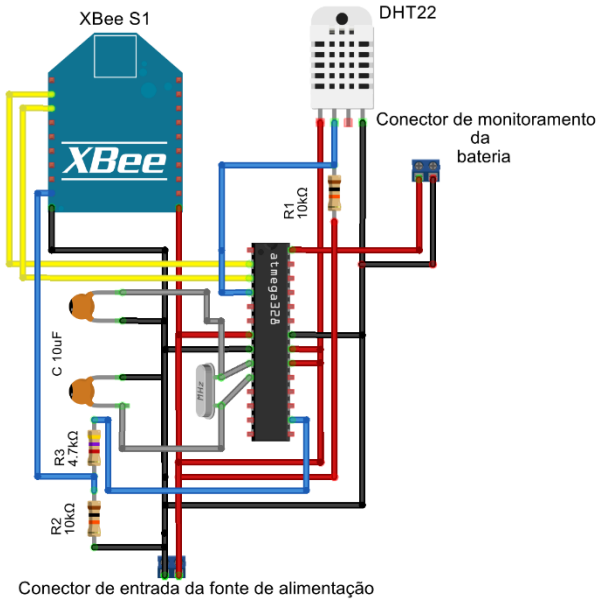
Figura 2 – Fluxograma de funcionamento do circuito de monitoramento remoto.



Fonte: Autor.

O diagrama elétrico do circuito de monitoramento remoto pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama elétrico do circuito de monitoramento remoto.



Fonte: Autor.

O circuito da fonte de alimentação utilizada para o circuito de monitoramento remoto é composto por: dois painéis solares em paralelo de 5,5 V, de 270 mA e 180 mA, uma bateria de íon-lítio com capacidade de 3100 mAh, o módulo carregador de bateria TP4056 e o conversor CC-CC 5 V XC6371.

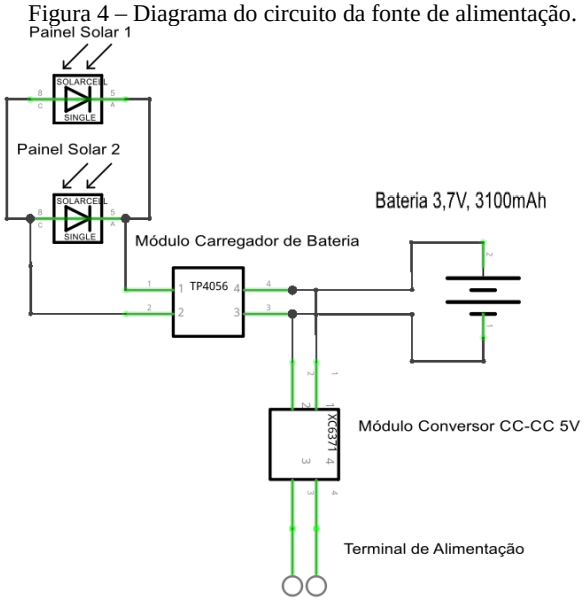
Durante o dia, os painéis solares são responsáveis por gerar a potência elétrica para manter o circuito de monitoramento remoto em funcionamento, além de carregar a bateria de íon-lítio por meio do módulo carregador TP4056. Inicialmente o circuito foi testado com apenas um painel solar, porém apesar das características nominais apresentarem valores satisfatórios, durantes os testes houve uma perca de potencial, por isso houve a necessidade da utilização de dois painéis em paralelo, garantindo assim uma maior corrente ao circuito. O módulo carregador de bateria, TP4056, pode prover até 1 A de corrente de recarga, com uma tensão de entrada de 5 V, além de interromper o seu funcionamento quando a bateria está totalmente carregada, atingindo a tensão de 4,2 V, o que evita uma sobrecarga. Este módulo também interrompe a recarga da bateria caso a temperatura do componente esteja muito elevada, o que prejudica o seu funcionamento. No período noturno no qual os painéis solares param de funcionar, a bateria de íon-lítio assume o papel de fonte de alimentação principal do circuito.

Tanto a tensão de saída da bateria quanto dos painéis solares oscila bastante ao longo do dia, o que pode danificar os componentes do circuito de monitoramento ou impedir o seu funcionamento correto. Para resolver este problema foi utilizado o conversor CC-CC 5 V XC6371. Ele permite que tensões de entrada variando entre 0,9 V e 5,0 V possuam na sua saída uma tensão de 5 V estável. Para evitar que o circuito de monitoramento remoto pare de funcionar durante a troca da fonte de alimentação, entre os painéis solares e a bateria de íon-lítio, o conversor XC6371 foi ligado em paralelo, sendo assim, somente o sentido da corrente empregado se altera, mas mantém a tensão constante para o circuito.

ISSN 1809-3957

Um diagrama da fonte de alimentação utilizado para o circuito de monitoramento remoto pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Diagrama do circuito da fonte de alimentação.



Fonte: Autor.

Os módulos XBee S1 realizam a comunicação entre si por meio do protocolo ZigBee. Ele se baseia no padrão IEEE 802.15.4, que define a utilização de *LR-WPANs* (*Low Rate-Wireless Personal Networks*), redes pessoais com baixa transferência de dados, possuindo baixo custo de instalação e consumo energético reduzido. A utilização de redes sem fio torna-se mais vantajosa do que a utilização de cabos e fios para a transferência de dados em uma rede local, já que permite uma instalação rápida e em locais inconvenientes, além de reduzir o custo de manutenção.

Para estabelecer a comunicação entre dois módulos XBee, é necessário realizar a configuração da rede ZigBee. Para isto, é utilizado o software X-CTU. (SPARKFUN ELECTRONICS, s.d.)

O primeiro passo é estabelecer uma identificação número para a rede, ou um *network ID*. Ele pode ser um número entre 0 ou 65535, convertido em hexadecimal. Este valor irá para a caixa de configuração PAN ID. Em seguida, deve-se identificar cada módulo XBee na rede com um endereço próprio, ou *my address*, variando entre 0x0000 e 0xFFFF em hexadecimal.

O próximo passo é definir um endereço high e low de destino, para o XBee saber para qual módulo ele estará comunicando. Uma lista com as configurações utilizada por ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 – Configurações dos módulos XBee no X-CTU.

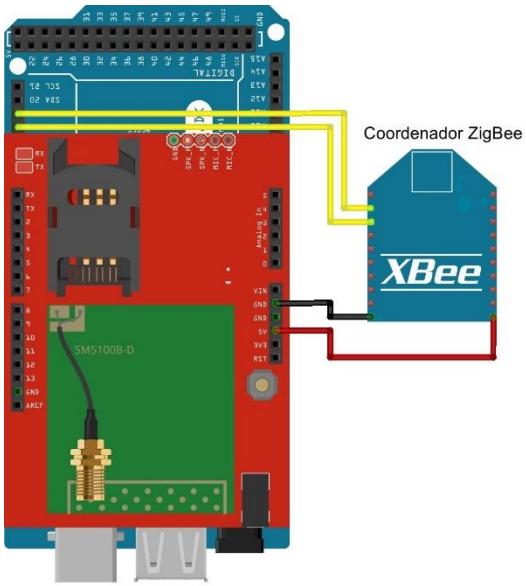
Configuração	**XBee remoto**	**XBee coordenador**
Canal	C	C
PAN ID	1234	1234
Endereço *high*	0	0
Endereço *low*	2	1
my address	1	2

Fonte: Autor.

Além destas configurações, também é importante utilizar uma chave de criptografia nos módulos XBee, para prevenir que outras pessoas possam acessar os dados enviados. O protocolo ZigBee permite a utilização do AES (*Advanced Encryption Standard*), ou padrão de criptografia avançado, que pode ser definido no X-CTU.

