

REVISTA

SODEBRAS

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 7 - Nº 84 - Dezembro/ 2012
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA EM CRIATÓRIO DE PACAS (<i>Agouti paca</i>) – Celso Ferreira Sampaio, Adriana Mello De Araújo, Tânia Maria Leal, Diego Helcias Cavalcante, Thea M. Medeiros Machado	03
COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE GESSO RESIDUAL DA INDÚSTRIA MINERADORA - Patrick Teixeira Oliveira, José Fernando Ganime, José Genário Keles, João Trajano Da Silva Neto, Domingos Sávio De Resende, Augusto Cesar Da Silva Bezerra	06
PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA DISTRIBUIÇÃO DA CARGA DE TRABALHO USANDO O PARADIGMA ORIENTADO A NOTIFICAÇÕES (PON) - Danillo L. Belmonte, Jean M. Simão, Paulo C. Stadzisz	10
TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA COM AUXÍLIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL APLICADA EM PROCESSO DE EXTRUSÃO DE COMPOSTOS - Janamilton Medeiros Oliveira, Luiz Eduardo Nicolini Do Patrocínio Nunes, Valesca Alves Correa	18
SIMULAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS NA REDE EMPREGANDO DIFERENTES TECNOLOGIAS DE CÉLULAS - Stefanie Bator, Samara Carla Trombetta, João Batista Dias.....	25
UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITOS DE RESÍDUO GERADO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ - Leila Denise Alberti, Suellen Gavronski, Aline Lovatel, Ivonete O. Barcellos	31
SUPERVISÃO AÉREA POR IMAGENS APLICANDO UM MÉTODO DE REALIDADE AUMENTADA - Letícia P. Mansano, Paulo C. Stadzisz	37
COMUNIDADES DE APRENDIZAGEM ONLINE: O USO DE CHATBOTS COMO TUTORES VIRTUAIS AUTOMÁTICOS - Luciano Alves Lima	45

TÉCNICAS DA PESQUISA OPERACIONAL NA AVALIAÇÃO DE DISTÚRBIOS VOCAIS EM DOCENTES - Divanete Maria Bitdinger De Oliveira, Maria Teresinha Arns Steiner, Deise Maria Bertholdi Costa	52
INTEGRANDO ENGENHARIA ELÉTRICA E DESIGN – SENDES/UFPE - Sílvia Diniz De Lourenço Junior, Heitor Scalabrini Costa, Alberes Vasconcelos Cavalcanti	58
GESTÃO DE RISCOS NO TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS E A NORMA NBR/IEC 31010 - Raíssa Oliveira Marques, Vanderley De Vasconcelos	63
AUTOMAÇÃO DA REPOSIÇÃO DE MATERIAL NO ABASTECIMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM AUTOMOTIVAS - Wilton Ney Do Amaral Pereira, Geraldo Moretti Lisboa	71
RISCOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM RAZÃO DO MODO DE ATUAÇÃO DAS EMPRESAS LIMPA- FOSSA NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA - Fernanda Posch Rios, Eraldo Henriques De Carvalho, Simone Costa Pfeiffer, Maria Ercilia Louzada	77

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



IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA EM CRIATÓRIO DE PACAS (*Agouti paca*)

CELSO FERREIRA SAMPAIO¹, ADRIANA MELLO DE ARAÚJO², TÂNIA MARIA LEAL², DIEGO HELCIAS CAVALCANTE^{1,2}, THEA M. MEDEIROS MACHADO³.

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ; 2 – EMBRAPA, 3 – UNIVERSIDADE

FEDERAL DE VIÇOSA

adriana.araujo@embrapa.br

Resumo - Segundo normas do IBAMA, todas as espécies silvestres criadas em cativeiro, independente da origem devem ser identificadas. Em relação a *Agouti paca* (paca) o método utilizado para tal marcação é através de microchips. Este procedimento, apesar de necessário, é oneroso e de difícil aplicação quando se trata de pacas adultas, pois há indicação em outros animais da fauna silvestre que o identificador eletrônico seja aplicado abaixo da orelha esquerda, local de difícil acesso devido ao comportamento desta espécie. Objetivando testar um local de aplicação mais fácil e rotineiro, realizou-se o estudo em um pacário com fins comerciais, onde a microchipagem auxilia no controle zootécnico, optando para uma área de implantação de mais fácil acesso e segurança, tanto para quem realiza o implante quanto para o animal, buscando menor estresse.

Palavras-chave: microchips. identificação eletrônica. rastreamento, transponder.

I. INTRODUÇÃO

Entre os animais considerados de caça, a *Agouti paca* (paca) é o de sabor mais apreciado pelas populações rurais e indígenas. Essa constatação faz dela um animal extremamente ameaçado, tornando-a rara em vários locais e até mesmo extinta. Considerando ainda a destruição de seu habitat através da degradação de florestas e matas da região Meio-Norte do Brasil, a criação em cativeiro representa uma estratégia de preservar a espécie, ainda que a finalidade seja de forma mista para conservação ou mesmo comercial.

É um dos maiores roedores do Brasil só perdendo em tamanho para a capivara. Pode ser facilmente reconhecida por seus pêlos curtos e eriçados, em tonalidades variáveis, que vão do castanho-pardo ao castanho-avermelhado, geralmente tem quatro faixas longitudinais brancas. Seu traço típico está na cabeça, com orelhas pequenas e as laterais do focinho inchadas, devido à presença de uma "caixa de ressonância", que lhe permite emitir sons. Suas patas são fortes e possuem unhas afiadas - as anteriores com quatro dedos e as posteriores, cinco. Os machos adultos medem, em média, 60 a 80 cm e as fêmeas são um pouco menores, medindo, em média, de 55 a 70 cm, de acordo com MONDOLFI (1972) e BENTT (1981); no entanto, de acordo com DEUTSCH & PUGLIA (1988), o comprimento da paca varia de 32 a 60 cm, da cabeça à base da cauda. O peso corpóreo varia de 5 a 10, podendo chegar até aos 14 kg, de acordo com MATAMOROS (1982), e não ultrapassa 10 kg,

como relataram DEUTSCH & PUGLIA (1988). Seus dentes incisivos medem aproximadamente 3 cm e são extremamente afiados. Adapta-se a ambientes muito variados, mas prefere as zonas cobertas com vegetação alta, vizinhas a rios ou riachos, por ser boa nadadora. Alimenta-se de frutos, tubérculos, raízes e folhas. Tem hábito noturno e por temperamento é solitária e tímida. Às vezes é encontrada aos pares, principalmente no período de acasalamento ou quando acompanhada da cria. O cio (com intervalo de 31 dias) ocorre logo depois do nascimento e novamente após o desmame. O macho atinge a maturidade sexual com cinco a seis meses e a fêmea com cinco a oito meses de idade. O período de gestação fica em torno de 118 dias e dá à luz uma cria por vez, podendo ocorrer até duas gestações por ano. São raros nascimentos de gêmeos. As fêmeas possuem dois pares de tetas e o macho tem o pênis espiculado (com pequenos espinhos) provocando hemorragia por ocasião do coito. O tempo de vida é de dezesseis anos em média, embora alguns autores registrem dezoito anos.