O circuito coordenador de monitoramento é composto por um Arduino MEGA2560, o módulo GSM/GPRS/GPS da DFRobot e o XBee S1 coordenador da rede local ZigBee. A Figura 5 apresenta o diagrama de conexão dos componentes deste circuito.

Figura 5 – Diagrama do circuito coordenador de monitoramento.



Fonte: Autor.

O Arduino MEGA2560 foi utilizado devido a presença de 4 portas de comunicação serial em sua placa, o que permite que tanto o módulo GSM/GPRS/GPS e o XBee possam se comunicar com o microcontrolador ao mesmo tempo, evitando conflito de dados.

O XBee S1 utilizado neste circuito é responsável por receber as mensagens enviadas pelo circuito de monitoramento remoto, contendo os dados climáticos e da tensão da bateria da fonte de alimentação. Ele está conectado à porta serial 1 do Arduino MEGA2560.

Por fim, o principal componente do circuito coordenador é o módulo GSM/GPRS/GPS da DFRobot. Ele é responsável por enviar os dados recebidos pelo XBee S1, ou via rede GPRS para um servidor *web*, ou para o usuário cadastrado por meio de uma mensagem de texto *SMS*, de acordo com a disponibilidade da rede do local. Segundo a DFRobot (2013), a programação deste módulo é realizada por meio de Comandos AT, disponíveis no manual do *SIM908*. É muito importante observar os intervalos de tempo para cada comando enviado pelo Arduino MEGA2560 para o módulo, pois dependendo instrução enviada, é necessário aguardar alguns segundos para que ela seja executada, caso contrário, os comandos subsequentes não irão funcionar como esperado.

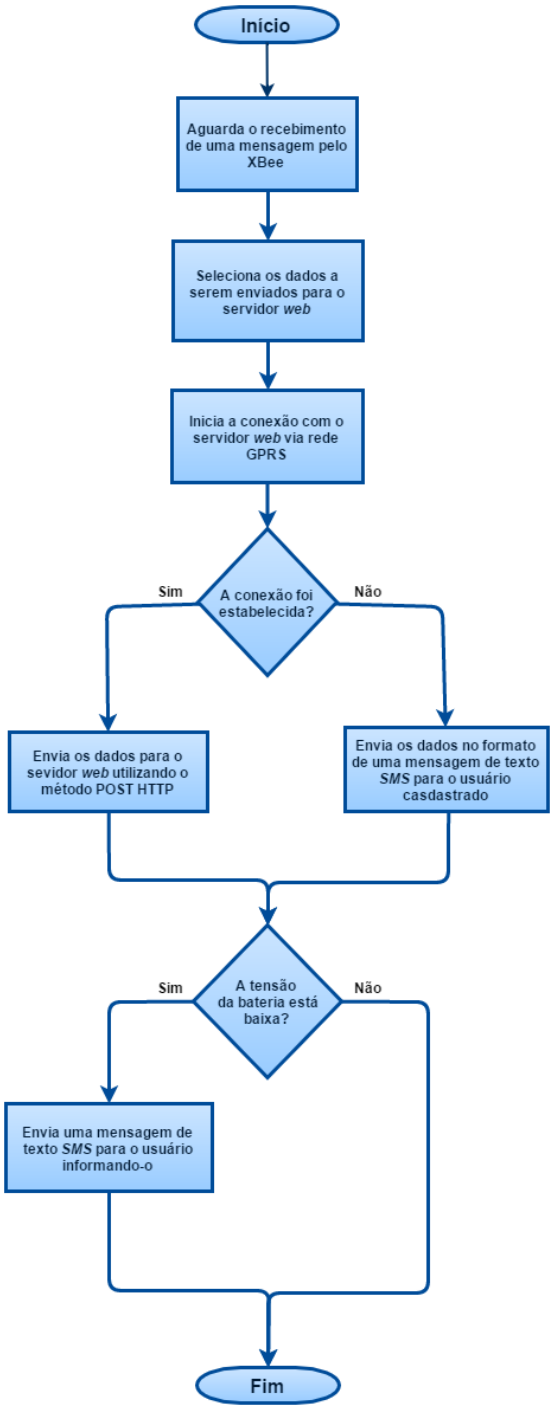
O algoritmo desenvolvido no Arduino MEGA2560 realiza as seguintes operações: primeiramente, aguarda o recebimento de uma mensagem pelo XBee S1. O seu fim é delimitado pelo carácter ";". O algoritmo então busca na mensagem recebida os valores referentes a cada variável monitorada e a armazena em uma memória do tipo *string*. Feito estes passos, inicia-se a conexão com o servidor *web* por meio da rede GPRS, utilizando os Comandos AT. Caso

ISSN 1809-3957

a conexão não seja estabelecida corretamente por algum motivo, o algoritmo irá enviar os dados para o número cadastrado por meio de um *SMS*. Se a bateria do circuito de monitoramento estiver demasiadamente baixa, uma outra mensagem de texto será enviada para o mesmo número cadastrado, informando-o que o sistema entrará em modo de hibernação. Durante o período de 24 horas, o circuito permanecerá em modo *sleep* com todos os seus periféricos desligados, como forma de preservar energia e permitir a bateria de íon-lítio ser carregada.

Um fluxograma detalhando o funcionamento do circuito coordenador de monitoramento pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma do circuito coordenador de monitoramento.



Fonte: Autor.

Para permitir o acesso aos dados meteorológicos via Internet, um servidor *web* deve ser utilizado. Ele será responsável por armazenar em um banco de dados as informações enviadas pelo módulo GSM/GPRS, para então poderem ser acessadas por meio de uma interface gráfica via Internet. Para o projeto foi utilizado o servidor provido pela Ubidots, por meio de uma *REST API* (*Application Programming Interface*), ou interface de programação de aplicação em português. O pacote de serviço gratuito deste servidor pode satisfazer a necessidade do sistema, já que permite a atualização em tempo real de até cinco variáveis.

Primeiramente é necessário criar uma conta no *website*. Após definido o *login* do usuário, foi criado um *token* de autenticação. Ele verifica se o cliente tem permissão para acessar ou gravar dados no servidor. Por fim, define-se as variáveis que receberam os valores enviados pelo circuito coordenador: temperatura, umidade do ar, índice de calor e nível de tensão da bateria. Cada uma dessas variáveis possuirá uma sequência alfanumérica de identificação, responsável por determinar no momento do envio dos dados para qual variável os valores então sendo gravados.

Após obter o *token* de autenticação e as identificações das variáveis, deve-se entender o funcionamento da *API* do servidor da Ubidots. Os métodos utilizados para gravar, ler ou alterar os dados são baseados nos métodos HTTP: *GET*, *POST* e *DELETE*. Por meio deles, é possível manipular as variáveis armazenadas no servidor de acordo com a aplicação.

É possível inserir um conjunto de tabelas, gráficos e indicadores no painel de monitoramento do servidor Ubidots, como forma de verificar se os dados estão sendo recebidos corretamente. Com exceção da variável que mede a tensão na bateria, os demais valores são apresentados na forma de um gráfico que apresenta até os últimos 500 dados armazenados, com o seu respectivo *timestamp* do momento no qual ele foi recebido pelo servidor.

Apesar do servidor da Ubidots já possuir alguns indicadores das variáveis para permitir a visualização em tempo real dos dados da estação meteorológica monitorada, ele exige que o usuário possua a senha e *login* de acesso para acessar o painel de monitoramento, ou seja, não permite que qualquer pessoa consiga visualizar os dados. Para este fim, foram desenvolvidas duas interfaces gráficas, uma em uma página *web* e outra no *software* LabVIEW.

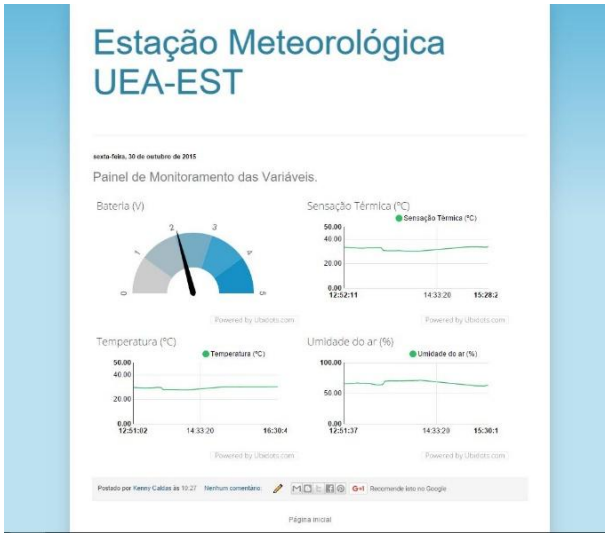
Para a interface gráfica desenvolvida em uma página *web*, foi utilizado um recurso existente para criação de blogs a partir de uma conta do Google, o <https://www.blogger.com>. Por meio dele, é possível desenvolver uma página que contenha todos os indicadores presentes no painel de monitoramento do servidor Ubidots. Para cada variável criada na tela principal do servidor, é possível obter um *embed code*, ou código embutido em português, do qual permite a inserção do indicador do painel de monitoramento em outra página ou aplicação. Com isto, qualquer pessoa com conexão à internet pode ter acesso aos dados climáticos de uma região. A página *web* desenvolvida por ser vista na Figura 7.

A interface gráfica desenvolvida no software LabVIEW foi desenvolvida visando um maior número de funcionalidades para o usuário, ou seja, para um uso em estudos meteorológicos. Por meio dela é possível ler todos os dados salvos no servidor da Ubidots e apresenta-los nos gráficos de monitoramento, juntamente com a data em que foram enviadas, ou monitorar os dados em tempo real, a medida com que são gravados nas variáveis. É necessário determinar o intervalo de envio entre as medições antes de

ISSN 1809-3957

se inicializar a aplicação, para garantir que nenhuma informação seja perdida.

Figura 7 – Pagina *web* do painel de monitoramento das variáveis.

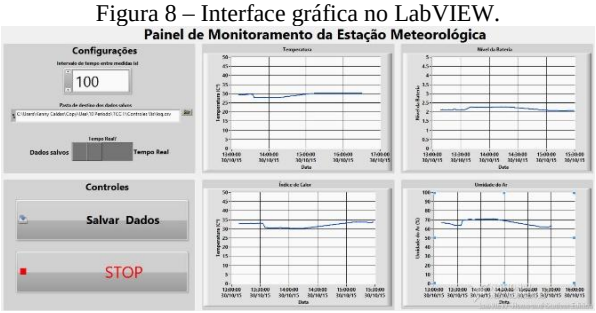


Fonte: Autor.

Também é possível criar uma planilha no *Microsoft Excel* no formato *csv*, que permite ao usuário armazenar os dados em um arquivo para usos futuros. A planilha contém os dados de todas as variáveis monitoradas, com seus respectivos timestamps.

O painel frontal desta aplicação desenvolvido no LabVIEW pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Interface gráfica no LabVIEW.



Fonte: Autor.

III. RESULTADOS

Para determinar o consumo energético do circuito de monitoramento remoto, e consequentemente a autonomia do da bateria de íon-lítio, foi necessário primeiramente obter a corrente de consumo dos componentes utilizados. Os valores foram obtidos por meio de *datasheets* ou medições utilizando um multímetro digital. Os componentes e seus respectivos consumos estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo em funcionamento dos componentes.

Componente	Consumo (mA)
ATmega328P (5V, 16 MHZ)	16,43
Sensor DHT22	2,5
XBee S1 (Transmitindo)	50
XC6371	133,8

Fonte: Autor.

De acordo com Alexander e Sadiku (2006), por meio destes valores, pode-se realizar os cálculos referentes ao potencial elétrico total do circuito de monitoramento remoto, utilizando-se a equação (1):

$$P = V \times I \qquad (1)$$

Onde V é igual a tensão do circuito em volts (V) e I representa a corrente elétrica em miliampères (mA). O resultado obtido é $P = 345{,}3169\ mW$. Com base neste valor, pode realizar o cálculo proposto por Dutta (2014) para a autonomia da bateria da fonte de alimentação. Tem-se então a equação (2):

$$T_{Bat} = (V_{Bat} \times C_{Bat})/(P_{Circuito}) \qquad (2)$$

Onde T_{Bat} representa a duração da bacteria em horas (h), V_{Bat} a tensão da bateria em volts (V), C_{Bat} a capacidade da bateria em miliampères.hora (mAh) e $P_{Circuito}$ a potência do circuito conectado à bateria. O resultado obtido é $T_{Bat} = 32{,}98\ horas$.

Porém após aplicar o modo *sleep* do ATmega328P e do XBee S1, além de aumentar o intervalo de envio de dados para o circuito coordenador para 296 segundos, já que as variáveis climáticas não se alteram tão rapidamente, tem-se uma economia significativa de energia. O consumo enegético dos componentes no modo *sleep* pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo em funcionamento dos componentes no modo *sleep*.

Componente	Consumo (μA)
ATmega328P (*Power down*)	42
Sensor DHT22 (Espera)	8
XBee S1 (*Pin hibernate*)	3000
XC6371	133,8

Fonte: Autor.

Por meio destes novos valores, pode-se calcular novamente o potencial elétrico total do circuito de monitoramento remoto, utilizando a equação (1). Porém como o intervalo de envio de dados também foi modificado, é necessário calcular a corrente I média. Para isto, utiliza-se a equação (3):

$$I_{Med} = (T_{Lig} \times I_{Lig} + T_{sleep} \times I_{sleep})/(T_{Lig} \times T_{sleep}) \qquad (3)$$

Onde I_{Med} representa a corrente elétrica média em miliampères (mA), T_{Lig} o tempo em que o circuito está em funcionamento em segundos (s), I_{Lig} a corrente elétrica do circuito em funcionamento em miliampères (mA), T_{sleep} o tempo em que o circuito está no modo *sleep* em segundos (s) e I_{sleep} a corrente elétrica do circuito em modo *sleep* em miliampères (mAh). O resultado obtido para esta nova tabela de valores é de $I_{Med} = 3{,}25\ mA$.

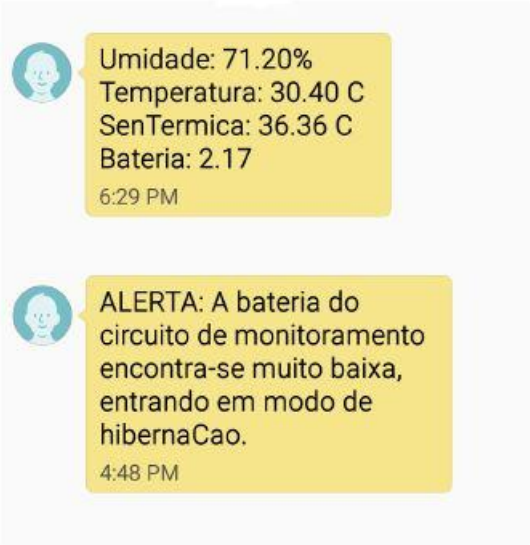
Com base nesta nova corrente elétrica consumida pelo circuito de monitoramento remoto, tem-se um novo valor para a autonomia da bateria. Utilizando-se novamente a equação (2), o resultado obtido neste caso é de $T_{Bat} = 705{,}85$ *horas*, ou 29,41 dias.