Para a criação em cativeiro, segundo normas do IBAMA (Instrução Normativa n. 2 de março de 2001) faz-se necessário a identificação de todos os animais, até mesmo aqueles apreendidos em criatórios não habilitados e oriundos de capturas na natureza. No Brasil, a utilização de tecnologia eletrônica para identificação animal está em fase inicial. O local de implantação do transponder não é definido, porém, deve ser de fácil acesso, proporcionando maior eficiência, causando menor estresse ao animal e segurança ao aplicador.

No caso da paca, a identificação só é possível através do uso de **microchips ou transponder**, uma vez que seus pelos recobrirão qualquer tipo de tatuagem e o corte no tecido cutâneo ou na cartilagem (tipo marcação australiana) se regenera. A norma para identificação não define o local para aplicação de identificador digital, porém na maioria dos casos relatados em outros animais silvestres, se faz abaixo da orelha esquerda. Foi constatado, através de observações no pacário Celferrsam que as pacas em cativeiro quando submetidas a estresse e principalmente no ato do coito se tornam agressivas, sendo regra o ataque principal acontecer na região do pescoço, o que eventualmente poderá danificar e ou deslocar o microchip, causando sua perda ou impossibilitando a leitura.

Segundo Milan, Cajá e Ghirardi (2005), o custo unitário com a identificação eletrônica é de aproximadamente 4.47 euros. Porém, estes custos tendem a baixar com a redução do preço de aquisição do equipamento de leitura, que é o maior responsável pelo custo do sistema eletrônico de identificação.

O presente trabalho tem por objetivo testar outro local de implante de microchips para identificação individual em pacas de criatório comercial.



Figura 1- *Agouti paca*

II. PROCEDIMENTOS

Os testes foram conduzidos no pacário Celferrsam (Cadastro nº. 2102841 - Autorização Prévia nº. 1007/2008) localizado na Estrada da Cajaíba, na Chácara Nossa Senhora Aparecida, zona rural de Teresina/PI, no período de julho a novembro de 2008.

Foram utilizados 21 animais da espécie *Agouti paca* sendo 04 jovens (02 machos e 02 fêmeas) e 17 adultos (04 machos e 13 fêmeas), distribuídos em quatro baias. O experimento foi realizado com implante transponder que consiste em um microchip de 12 mm encapsulado por película de silicone biocompatível, indicado para uso em animais silvestres e domésticos ligados a pecuária, segundo Normas Internacionais. O local de implante foi testado em dois lugares: dezoito microchips na parte posterior da perna esquerda e três implantados abaixo da orelha esquerda. Estes locais foram testados quanto à facilidade para implantação do identificador, segurança ao manuseador e as perdas de leitura por migração do implante no animal.

Para contenção dos animais adultos testou-se um cano de cimento amianto medindo 15 cm de diâmetro e um puçá com 42 cm de diâmetro e 3 cm de espaço entre malhas (corda de nylon), enquanto os jovens foram contidos manualmente. Neste artigo foi analisado o MIT para um veículo elétrico, porém o circuito implementado pode ser utilizado para controlar a velocidade de motores de indução para outras finalidades, sejam residenciais ou industriais.

Os microchip utilizados foram FDX (*Full-Duplex*) ISO11784 e o leitor RFID (*Radio Frequency Identification*). Os implantes foram aplicados, subcutaneamente, com um injetor com agulha oca (apropriado). A assepsia do local da aplicação foi realizada antes e após o procedimento, com álcool iodado. Após o implante dos identificadores (04/08), foram efetuadas cinco leituras com os seguintes intervalos de tempo: primeira leitura após 10 dias (14/08), a segunda com 17 dias (21/08), a terceira com 50 dias (23/09), a quarta com 73 dias (16/10), e a quinta após 99 dias (11/11). Todos os procedimentos foram devidamente fotografados.

III. RESULTADOS

Verificou-se maior eficiência na contenção utilizando um puçá de corda. O método de captura com a ajuda do cano de cimento amianto causou maior estresse ao animal (observou-se a ocorrência de uma paralisia temporária) e ferimentos, maior risco ao manuseador e mais tempo para a conclusão do procedimento de contenção.



Figura 2- Contenção da paca para leitura

Todas as leituras dos transponder aplicados nas pacas foram obtidas com êxito, independente do local de aplicação, alcançando 100% de sucesso. Segundo ator (HOSKEN, 2001) o local de implante recomendado seria na base da orelha esquerda. PANDORFI et al., 2005 salientou que o local de implante deve ser de fácil acesso e de modo que não haja danos na carcaça. O autor indicou a cartilagem da orelha como o local mais indicado para implante em suínos. Não foram encontrados outros trabalhos na literatura indicando o local de aplicação de chips em animais silvestres.

O trabalho também demonstrou que a implantação do microchip na perna possibilitou uma leitura com maior segurança, rapidez e menor estresse das pacas, quando comparado ao implante na orelha. Isto se deu porque a aproximação do manuseador pela parte traseira é menos notada pelo animal. Devemos considerar ainda que a perda, dano físico ou deslocamento do transponder implantado na parte posterior da perna dificilmente ocorrerá, pois se trata de uma área corpórea que os animais não sofrem ataques.

A migração do implante tem sido um problema relatado na literatura. O local deve ser padronizado e conhecido para possibilitar a remoção no momento do abate, além de possíveis danos a órgãos internos dos animais (PANDORFI et al., 2005). Durante o período experimental, não houve ocorrência de migração em nenhum dos locais escolhidos para implante nas pacas. Mais estudos deverão ser conduzidos para avaliar a longo prazo a existência de migração do transponder e os danos originados com a perda de leitura e com a remoção do implante no abate.