O circuito coordenador do sistema de monitoramento remoto possui duas funcionalidades, além de enviar os dados para o servidor *web* da Ubidots por meio da rede GPRS, ele também permite o envio de mensagens de texto SMS para o caso de não haver disponibilidade de rede. Isto permite a transmissão dos dados meteorológicos mesmo na falta de conexão com a Internet.

O modelo utilizado das mensagens de texto *SMS* pode ser visto na Figura 9.

ISSN 1809-3957

Figura 9 – Mensagens enviadas pelo circuito coordenador.



Fonte: Autor.

IV. CONCLUSÃO

O sistema de monitoramento remoto de dados provenientes de uma estação meteorológica, proposto neste artigo, que independe da presença de uma rede elétrica para fornecer a alimentação do circuito de monitoramento, além de não utilizar cabos ou fios para a transmissão de dados, permitindo assim o acesso aos dados meteorológicos monitorados de um local em tempo real via Internet, foi realizado com êxito.

A utilização de módulos de rádio XBee para a transmissão local dos dados monitorados provou ser uma solução bastante eficaz para a comunicação entre o circuito de monitoramento remoto, que coleta os dados da estação meteorológica, e o coordenador de monitoramento. A possibilidade de implementação de mais pontos de monitoramento por um baixo custo, além de garantir a segurança da rede por meio de uma chave de criptografia, são outras características fortaleceram pela utilização desta tecnologia.

O emprego do módulo GSM/GPRS, para a transmissão dos dados recebidos pelo módulo XBee no circuito coordenador de monitoramento, permitiu a comunicação direta com o servidor *web REST* da Ubidots. Com isto, as informações meteorológicas monitoradas puderam ser armazenadas e acessadas em tempo real através de uma conexão com a Internet, de qualquer localidade do mundo.

O desenvolvimento de duas interfaces gráficas, uma em uma página web e outra no software LabVIEW, puderam permitir ao usuário acessar os dados armazenados no servidor *web* da Ubidots em tempo real. No primeiro caso, possuindo as informações meteorológicas em uma página web de fácil acesso, permite a verificação climática de uma região de maneira prática e simples. Já para o segundo caso, visando uma aplicação com uso mais profissional, permite ao usuário a coleta de dados em uma planilha, além da verificação em gráficos de monitoramento de todos os dados armazenados no servidor web, como forma de observar as variâncias ao durante um longo período de tempo.

Por fim, a fonte de alimentação definida para o sistema foi um conjunto de painéis solares e de uma bateria íon-lítion. Dentre as energias renováveis estudadas, a energia fotovoltaica provou-se ser a mais acessível e de baixo custo que as demais, além de possuir um potencial de utilização elevado na região amazônica devido a grande incidência de raios solares. A bateria de íon-lítion foi necessária para garantir o funcionamento do circuito de monitoramento remoto mesmo durante os períodos de ausência de raios solares. Um módulo carregador de bateria, o TP4056, fornece a recarga necessária para a bateria durante o fornecimento energético pelos painéis solares. Já o conversor CC-CC XC6371 garante ao circuito de monitoramento uma tensão constante de 5 V, mesmo que a tensão da bateria de íon-lítio ou dos painéis solares oscile entre 0,9 V e 4,7 V.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew NO. ***Fundamentals of electric circuits*.** Urban Media Comics, 2006**.**

DUTTA, D. ***Solar Powered Weather Statation***. Open Green Energy, 2014.

HEBEL, M.; BRICKER, G. ***Getting Started with XBee RF Modules***. Carbondale, 2010.

PRADEEP, B. Weather monitoring using lifa. ***International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development***, 2014.

RUSSEL, D. J. ***Introduction to Embedded System: Using ANSI C and the Arduino Development Environment***. Lincoln, 2010.

SPARKFUN ELECTRONICS. ***Exploring XBees and XCTU***. Disponível em: https://learn.sparkfun.com/tutorials/exploring-xbees-and-xctu. Acesso em 15 out 2015.

VI. COPYRIGHT

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

ISSN 1809-3957

Volume 11 - N° 123 - Março/ 2016
XXXIV International Sodebras Congress
07 a 09 de dezembro de 2015 – São Paulo - SP

UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS TTP E *FLEXRAY* USANDO UM SIMULADOR DE TEMPO REAL

MOISÉS PEREIRA BASTOS[1]; OSAMU SAOTOME[2]; LUIZ ALBERTO QUEIROZ CORDOVIL JUNIOR[3]
1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA); 2 – INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA(ITA); 3 - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA)
moises_bastos@hotmail.com

Abstract. This article presents a comparison between fault tolerance protocols TTP and Flexray using a real-time simulator, proposing model an application brake-by-wire fault tolerant that generates a intense exchange of data through the communication network. This work is based on a model of a antilock brake system to one wheel by Michaels and Quinn (1997), extending this work to develop a brake-by-wire application, composed mainly of five nodes, with one central controller and four nodes on the wheel of the vehicle. After a brief introductory description on basic concepts needed to understand the design, the brake-by-wire application will be presented. This section will be presented concepts about application operation, fault tolerance, control braking. The simulation was performed using real-time kernels of real-time simulation tool True Time based on Matlab/Simulink. The simulation demonstrates the different behaviors of TTP and Flexray protocols varying bandwidth and utilization rate of the communication network. The results obtained with real-time simulation showed that the protocol TTP presented greater stability and security for such hard real-time application.

Keywords: TTP. Flexray. Real-time. Simulation. Brake-by-wire.

I. INTRODUÇÃO

Muitos sistemas controlados por computador são tidos como sistemas distribuídos formados por nós computacionais com poder de processamento e uma rede de comunicação conectando os nodos computacionais. Não é incomum para o sensor, atuador e cálculos de controle residirem em diferentes nós, como em sistemas de veículos, por exemplo. Isto dá origem a malhas de controle em rede e que consequentemente aumenta a complexidade do sistema. Dentro do nó, controladores são geralmente implementados com uma ou várias tarefas em um microprocessador com sistema operacional de tempo real (CERVIN; ARZEN).

A área automotiva tem auferido benefício da utilização dos sistemas embarcados distribuídos. Atualmente, os veículos possuem combinações múltiplas de sensores, atuadores e unidades de controle eletrônicas, sendo cada vez mais necessária a implementação de sistemas de controle avançados nesta área. Tal evolução trouxe aos automóveis aplicações eletrônicas, que oferecem maior conforto e principalmente segurança, tais como: controle de tração, controle de estabilidade e sistemas de segurança ativos. Muitas dessas funções não são autônomas, necessitando trocar informações (geralmente com restrições rigorosas de tempo) com outras aplicações. Com isso, foi necessário o desenvolvimento de sistemas de comunicação mais eficientes na troca de dados, com maior imunidade a qualquer tipo de interferência e capaz de suportar sistemas de controle distribuídos. Um dos protocolos implementados para suprir tal carência foi o *Flexray*.

Além do *Flexray* estar sendo bem aceito na área automotiva, projeta-se difundi-lo em outros domínios de aplicação, como exemplo à área Aeroespacial. Paulitsch e Haill (2008)0 fazem um estudo para a utilização do protocolo em gerações futuras de aviões e também em espaçonaves, uma vez que o *Flexray* contempla os exigentes requisitos de tais aplicações.

Segundo Rushby (2002), sistemas de controle e sistemas aviônicos para aeronaves usam sistemas distribuídos de controle tolerantes a falha para fornecer funções de segurança crítica como controle de vôo e de motor. Tal arquitetura deve tolerar panes de hardware em seus próprios componentes e deve oferecer garantias muito fortes sobre a exatidão e a confiabilidade dos seus próprios mecanismos e serviços. Os recursos uma vez encontrados em barramentos aeronáuticos estão sendo disponibilizados nos barramentos destinados ao mercado automobilístico, onde a economia de escala garante preços baixos. O baixo preço dos barramentos automotivos, em seguida, os torna atraentes para aplicações em determinadas aeronaves, desde que possam alcançar a segurança necessária.

Com isso, existe uma freqüente utilização de TTP/C, inicialmente de caráter aeronáutico, na área automotiva, e já existem também estudos para utilização de *Flexray* (barramento tipicamente automotivo) na área aeroespacial. Heller e Reichel (2009) relatam um estudo para viabilizar o *Flexray* em aplicações aeronáuticas.

O presente trabalho analisa o comportamento desses barramentos utilizando modelamento e simulação de tempo real, com a ferramenta computacional *TrueTime*. No trabalho de Cervin, Ohlin e Henriksson (2007), tem-se uma introdução ao *TrueTime*, bem como uma demonstração de sua utilização para simular aplicações controladas via rede.

Para tal comparação ser implementada, foi necessário modelar e simular uma aplicação que gerasse intensa troca de dados através do seu barramento. Atualmente, as tecnologias *X-by-wire* tem atraído grandes investimentos e interesse dentro do campo automobilístico devido a sua complexidade e futuros benefícios que serão alcançados, tais como conforto e segurança. *Drive-by-Wire* é uma variação do termo *X-by-Wire* que significa substituir um sistema puramente mecânico por um eletromecânico formado por um módulo de controle, sensores e atuadores. Logo, *drive-by-wire* estende tais transformações aos veículos. *Drive-by-Wire* possui varias variações, entre elas: *brake-by-wire* (freio eletrônico), *steer-by-wire* (Direção eletrônica), *throttle-by-wire* (acelerador eletrônico), entre outros.

ISSN 1809-3957

De acordo com o propósito do trabalho, alta complexidade na comunicação, ficou definida a modelagem de sistema *brake-by-wire* que possui uma rede de comunicação com cinco nós trocando informações entre eles, diferentemente de uma aplicação *steer-by-wire* que possui basicamente dois nós. Sistemas *brake-by-wire* consistem em substituir sistema de freio hidráulico ou eletrônico por uma rede de controle de tempo real. Neste sistema a intenção de freio é enviada eletronicamente do pedal de freio aos atuadores de freio eletromecânicos ou eletro-hidráulicos posicionados em cada roda.

O presente estudo apresenta a simulação de uma aplicação *brake-by-wire* tolerante a falhas em *TrueTime* com o intuito de verificar o comportamento do TTP/C e *Flexray* em determinada situação de operação em tempo real crítico.

II. MODELANDO UMA APLICAÇÃO *BRAKE-BY-WIRE*

2.1 Análise Física

Todo veículo em movimento se desloca com uma velocidade que é definida pela equação (1):

$$v_{carro/roda} = \frac{ds}{dt} \tag{1}$$

Tal expressão demonstra que o veículo desloca um espaço s durante um intervalo de tempo t, sendo esta definição de velocidade conhecida como velocidade linear ou velocidade instantânea. Mas o deslocamento sofrido pelos veículos é imposto através do giro das rodas, isso quer dizer que para cada rotação do seu conjunto de rodas o veículo desloca uma distância que é equivalente ao perímetro da roda, sendo o perímetro da roda definido pela equação (2):

$$s = r\theta \tag{2}$$

Onde :
r = raio da roda
Teta = ângulo formado pelo arco

E a velocidade angular ω é definida pela equação (3):

$$\omega_{roda(girolivre)} = \frac{d\theta}{dt} \tag{3}$$

Por conseguinte para se relacionar a velocidade linear do conjunto carro/roda à velocidade angular da roda, sendo possível realizar esta relação uma vez que a distância percorrida pelo automóvel é idêntica ao perímetro da roda multiplicado por sua freqüência de giro, substitui-se (2) em (1), temos a equação (4):

$$v_{carro/roda} = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r\theta)}{dt}$$
$$v_{carro/roda} = r\frac{d\theta}{dt} \tag{4}$$

Substituindo (3) em (4), tem a equação (5):

$$v_{carro/roda} = r\omega_{roda} \tag{5}$$

Evidenciando a velocidade angular da roda, tem-se a equação (6):

$$\omega_{roda} = \frac{v_{carro/roda}}{r} \tag{6}$$

Então, para um veículo em movimento usualmente a equação (6) representa a velocidade angular da roda que por sua vez define a velocidade do carro como um todo, mas isso nem sempre é verdade, já que durante uma frenagem, onde a roda trave, a velocidade angular do conjunto é zero e a velocidade linear é um valor arbitrário maior que isso. Quando isso ocorre, o veículo sofre um deslizamento, isso quer dizer que o veículo, devido a sua inércia, tende a continuar sua trajetória com uma velocidade que é proporcional a qual vinha se movimentando até o instante da frenagem, sendo essa velocidade proporcional a velocidade angular da roda ante esse instante, então a equação (6) será designada pela equação (7):

$$\omega_{roda(girolivre)} = \frac{v_{carro/roda}}{r} \tag{7}$$

Assim a roda passará a girar numa velocidade desproporcionalmente menor que a velocidade com que o carro se movimenta e devido a isso sofrera um arrasto, e dessa forma sua velocidade angular será chamada de $\omega_{roda(giroarrastado)}$ e será representada pela equação (8):

$$\omega_{roda(giroarrastado)} \propto \frac{v_{carro/roda}}{r} \tag{8}$$

chegando à seguinte conclusão exposta na equação (9):

$$slip = 1 - \frac{\omega_{roda(giroarrastado)}}{\omega_{roda(girolivre)}} \tag{9}$$

Da equação (9), pode-se ver que o *slip* é zero quando a velocidade da roda com giro livre e arrastado são iguais. O valor desejável de *slip* é 0,2, de tal maneira que o número de revoluções da roda seja igual 0,8 vezes o número de revoluções sobre condições de não-frenagem com a mesma velocidade do veículo. Isso aumenta a adesão entre o pneu e a estrada e diminui a distância de parada.

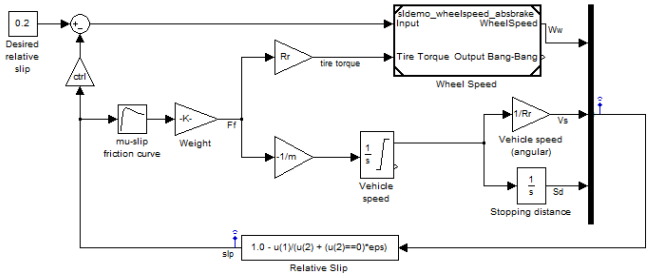
2.2 Modelagem

Para o conjunto roda, pneu e freio foi utilizado o modelo de frenagem ABS para apenas 1 roda proposto por Michaels e Quinn (1997), mostrado na Figura 1. O coeficiente de atrito entre o pneu e a superfície da estrada, mu, é uma função empírica do *slip*, conhecida como curva mu-*slip*. Foi criado curvas mu-*slip* passando variáveis para o diagrama de bloco usando uma tabela de pesquisa Simulink. O modelo multiplica o coeficiente de atrito mu, pelo peso da roda W, para render a força de atrito Ff, agindo sobre a circunferência do pneu. Ff é dividida pela massa do veículo

ISSN 1809-3957

para gerar a desaceleração do veículo, que o modelo integra para obter a velocidade do veículo.