IV. CONCLUSÃO

Para atender a legislação brasileira e implantar o sistema de identificação individual em criatórios de pacas, o implante subcutâneo de transponder FDX ISO mostrou-se eficiente e seguro. Sugere-se o uso de um puçá de corda para contenção dos animais e o local de implante na parte posterior da perna esquerda.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLFLEX. **Identificação animal e coleta de dados automática.** Disponível em: <<http://www.allflex.com.br/pt/identificacao-animal/manejo.php?pri=Iden&sec=Mane>>. Acesso em 25 jun. 2008.
- ANIMALLTAG. **Solução em rastreabilidade.** Disponível em: <<http://www.animalltag.com.br/noticias.php?news=1&newsid=61>>. Acesso em 28 jun. 2008.
- BENTTI, S.B. Roedores da América tropical. *Natura*, Caracas, n.70-1, p.40-4, 1981.
- CANELLO, V.A. et al. **Descrição Histológica da Pele da Paca (*Agouti paca*).** Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/conbravet2008/anaais/cd/resumos/R1215-1.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2008.
- DEUTSCH, L.A.; PUGLIA, L.R.R. Paca. In:_. Os animais silvestres: proteção, doenças e manejo. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p.45-50.
- EISENBERG, J.F. Order rodentia. A preliminary analysis of neotropical mammal fauna: *Mammals of the neotropics: the northern neotropics*. Chicago: University of Chicago, 1989. v.1, p.395-397.
- HOSKEN, Fábio Moraes; SILVEIRA, Ana Cristina. Criação de pacas. **Coleção Animais Silvestres**. Viçosa. v. 3, p. 262, 2001.
- MATAMOROS, Y. Notas sobre la biología del tepezcuinte, cuniculus paca, brisson, (Rodentia: Dasyproctidae) en cautiverio. *Brenesia*, San Jose, n.19/20, p.71-82, 1982.
- MILAN, S.C.; CAJA, G.; GHIRARDI, J.J. Cost evaluation of the use of conventional and electronic identification and registration systems for the nacional sheep and goat population in Spain. **J. Animal Sci.** v. 83, n.5, p.1215-1225, 2005.
- MILLER, Carlos Alberto. Desafios nas pesquisas em animais silvestres. **Revista CFMV**. ano XI, n. 34, p. 77, janeiro/abril, 2005.
- MONDOLFI, E. La laca o paca. *Defensa de la naturaleza*, Caracas, v.2, n.5, p.4-16, 1972
- PANDORFI, Hélion et al. Locais de implante de microchips de identificação eletrônica de leitões: seleção e validação por análise de imagem. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 25, n.1, p.1-9, janeiro/abril, 2005.
- SCAVONE, Alessandra Regina Feixo et al. Topografia do cone medular da paca. (*Agouti paca*, *Linnaeus – 1766*). **Braz. J. vet. Res. anim. Sci.** São Paulo. v. 44, p. 53-57, 2007.

VI. COPYRIGHT

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



COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE GESSO RESIDUAL DA INDÚSTRIA MINERADORA

PATRICK TEIXEIRA OLIVEIRA¹; JOSÉ FERNANDO GANIME¹; JOSÉ GENÁRIO KELES¹; JOÃO TRAJANO DA SILVA NETO²; DOMINGOS SÁVIO DE RESENDE¹; AUGUSTO CESAR DA SILVA BEZERRA¹

¹ CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, CAMPUS ARAXÁ – augustobezerra@araxa.cefetmg.br

² INSTITUTO FEDERAL DO SUDESTE DE MINAS GERAIS, CAMPUS SANTOS DUMMONT

Resumo - Neste estudo foi investigado o comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com adição de gesso residual da indústria mineradora. Foram confeccionadas quatro argamassas com diferentes adições de gesso. Foram adicionados 0, 10, 20 e 30% de gesso em relação da massa de cimento. Para cada proporção de materiais foram moldados 5 corpos-de-prova cilíndricos (50 x 100mm) e 3 prismáticos (40 x 40 x 200mm). Foram realizados ensaios de resistência à compressão e resistência à flexão. Os resultados de resistência à compressão para as argamassas com adição de gesso residual da indústria mineradora apresentaram-se satisfatórios e os resultados de resistência à flexão apresentaram-se superiores para as argamassas com adição. No entanto, é válido ressaltar que a resistência à compressão não é um parâmetro de grande importância para argamassas de revestimento. Apesar do uso de argamassas de cimento e gesso não serem recomendadas devido a perda na durabilidade da mesma pela formação de produto que causa expansibilidade, chamado etringita, acredita-se que o uso do gesso residual da indústria mineradora em argamassas pode ser uma solução viável em situações específicas para a redução de um passivo ambiental da indústria mineradora.

Palavras-chave: gesso, resíduo da indústria da mineração, argamassa.

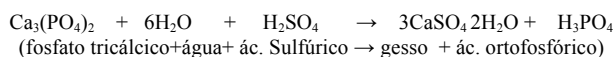
I. INTRODUÇÃO

O fósforo existe com certa abundância na natureza, está entre os elementos mais comuns. Seus minérios são rochas naturais que se formam em ambientes geológicos variados. Habitualmente, contém mais de um tipo de fosfato, sendo os mais comuns os fosfatos de cálcio do grupo da apatita. Quando em quantidade e concentração suficientes, formam depósitos de valor econômico. Estes minérios podem então ser utilizados diretamente, ou após beneficiamento, na manufatura de produtos comerciais. Sua principal aplicação é na agricultura, como fertilizante [1].

A produção de fertilizantes a partir de minérios fosfatados naturais é realizada em complexos industriais constituídos por unidades que podem agrupar-se numa mesma área ou atuarem separadamente [1]. No Complexo Industrial de Uberaba existem unidades produtivas de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, fosfato monoamônio, superfosfato triplo, superfosfato simples, nitrato de amônio e uréia, e têm operado no limite de suas capacidades. A operação deste

complexo industrial produz como resíduo o sulfato de cálcio dihidratado, também chamado de fosfogesso.

O produto principal da reação entre o concentrado fosfático e o ácido sulfúrico é o ácido ortofosfórico [1], reação essa que pode ser representada pela seguinte equação:



O gesso gerado do processo é bombeado para barragem de rejeitos. O reaproveitamento do fosfogesso vem sendo estudado em vários países. Este subproduto é gerado a partir do processo de produção do ácido fosfórico, na fabricação de fertilizantes fosfatados. O Brasil responde pela produção em 1994 de 2,7 milhões de toneladas de ácido fosfórico [2]. O tratamento de uma tonelada de apatita concentrada resulta, em média, em 1,7 toneladas de fosfogesso [3]. A geração global anual de fosfogesso pode ser estimada em aproximadamente 130 milhões de toneladas, sendo 12,2 milhões de toneladas provenientes do Brasil, para as quais se deve encontrar algum tipo de uso [4]. Não só no Brasil, mas como em todo planeta temos uma elevada produção deste resíduo, atualmente, cerca de 3 milhões de toneladas de fosfogesso são geradas anualmente na Espanha como subproduto do ácido fosfórico na indústria fertilizante [5]. Mais de 30 milhões de toneladas de fosfogesso são produzidas por ano na China e menos de 10% é reutilizado [6-7].

O "United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation" cita as diversas aplicações comerciais do fosfogesso nos Estados Unidos da América, onde 5% da quantidade total produzida são usados como fertilizante, condicionador do solo, sub-base e base para rodovias e estacionamentos, aditivo para concreto e blocos de concreto, saneamento de minas e recuperação do enxofre [8-9]. Na Europa e Japão o fosfogesso tem sido extensivamente empregado na produção de cimento, revestimento de paredes e outros materiais de construção. O fosfogesso é usado extensivamente, em muitos países, como um substituto do gesso natural na produção de cimento, revestimento de paredes e plastificantes [9]. O gesso é um importante não só utilizado na produção de cimento, agricultura ou como material de enchimento em várias mercadorias, mas é um material base para fazer argamassa

[10]. É crucial encontrar a melhor alternativa de uso para as 120 milhões de toneladas de subprodutos de gesso descartadas sem prejudicar o meio ambiente [11]. Diversos trabalhos foram elaborados [8], enfocando as várias possibilidades de aplicação do fosfogesso brasileiro na agricultura [12-17], na construção civil [18-24] e outros potenciais tecnológicos [21,22,25-27]. Entretanto, todas estas possibilidades de aplicação empregam aproximadamente 10% do fosfogesso produzido no [17].

As possíveis aplicações comerciais do fosfogesso no Brasil foram citadas [19-20]. Segundo os autores, as aplicações incluem o uso como corretivo de solos, adição ao clínquer na produção de cimento Portland e na preparação de cargas minerais. Na aplicação do fosfogesso como adição ao clínquer, em substituição à gipsita, o sulfato de cálcio atua como agente controlador do tempo de pega do cimento, sendo adicionado em teor de até 5%, segundo a especificação brasileira. Esse consumo constitui 10% do total do fosfogesso produzido no Brasil. Uma quantidade do fosfogesso é utilizada na indústria de cimento, como agente retardador de pega [22]. Os autores relatam ainda a possibilidade de recuperação do enxofre, presente em grandes quantidades no fosfogesso.

Três tipos de clínqueres sulfoaluminosos com o fosfogesso em seis formulações para a obtenção de um cimento de baixo impacto ambiental (BIA) foram pesquisados [4]. Nestas seis composições, grandes quantidades de fosfogesso (70% a 95%) e pequenas quantidades de clínqueres (5% a 30%) foram empregadas. Através do estudo de resistência mecânica e dos ciclos de imersão/secagem (visando avaliar a durabilidade de cimento BIA), foi visto que a partir de grandes quantidades de sulfato de cálcio (fosfogesso) e de pequenas de clínquer sulfoaluminoso é possível obter um cimento com desenvolvimento de resistência bastante apreciável. Os autores constataram que, para obter uma resistência mínima, é necessário que o cimento possua, pelo menos, 10% de clínquer e, para que a insolubilidade à água do fosfogesso seja assegurada, é necessário um mínimo de 20% de clínquer.

II. PROCEDIMENTOS

Para o presente trabalho foi coletado fosfogesso, resíduo do processo de formação do ácido fosfórico. Estas amostras coletadas foram armazenadas no laboratório de Materiais do CEFET-MG, Campus IV - Araxá. O fosfogesso obtido foi secado em estufa na temperatura de 75 +/- 5°C. Em seguida foram confeccionados os corpos-de-prova com e sem adição de fosfogesso. Na tab. 1 é apresentada a proporção de materiais utilizados nas argamassas.

Tabela 1 - Proporção de materiais utilizados para confecção dos compósitos cimentícios com o fosfogesso.

Material	Referência AC	Traço 1 (10%) AAF10	Traço 2 (20%) AAF20	Traço 3 (30%) AAF30
	Quantidades (g)			
Cimento	624,00	624,00	624,00	624,00
Fosfogesso	0,00	62,40	124,80	187,20
Água	300,00	300,00	300,00	300,00
Areia normal				
fração grossa	468,00	468,00	468,00	468,00
fração média grossa	468,00	468,00	468,00	468,00
fração média fina	468,00	468,00	468,00	468,00
fração fina	468,00	468,00	468,00	468,00

A argamassa sem adição será chamada de argamassa controle (AC) e as argamassas adicionadas de fosfogesso (AAF). Foram moldados 12 corpos-de-prova prismáticos de 40x40x160mm e 20 corpos-de-prova cilíndricos com 50mm de diâmetro e 100mm de altura. Após 7 dias da cura úmida de 14 dias, os corpos-de-prova foram caracterizados mecanicamente através dos ensaios de resistência à compressão e resistência à tração na flexão.

Para determinação da resistência à compressão foram ensaiados 5 corpos-de-prova (cilíndricos) para cada argamassa, totalizando 20 corpos-de-prova ensaiados a compressão simples. O ensaio foi realizado em máquina universal de ensaios mecânicos eletromecânica microprocessada de duplo fuso com duas colunas guias cilíndricas paralelas, Emic DL30000N, com velocidade de aplicação de carga de 0,5MPa/s. Os corpos-de-prova tiveram suas bases regularizadas com capeador de neoprene com base metálica. Para determinação da resistência à tração na flexão foram ensaiados 3 corpos-de-prova prismáticos para cada argamassa, totalizando 12 corpos-de-prova ensaiados. O equipamento utilizado foi o mesmo do ensaio de resistência à compressão e com velocidade de aplicação de carga de 0,1MPa/s.

III. RESULTADOS

Na fig. 1 é possível observar a média, a mediana, os valores máximo e o mínimo de resistência à compressão alcançados pelas argamassas produzidas. A AC apresentou resistência à compressão superior a AAF10 em aproximadamente 48%. A AAF20 e a AAF30 apresentaram resistência à compressão inferiores a AAF10, cerca de 69 e 45%, respectivamente. Estas diferenças nos resultados de resistência à compressão dos concretos não se apresentaram de forma relevante.