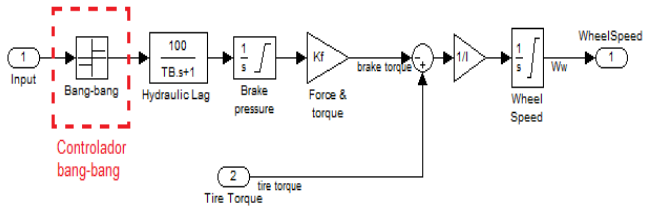
Figura 1 – Modelo ABS para uma única roda



Fonte: (MICHAELS; QUINN,1997)

Nesse modelo, foi utilizado um controlador de anti-bloqueio de travagem ideal, que usa controle "*bang-bang*" com base no erro entre o escorregamento real e o desejado. Foi ajustado o deslizamento desejado para o valor de escorregamento em que a curva mu-derrapante atinge um valor de pico, sendo este o valor ideal para uma distância mínima de frenagem (MICHAELS; QUINN,1997) conforme Figura 2.

Figura 2 - Unidade *Wheel Speed*



Fonte: (MICHAELS; QUINN,1997)

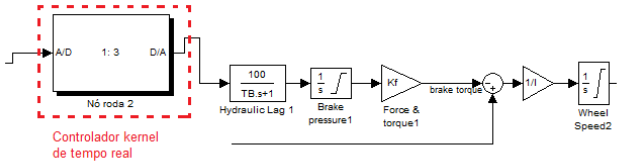
Para controlar a taxa de variação de pressão de frenagem, o modelo subtrai o *slip* real do *slip* desejável e alimenta esse sinal em um controlador bang-bang, conforme mostra Figura 2. Este liga/desliga passa através de uma taxa de defasagem de primeira ordem que representa o atraso associado com as linhas hidráulicas do sistema de freio. O modelo integra então a taxa de filtrado para produzir a pressão de freio real. O sinal resultante, multiplicado pela área do pistão e raio em relação a roda (Kf), é o torque de frenagem aplicado ao volante (MICHAELS; QUINN,1997).

O modelo multiplica a força de atrito da roda pelo raio da roda (RR) para obter o torque de aceleração da estrada sobre a roda. O torque de freio é subtraído para dar um torque líquido na roda. Dividindo o torque líquido pela inércia de rotação da roda **I,** tem-se a aceleração da roda que posteriormente é integrada para fornecer a velocidade da roda. A fim de manter a velocidade da roda e do veículo positivas, integradores limitadores são utilizados nesse modelo (MICHAELS; QUINN,1997).

2.3 Modelo ABS Proposto Para Uma Roda

No modelo proposto para este trabalho, cada nó, situado na roda do veículo, possui um *kernel* de tempo real da ferramenta True Time como controlador de bloqueio de travagem. Ele funciona basicamente como o controlador *bang-bang* com base no erro entre deslizamento e escorregamento real desejado, com a vantagem de ter um monitoramento de tempo real. O *kernel* recebe como entrada o coeficiente *slip* (escorregamento) da roda e envia para o nó Controlador Central (CC) através da rede de comunicação. Como saída temos o sinal de frenagem enviado pelo nó CC que vai atuar na roda local. A Figura 3 demonstra o *kernel* que está intitulado como "Nó roda 2".

Figura 3 - Unidade *Wheel slip*, com a substituição proposta do controlador bang-bang pelo kernel de tempo real.



Tomando como base o modelo de frenagem ABS de 1 roda proposto por Michaels e Quinn (1997) foi possível modelar o modelo de frenagem *brake-by-wire* ABS de um veículo. Basicamente um sistema *brake-by-wire* possui 5 nós de controle, sendo um nó controlador central (CC) e 4 nós locais junto as rodas do automóvel, conforme apresentado nas Figura 4 e Figura 5.

Figura 4 – Disposição dos nós em um sistema *brake-by-wire*

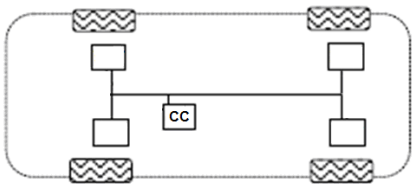
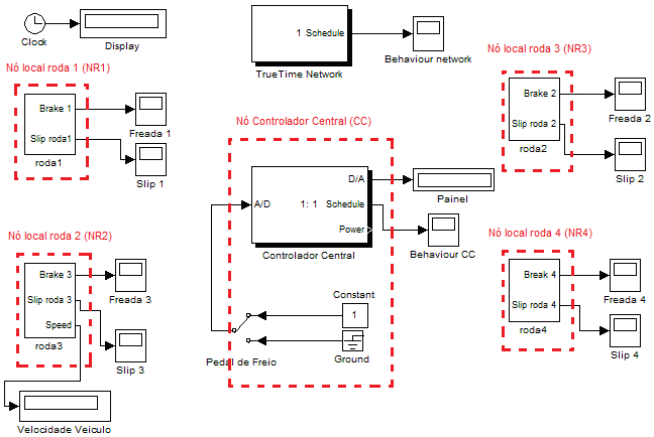


Figura 5 – Modelo ABS com 4 rodas utilizando *kernels True Time* com os nós destacados.



Na presente aplicação, utilizou-se *kernels* da ferramenta *True Time* conforme mostra a Figura 5.

2.4 Funcionamento

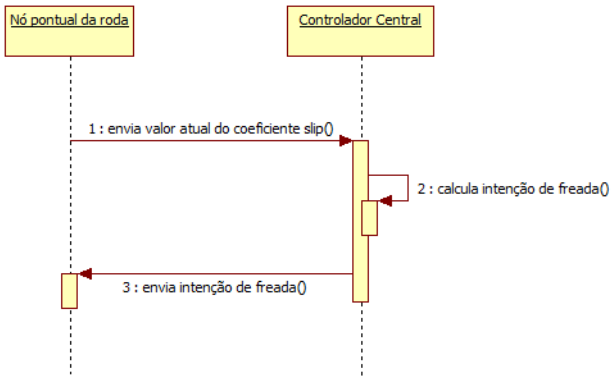
O funcionamento da aplicação consiste da interação em tempo real entre os nós locais às rodas (NR1, NR2, NR3 e NR4) e o CC. A fim de facilitar o entendimento, foi gerado um diagrama de sequência que visa demonstrar o envio e recebimento de pacotes da aplicação proposta. A Figura 6 demonstra o envio e recebimento de pacotes que ocorre de um nó local em uma roda ao CC, visando informar

ISSN 1809-3957

o valor atual do coeficiente *slip* e receber a intenção de freada, iniciando a comunicação em tempo real.

Conforme mostra a Figura 6, existe um monitoramento exercido pelo nó CC, que recebe dados dos nós das rodas, e através de uma análise retorna aos mesmos a intenção de frenagem que cada roda deve exercer. O período deste ciclo de comunicação é determinado pela aplicação é será chamado de período de amostragem. Com isso a aplicação tem um *feedback* de todos os nós locais as rodas.

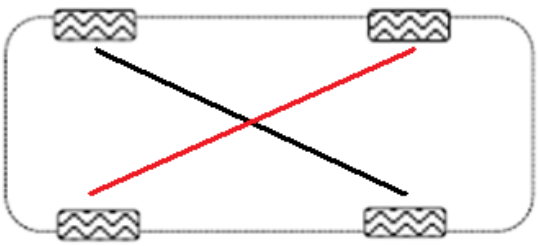
Figura 6 – Diagrama de sequência para a aplicação BBW proposta



2.5 Controle de Frenagem das Rodas

Uma vez que se tem um veículo disposto de 4 rodas é necessário um controle de frenagem correto, isto é, evitando a perda de controle quando for necessária uma parada brusca. Um controle bastante utilizado no meio automotivo é o controle em X, o qual evita que o veículo perca o controle mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Controle de frenagem em X



O controle em X funciona da seguinte maneira: qualquer intenção de freada é enviada igualmente aos pares, isto é, se o CC quer enviar uma determinada intenção de frenagem ao nó 1, será obrigatoriamente enviada a mesma intenção ao nó 4. O mesmo comportamento ocorre aos nós 3 e 4, conforme mostra Figura 7.