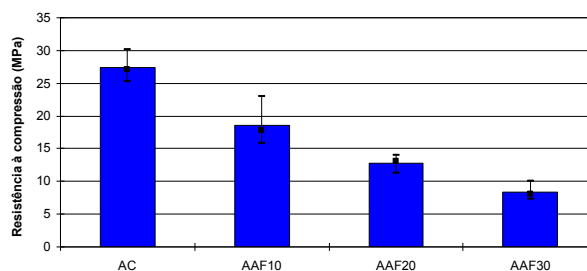


Figura 1 - Resultados do ensaio de resistência à compressão das argamassas

Deve-se ressaltar que a resistência à compressão não é importante para argamassas de revestimento. Conforme a NBR 13281 (ABNT, 1987) as argamassas de revestimento de paredes e tetos ou assentamento de paredes devem cumprir com os requisitos nela estabelecidos. Todas as argamassas de fosfogesso apresentaram-se com resistência à compressão superior a resistência mínima para a identificação 1.

Tabela 2 - Exigências mecânicas para argamassas (resumido ABNT, 2001)

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$> \text{ou} = 0,1 \text{ e } < 4$	NBR 13279
	II	$> \text{ou} = 4 \text{ e } < \text{ou} = 8$	
	III	> 8	

A ASTM E 761 (ASTM, 1988) define como parâmetro mínimo de resistência à compressão de argamassas projetadas para proteção de estruturas metálicas o valor de 0,057MPa.

Na Figura 2 são apresentados os resultados de resistência à tração na flexão das argamassas. Nota-se que a resistência à tração na flexão de todas as argamassas com adição de fosfogesso é superior do que a argamassa de referência. A AAF10 apresenta o melhor resultado, cerca de 100% superior em relação à AC, a partir desta porcentagem de adição os valores da resistência dos compósitos decrescem com o aumento da proporção do resíduo. No entanto ainda permanecem superiores à AC, sendo AAF20 e AAF30 de aproximadamente 94 e 51%, respectivamente.

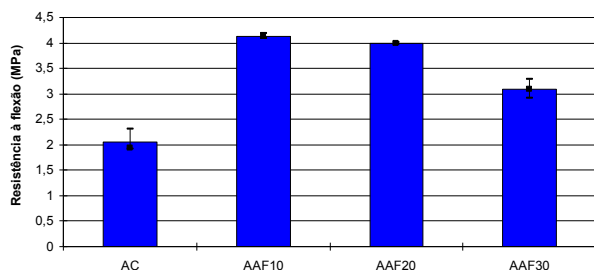


Figura 2 - Resultados da resistência à tração na flexão das argamassas

Analisando as curvas da Figura 3 notamos que os corpos de referência romperam primeiro do que os corpos com adição do gesso, comprovando mais uma vez a eficácia das argamassas com adição. Nesta figura também nota-se a superioridade da argamassa de 10% em relação às outras.

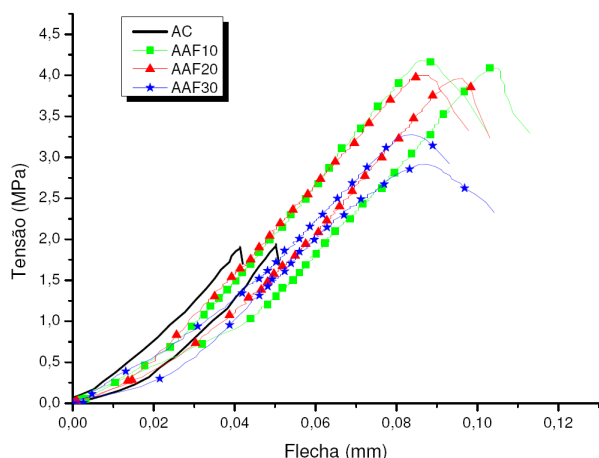


Figura 3 - Tensão versus Flecha das argamassas ensaiadas

IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho conclui que:

- a adição de fosfogesso não contribui para o acréscimo da resistência à compressão do compósito.
- a adição de fosfogesso contribui para o acréscimo da resistência à tração na flexão do compósito;
- ressaltando que a resistência à compressão não é importante para argamassas de revestimento, é viável o uso de fosfogesso para a confecção de argamassas em situações especiais, como em argamassas para proteção passiva de estruturas metálicas. É válido ressaltar que não foram encontrados parâmetros para argamassas para proteção passiva de estruturas metálicas;

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro, e bolsas disponibilizadas para a pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LOUREIRO, F. E. L.; MONTE, M. B. M. e NASCIMENTO, M. Capítulo 7 - Agrominerais – Fosfato. Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2008, 2a Edição, 2008.
- [2] KULAIF et al. Fosfogesso: impacto ambiental e alternativas para seu aproveitamento no Brasil. In: CONGRESSO ITALO BRASILEIRO DI INGEGNERIA MINERARIA. Atti... Parma: Epusp/Universita di Cagliari/Anim, 1994.
- [3] SAMONOV, A. E. New Data on Mineral Forms of Rare Metals in Phosphogypsum Wastes. Ryabchikov.Pleiades Publishing, 2011.
- [4] LUZ, C. A.; CHERIAF, M.; ROCHA, J. C.; AMBROISE, J. e PERA, J. Estudo de um cimento com baixo impacto ambiental (BIA) a partir do clínquer sulfoaluminoso e do fosfogesso. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 7-27, out./dez. 2005.
- [5] PÉREZ, R. L.; ÁLVAREZ, A. M. V.; MIGUEL, J. N.Changes in mobility of toxic elements during the production of phosphoric acid in the fertilizer industry of Huelva (SW Spain) and environmental impact of phosphogypsum wastes.Huelva. Huelva. Elsevier, 2007.
- [6] Tao, J.F. (2007). The development direction for sulfuric acid and phosphate fertilizer industry of Yunnan Province, Phosphate and Compound Fertilizer, 22, 8–10.
- [7] Li, Y. (2007). The synthesis application of phosphogypsum, Yunnan Chemical Engineering, 34, 74–80.
- [8] SANTOS, A. J. G. Avaliação do impacto radiológico ambiental do fosfogesso brasileiro e lixiviação de 226Ra e 210Pb. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2002.
- [9] UNSCEAR 93. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiations., Report to the General Assembly, with Annexes. New York, 1993.
- [10] GARG, M.; JAIN, N.; SINGH, M.; Development of alpha plaster from phosphogypsum for cementitious binders. Roorkee. Elsevier, 2009.
- [11] ESCUDERO, C. C.; FLÓREZ, V. M.; LÓPEZ, R. P.; SANTOS, A.; ESQUIVIAS, L. Procedure to use

phosphogypsum industrial waste for mineral CO₂ sequestration. Barcelona. Elsevier, 2011.

[12] SILVA, L. H. C. Aspectos econômico-ambientais do uso do fosfogesso na agricultura. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, março 1997.

[13] FREITAS, B. J. A disposição do fosfogesso e seus impactos ambientais. Anais do II Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Uberaba, p. 325- 339, 1992

[14] GOMIDE FILHO, I. Avaliação econômica do uso do gesso agrícola. Anais do II Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Uberaba, p. 341-365, 1992.

[15] RAMOS, M. A. P. Gesso, reforço na base. Globo Rural, n. 84, p.45-47. 1992.

[16] GUIMARÃES, P. T. G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas subsuperficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes. Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Brasília, p. 145-167, 1986.

[17] CARVALHO, L. J. C. B.; RODRIGUES, G. C. ; SOUZA, D. M. G.; FREITAS Jr., E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solo dos cerrados. Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Brasília, p. 61-83, 1986.

[18] MAZZILLI, B. P.; SAUEIA, C. H. R. Implicações radiológicas da utilização do fosfogesso como material de construção. Ambiente Construído, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 17-22, 1997.

[19] MAZZILLI, B.; SAUEIA, C.; SANTOS, A.J.G. Implicações radiológicas do uso do fosfogesso como material de construção no Brasil. In: Seminário Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil: práticas recomendadas, 3. São Paulo, 2000. Anais: IBRACON, São Paulo, p. 131-132, 2000.

[20] ROSA, R. Exposição potencial à radiação natural, no interior de residências, devido ao uso do fosfogesso na indústria da construção civil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

[21] DAMASCENO, E. C.; LIMA, J. R. B. Aproveitamento de resíduos da indústria de mineração: o fosfogesso gerado pela solubilização de concentrados fosfáticos. In: III Congresso Brasileiro de Engenharia Cimenteira. Verona, Itália, 1994.

[22] BARTI, P. E.; ALBUQUERQUE, P. C. W. Alternativas para a reciclagem do fosfogesso. In: Anais do II Seminário sobre o uso do gesso na agricultura. Ibrafos, Uberaba, p. 67-81, 1992.

[23] LIMA, J.R.B. Aproveitamento do fosfogesso gerado como subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados. In: Anais do Seminário Reciclagem de Rejeitos da Indústria Mineral Metalúrgica. Associação Brasileira de Metais, Ouro Preto, 1992.

[24] MACCARINI, M. Propriedades física, química e mecânica do fosfogesso da indústria carboquímica catarinense. In: Simpósio sobre barragens de rejeitos e disposição de resíduos. Rio de Janeiro, p. 147-157, 1991.

[25] BORGES, R.M.M. Caracterização tecnológica do fosfogesso gerado no pólo industrial de Cubatão. Exame de qualificação, dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, agosto/2001.

[26] SAAD, S. Radiological characterization of the industry of phosphate in Brazil with emphasis on the Itaipu project.

In: Book of extended synopses of International Symposium on the uranium production cycle and the environment. IAEA-SM- 362/4P, Vienna, 2000.

[27] PESSENDA, L. C. R.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; FERNANDES, E.A.N.; FERRAZ, E.S.B. Determinação de Ra-226 e Th-232 em amostras de fosfatos naturais, gessos industriais e solos superficiais, por espectrometria gama. In: Congresso Geral de Energia Nuclear, 2. Rio de Janeiro, 1988. Anais. Rio de Janeiro: ABEN, 1988, v. 3, p. 403-412.

VII. COPYRIGHT

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



PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA DISTRIBUIÇÃO DA CARGA DE TRABALHO USANDO O PARADIGMA ORIENTADO A NOTIFICAÇÕES (PON)

DANILLO L. BELMONTE¹; JEAN M. SIMÃO¹; PAULO C. STADZISZ¹
1 – PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
INDUSTRIAL (CPGEI)

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)
CURITIBA, PARANÁ, BRASIL

{belmonte, jeansimao, stadzisz}@utfpr.edu.br

Resumo – Este artigo apresenta a proposta de um método para distribuição da carga de trabalho de um software usando o Paradigma Orientado a Notificações (PON). O objetivo desta pesquisa foi, por meio do método proposto, contribuir para a programação distribuída em multicore aplicando tal paradigma. Esse método, utilizando-se do PON, facilitará a distribuição dinâmica da carga de trabalho dos softwares PON em multicore, contribuindo para o melhor aproveitamento da capacidade de processamento do hardware disponível, pois a dissociação entre os componentes de software fornecidos naturalmente pelo PON é a chave para permitir a distribuição de carga de trabalho.

Palavras-chave: Distribuição da carga de trabalho. Paradigma Orientado a Notificações. Distribuição dinâmica. Multicore.

I. INTRODUÇÃO

Na maioria das aplicações atuais da computação há uma demanda crescente por uma maior capacidade de processamento em razão do aumento da complexidade e sofisticação dos softwares utilizados. Até algum tempo, esta demanda por capacidade de processamento foi atendida pelo aumento na integração e frequência de operação (*clock*) dos processadores. Nos últimos anos uma outra estratégia tem sido largamente empregada que consiste em multiplicar o número de unidades de processamento sem aumento da frequência de operação. Em decorrência, foram desenvolvidos, e estão sendo utilizados em larga escala, processadores com múltiplos núcleos (*multicore*).

A tecnologia *multicore* consiste na integração de dois ou mais núcleos de processamento (*cores*) em um único processador. O processador *dualcore* contém dois núcleos e o *quadcore* quatro. Um exemplo de utilização comercial são os processadores *multicore* empregados para executar jogos como o Xenon *threecore* do Xbox 360.

Na área de pesquisa científica, por exemplo, a arquitetura *multicore* CUDA, da NVIDIA, está acelerando o AMBER, um programa de simulação de dinâmica de moléculas utilizado por mais de 60 mil pesquisadores no meio acadêmico e em empresas farmacêuticas para acelerar a descoberta de novos remédios. CUDA é a arquitetura de computação paralela e, também, uma API de programação da NVIDIA que possibilita aumentos significativos no desempenho de computação pelo aproveitamento da potência da GPU (*Graphics Processing Unit*).

O desempenho obtido por meio da utilização de um processador *multicore* depende do problema a ser resolvido, bem como da sua implementação em *software*. Para alguns problemas, um processador de um único núcleo pode executar tão rapidamente quanto um processador *dualcore*. O aspecto central é, portanto, a distribuição da carga de processamento das aplicações entre os núcleos. Isso pressupõe, porém, que a maioria dos softwares tenham sido projetados para tirar proveito do paralelismo disponível. No entanto, apesar da tecnologia *multicore* ser mais rápida que a de um único núcleo, escrever programas que tiram proveito da tecnologia *multicore* envolve grande esforço em programação (paralela). A tecnologia *multicore*, como empregada atualmente, utilizando-se do *thread scheduling* (escalonamento de tarefas), realizado pelo sistema operacional (e.g. Windows 7, Linux), divide a carga de processamento das aplicações, mas tal particionamento entre os núcleos não é satisfatório.