III. RESULTADOS

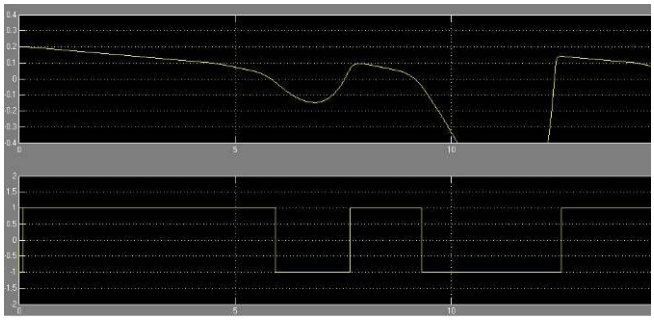
3.1 Simulação da Aplicação BBW Proposta com Protocolo TTP

Primeiramente será variada a largura de banda (LB), ou seja, a taxa de transmissão de dados da rede com um período inicial de amostragem igual a 0,075 s. Para uma largura de banda inicial de 100 Kb/s tem-se os resultados mostrados na Figura 8.

Na Figura 8 pode-se perceber dois gráficos.

O gráfico superior é referente ao comportamento do coeficiente *slip* na roda 1, onde o eixo x representa tempo decorrido em segundos na simulação e o eixo y representa o comportamento do coeficiente *slip* conforme Figura 8.

Figura 8 – Comportamento do protocolo TTP a 100 Kb/s e período de amostragem = 0,075 s.

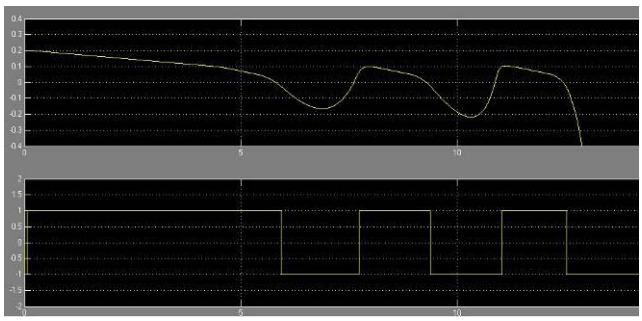


O gráfico inferior da Figura 8 representa a ação do controlador de frenagem antitravamento também na roda 1, o qual é composto pelo eixo x que representa o tempo decorrido na simulação sendo apresentado em segundos e y que demonstra o comportamento de frenagem da aplicação, variando entre 1 (frenagem total) e -1 (nenhuma ação de frenagem). Todos os gráficos semelhantes à Figura 8 serão dispostos dessa maneira.

Analisando a Figura 8 pode-se perceber que o sistema apresentou comportamento instável, uma vez que o *slip* teve uma variação maior que o desejável (0,2) apresentado um valor de coeficiente *slip* muito alto a partir do 9 s de simulação, resultando em apenas 2 ciclos de frenagem o que não ocasionou a parada total do veiculo no tempo de simulação proposto (15 s).

Agora a largura de banda será aumentada para 5 Mb/s que para este padrão representa o valor máximo de transferência de dados. O resultado da simulação é apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Comportamento do protocolo TTP a 5 Mb/s e período de amostragem = 0,075 s



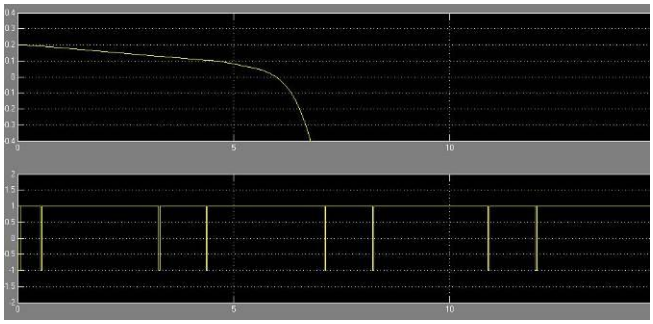
No caso da Figura 9 permanece a instabilidade do sistema, uma vez que o *slip* apresenta um valor muito alto no instante igual a 13 s, o que certamente ocasionaria derrapagem. Ao final desta simulação o veículo apresentou velocidade maior que zero já que obtemos apenas dois ciclos de frenagem.

O sistema tem um comportamento instável nas duas situações, muitas vezes perdendo controle, tendo em situações reais uma conseqüência catastrófica. Isto acontece porque o período de amostragem está muito alto para tal aplicação de tempo real rígido. Para tentar corrigir isso é necessário diminuir o período de amostragem, o que ocasionará maior tráfego de rede. Será diminuído o período

ISSN 1809-3957

de amostragem para 0,0075 s, para ser feita a análise do comportamento da aplicação, conforme Figuras 10 e 11.

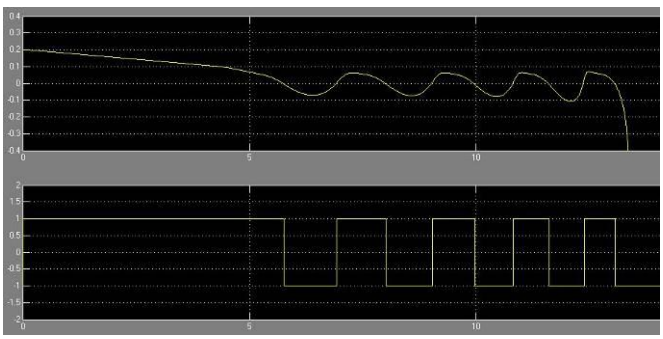
Figura 10 – Comportamento do protocolo TTP a 100 Kb/s e período de amostragem = 0,0075 s



Com LB = 100 Kb/s permanece a instabilidade da aplicação, uma vez que o gráfico apresentado na Figura 10 revela um considerável aumento do coeficiente slip próximo do instante igual a 7 s, não obtendo nenhum ciclo de frenagem para este caso.

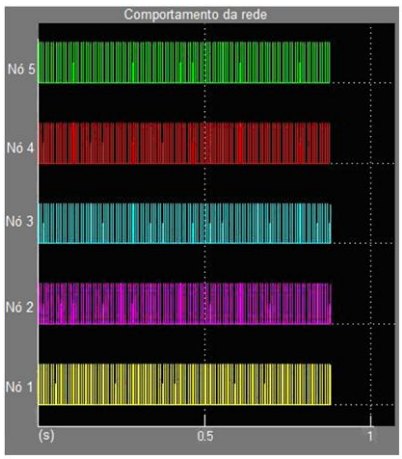
Na configuração máxima do padrão, isto é LB = 5 Mb/s, conforme apresenta Figura 11 o sistema mostrou-se bastante estável, uma vez que o mesmo funcionou idealmente se comparado com o modelo de Michaels e Quinn (1997) que utilizava um controlador *bang-bang* em cada roda sem nenhum monitoramento e controle de um controlador central.

Figura 11 – Comportamento do protocolo TTP a 5 Mb/s e período de amostragem = 0,0075 s



A Figura 12 demonstra o comportamento de rede para esta configuração, onde o eixo x representa o tempo decorrido em segundos e no eixo y o número do nó. Cada pulso apresentado pelo gráfico representa um período de amostragem executado pela aplicação, isto é, um ciclo de comunicação entre os nós. Com este gráfico pode-se perceber o tráfego na rede. Os demais gráficos semelhantes a este serão apresentados desta maneira.