Os sistemas *multicore* utilizados popularmente em computadores pessoais, como o *dualcore* e o *quadcore*, operando com sistemas convencionais, fazem uso dos processadores *multicore*. Assim, pode-se ter um cenário no qual um programa está em execução em um núcleo, ocupando 20% de sua capacidade, enquanto outro programa está em execução em outro núcleo necessitando mais de 100% de sua capacidade.

A grande questão é que os sistemas operacionais não poderão distribuir a carga de processamento de forma adequada entre os núcleos, pois eles não podem antever a variação dinâmica da carga dos programas ao longo do tempo. Cabe ao desenvolvedor de cada *software* construir os algoritmos e a arquitetura que distribua sua carga de processamento. Deste modo, pesquisas sobre distribuição da carga de processamento em plataformas *multicore* são necessárias. Essas pesquisas permitirão desenvolver novas técnicas, métodos e paradigmas para a construção de *software*.

Este artigo contribui para a programação distribuída em ambiente *multicore* propondo um método de distribuição de carga de trabalho empregando o Paradigma Orientado a Notificações (PON).

O PON apresenta qualidades que favorecem o programador na construção de *software* multiprocessado. No entanto, a aplicação do PON em ambientes multiprocessados deve ser ainda melhor estudada a fim de

prover soluções efetivas para tratar de algoritmos inteligentes de balanceamento de carga. Nesse sentido a proposta de pesquisa apresentada neste artigo se insere nesse contexto e é o foco deste trabalho. Para isso propõe-se um método para distribuição dinâmica da carga de trabalho dos *softwares* PON em *multicore* de forma adequada entre os núcleos, contribuindo para o melhor aproveitamento da capacidade de processamento do *hardware* disponível.

Este artigo é organizado em cinco seções. Na seção 2, apresenta-se o Paradigma Orientado a Notificações. Na seção 3, apresenta-se a distribuição da carga de trabalho de *software*. Na seção 4, apresenta-se o método proposto. Na seção 5, apresenta-se a conclusão.

II. PARADIGMA ORIENTADO A NOTIFICAÇÕES

O Paradigma Orientado a Notificação (PON) é um novo paradigma de programação derivado dos principais conceitos do Paradigma Orientado a Objetos (POO) e dos Sistemas Baseados em Regras (SBR). O PON emprega conceitos do POO como a abstração na forma de classes e objetos, a reatividade da programação dirigida a eventos e a flexibilidade da Orientação a Objetos. O PON também emprega os conceitos dos SBR como conhecimento representado por regras e as vantagens da programação declarativa, além de prover um modelo de programação mais próximo à cognição humana.

O PON permite o desacoplamento das regras causais do código-fonte uma vez que considera cada elemento como objeto-reativo, visando melhor capacidade de distribuição e desempenho (SIMÃO, 2005) (BANASZEWSKI, 2009). Os elementos básicos do PON são as Regras e os Elementos da Base de Fatos (EBF). As Regras gerenciam o conhecimento sobre qualquer comportamento do sistema, o que é natural para os programadores dos paradigmas correntes, uma vez que as expressões causais já são representadas de forma análoga a regras. Os Elementos da Base de Fatos representam as entidades do mundo real de um problema computacional e descrevem os estados e os serviços dessas entidades.

Os Elementos da Base de Fatos, representados como objetos-reativos, têm comportamentos diferentes dos objetos do POO, uma vez que eles possuem independência e capacidade de reação, além de trabalharem juntos para prover uma cadeia de notificação dinâmica.

A Figura 1 ilustra uma entidade Regra na forma regra-causal, que representa uma aplicação de um sistema *multicore*.

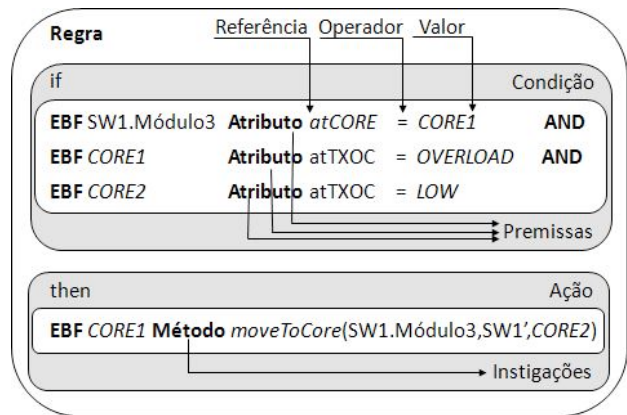


Figura 1 – Representação de uma Regra no PON

Um objeto Regra é composto de uma Condição e de uma Ação, como ilustrado na Figura 1. Uma Condição possui uma ou mais Premissas, que são responsáveis por avaliar os atributos de um objeto da Base de Fatos. Cada Premissa possui um Atributo (recebido por notificação) que é composto de uma Referência, um Operador Lógico, usado para fazer comparações, e um Valor. Usando esses objetos, a Condição faz a avaliação lógica da Regra e, se todas as premissas foram satisfeitas, a Regra é aprovada. A aprovação da Regra é feita por meio de uma notificação ao objeto Ação. Uma Ação é composta de Instigações, que se associam os Métodos dos elementos da Base de Fatos responsáveis por executar a Regra.

Um objeto da Base de Fatos é formado por Atributos e Métodos, sendo que um Atributo pode estar associado a diversas Regras. Conforme um Atributo tem seu valor alterado, ele notifica todas as Premissas das Condições das quais ele pertence.

A Regra da Figura 1 possui três Premissas e uma Instigação. As premissas fazem as seguintes avaliações:

- verifica se o Módulo3 do *software* SW1 está em execução no CORE1.
- verifica se a taxa de ocupação atTXOC do CORE1 está sobrecarregada (i.e. OVERLOAD). E, por fim:
- verifica se a atTXOC do CORE2 está baixa (i. e. LOW).

Se esses estados forem constatados, a ação da Regra faz com que o Método *moveToCore*, que está no CORE1, mova o SW1.Módulo3 para o CORE2 renomeando-o para SW1'.

Portanto, as Regras têm sua inferência executada por outros objetos-reativos que colaboram via notificações diretas, determinando sincronismo e facilitando a sua distribuição. Os objetos colaboradores são ilustrados na Figura 2.

O PON foi proposto como um instrumento para melhorar o desempenho das aplicações, principalmente das mais complexas que são executadas continuamente e precisam da otimização do uso de recursos e do tempo de resposta para uma requisição de usuário.