Figura 12 - Comportamento da rede no protocolo TTP/C a 5 Mb/s e período de amostragem igual a 7,5 ms



3.2 Simulação da Aplicação BBW Proposta com Protocolo Flexray

Assim como no teste anterior, inicialmente será variada a largura de banda. A Figura 13 demonstra o resultado para simulação com LB = 20 Mb/s, a qual configura-se como taxa máxima de transferência de dados do protocolo *Flexray*.

Na Figura 13 percebe-se comportamento semelhante ao protocolo TTP com esta configuração(100 Kb/s e 0,075 s), aumentando consideravelmente o coeficiente *slip* a partir do instante igual a 9 s obtendo apenas dois ciclos de frenagem. O mesmo resultado é aplicado para a Figura 14.

Figura 13 – Comportamento do protocolo Flexray a 100 Kb/s e período de amostragem = 0,075 s

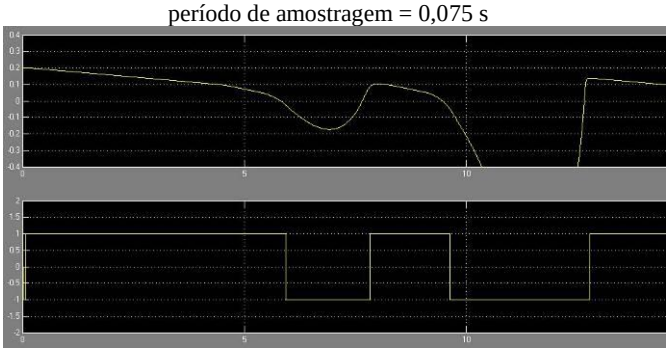
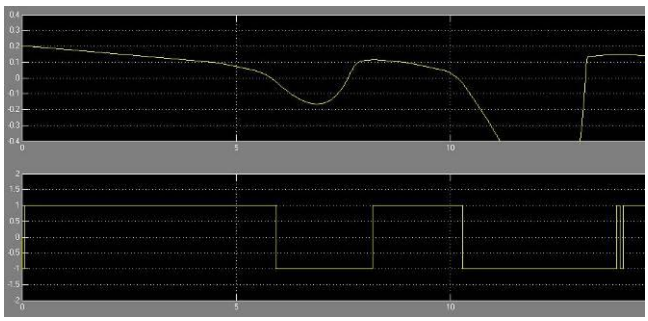


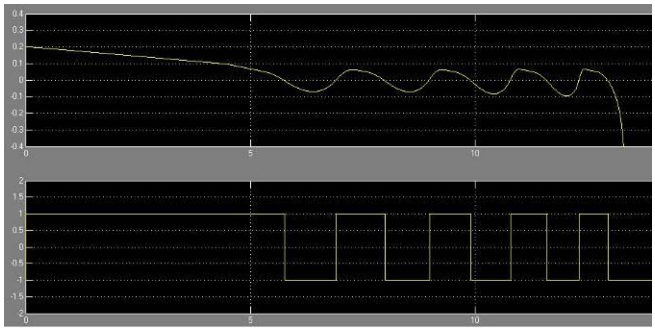
Figura 14 – Comportamento do protocolo Flexray a 10 Mb/s e período de amostragem = 0,075 s



Mais uma vez será aumentado o período de amostragem para 0,0075 s. O resultado para tal situação é demonstrado na Figura 15.

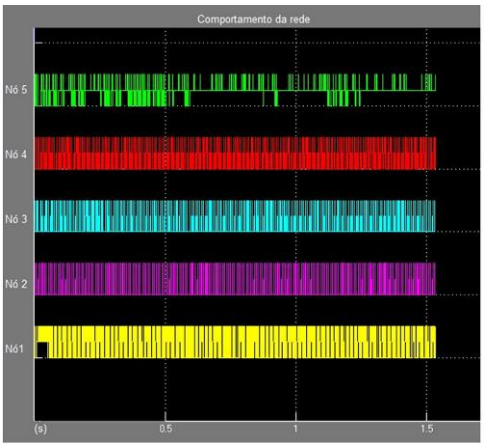
ISSN 1809-3957

Figura 15 – Comportamento do protocolo *Flexray* a 10 Mb/s e período de amostragem = 0,0075 s



Neste caso pode-se perceber o sistema com comportamento estável igualmente ao TTP com configuração idêntica, porém após uma análise minuciosa percebe-se pequena perda de pacotes para o nó 5 (roda 4) do sistema, porém tal perda não representou instabilidade no sistema. Tal situação é demonstrada na Figura 16.

Figura 16 - Comportamento da rede no protocolo Flexray a 20 Mb/s e período de amostragem igual a 7,5 ms



IV. CONCLUSÃO

Este trabalho revelou informações sobre aplicações *brake-by-wire* e protocolos de comunicação tolerante a falha, foco principal deste trabalho, sendo demonstrado a influência no comportamento e desempenho de tais padrões mediante a variação de largura de banda e tráfego na rede de comunicação, possibilitando a comparação entre TTP e *Flexray*.

A aplicação *brake-by-wire* modelada com *kernels* de tempo real, da ferramenta de simulação *True Time*, apresentou o resultado esperado, levando em consideração a existência da mitigação a algumas hipóteses de falha, dentre elas a perda de comunicação com um dos nós do sistema, que se caracteriza por ser um modo de falha comum em aplicações *x-by-wire.*

Através da simulação foi possível analisar o comportamento dos padrões em diferentes situações adotadas pelo projeto, obtendo resultados relevantes sobre o comportamento dos protocolos e da aplicação. Em determinada situação de teste, que ocasionou perda de pacotes no protocolo Flexray, o comportamento do sistema de frenagem da aplicação mostrou-se estável devido à tolerância a falhas proposta pela aplicação, uma vez que mesmo perdendo pacotes em um dos nós mitigou a falha utilizando dados recebidos pelo par referente ao nó em falha. Dentre os resultados obtidos com relação ao comportamento dos padrões avaliados, o protocolo TTP apresentou melhor desempenho mantendo o funcionamento correto da aplicação, no funcionamento ideal para a aplicação *brake-by-wire* proposta (p = 0,0075 s). Por sua vez, o protocolo *Flexray* apresentou pequena defasagem no modo ideal de funcionamento, demonstrando pequena perda de pacotes em um dos nós.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERVIN, A.; ARZEN, K. ***True Time: Simulation Tool for Performance Analisys of Real-time Embedded Systems***. Automatic Control LTH, Lund University, Sweden.

CERVIN, A.; OHLIN, M.; HENRIKSSON, D. **Simulation of Networked Control Systems Using Truetime**. Sweden: Department of Automatic Control LTH, Lund University, 2007.

HELLER, C.; REICHEL, R. Enabling Flexray for Avionic Data Buses.In: Digital Avionics Systems Conference, 28., 2009, Orlando. **Proceedings…**Orlando: IEEE, 2009. p. 1.B.1-1 – 1.B.1-14.

MICHAELS, L.; QUINN, S. *Modeling an Anti-Lock Braking System.The MathWorks. 1997*

PAULITSCH, M; HAILL, B. Flexray in Aerospace and Safety-Sensitive Systems. IEEE Aerospace e Eletronic Systems Magazine, v.23, n.9, p.4-13. Set. 2008.

RUSHBY, J. **A Comparison of Bus Architectures for Safety-Critical Embedded Systems**. Menlo Park, CA, USA: SRI International, 2002. 51p. NASA/CR–2003–212161.

VI. COPYRIGHT

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