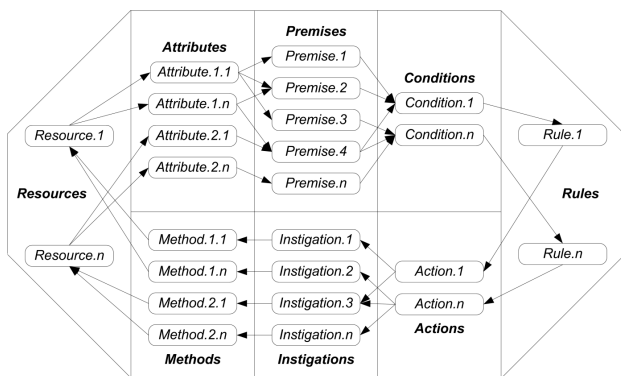


Figura 2 – Objetos colaboradores no PON

No PON o estado de um atributo é avaliado por expressões lógicas (i.e. Premissas) e causais (i.e. Condições) na mudança de seus estados. Devido à cooperação por meio de notificações precisas, o PON evita redundâncias temporais e estruturais, verificadas nas linguagens imperativas. A redundância temporal é resolvida eliminando pesquisas sobre elementos passivos, uma vez que os Atributos dos Elementos da Base de Fatos são reativos aos seus estados e podem notificar pontualmente somente as partes da expressão causal interessadas nas atualizações dos atributos. Isso evita que outras expressões causais sejam avaliadas sem necessidade. A redundância estrutural também é reduzida quando uma Premissa é compartilhada entre duas ou mais expressões causais. Portanto, a Premissa carrega o cálculo lógico somente uma vez e compartilha o resultado lógico com as Condições relacionadas, evitando assim reavaliações desnecessárias dos atributos (SIMÃO, 2005).

As aplicações no PON tendem a ser mais rápidas que as aplicações atuais. Isso é viável porque a mudança de um fato ativa somente as avaliações estritamente necessárias por meio das colaborações por notificações dos objetos-reativos. O PON também se apresenta útil tanto em aplicações padrões quanto nas paralelas e distribuídas, uma vez que não há diferença, em geral, se o elemento a ser notificado está na mesma região de memória, no mesmo computador, ou em outro ponto da mesma sub-rede (BANASZEWSKI, 2009).

III. DISTRIBUIÇÃO DA CARGA DE TRABALHO DE SOFTWARE

Antes de explicar sobre distribuição da carga de trabalho de *software*, algumas definições se fazem necessárias. Uma tarefa é definida como sendo a execução de um fluxo sequencial de instruções, construída para atender uma determinada finalidade. Já, um *software*, é um conjunto de uma ou mais sequências de instruções escritas para resolver um problema e a implementação de uma tarefa se dá por meio de *threads* (LOVE, 2004) (RUSSINOVICH e SOLOMON, 2008).

Para que a CPU não fique ociosa (i.e. muito tempo sem executar alguma tarefa), os sistemas operacionais (SOs) utilizam técnicas (i.e. algoritmos) para escalonar as tarefas que estão em execução ao mesmo tempo no processador.

O escalonamento de tarefas não é uma tarefa trivial, pois os algoritmos que realizam o escalonamento são passíveis de falhas, principalmente em se tratando de

sistemas interativos, como o Windows, e processos são interrompidos pelo usuário.

O escalonador do SO utiliza-se de alguns critérios de escalonamento, como, por exemplo, taxa de utilização da CPU e tempo de resposta. Tarefas podem ser temporariamente suspensas e a isso se dá o nome de escalonamento preemptivo. De forma contrária, tarefas que executam até sua conclusão são intituladas de não-preemptivas (TANENBAUM e WOODHULL, 2006). Ainda, na prática, busca-se a utilização da combinação de algoritmos para escalonar tarefas para o SO visando uma melhora no escalonamento, diferentemente da utilização de um único algoritmo à sua realização.

O escalonamento de tarefas no que diz respeito à distribuição da carga de trabalho de um *software*, ou seja, quebra do *software* em partes, tanto no Windows (RUSSINOVICH e SOLOMON, 2008), como no Linux (LOVE, 2004), entre os núcleos de um processador, se dá, prioritariamente, por meio de *threads*. Ainda, os algoritmos escalonadores de tarefas, no caso do Windows, também podem ocorrer por meio de suas bibliotecas de ligação dinâmica (DLLs) e, no caso do Linux, por meio de suas *libraries* (i.e. bibliotecas).

Alguns dos algoritmos escalonadores que visam atribuir tarefas aos processadores são apresentados a seguir.

- FIFO: O algoritmo de escalonamento FIFO (acrônimo de *First In First Out*) é uma estrutura de dados que apresenta o seguinte critério: o primeiro elemento a ser retirado da fila é o primeiro que tiver sido inserido. É conhecido popularmente por algoritmo de fila simples.
- SJF: O SJF (acrônimo de *Shortest Job First* ou menor tarefa primeiro) é um algoritmo de escalonamento que executa, dentre processos igualmente importantes, o mais curto primeiro. O escalonador SJF funciona a partir de um conceito simples: os processos menores terão prioridade, i.e. serão executados primeiro.
- Escalonamento garantido: O escalonamento garantido assegura aos processos sua execução, dando a todos eles a mesma quantidade de tempo de execução utilizando a CPU. Se acontecer de um processo utilizar menos tempo de execução do que lhe foi destinado, sua prioridade de execução é aumentada. Se outro processo utilizou mais, sua prioridade é então diminuída.
- RR: O algoritmo de escalonamento RR (acrônimo de *Round Robin*) é um dos mais antigos e simples que atribui frações de tempo para cada processo em partes iguais e de forma circular. É usado em projetos de SO multitarefa e foi projetado especialmente para sistemas de tempo compartilhado, pois o algoritmo depende de um temporizador (i.e. *timer*).

Deste modo, o escalonamento é responsável pela atribuição de tarefas aos processadores, visando diminuir o tempo de execução dos *softwares*. Além dos algoritmos abordados, existem outros, tais como escalonamento por prioridade e múltiplas filas. Caso necessário, serão abordados oportunamente.

IV. MÉTODO PROPOSTO

Esta seção descreve o método proposto que visa contribuir para a programação distribuída em *multicore* aplicando o PON. Tal método, por meio da utilização do PON, facilitará a distribuição dinâmica da carga de trabalho dos *softwares* PON em *multicore*, contribuindo para o melhor aproveitamento da capacidade de processamento do *hardware* disponível, pois a dissociação entre os componentes de *software* fornecidos naturalmente pelo PON é a chave para permitir a distribuição de carga de trabalho.

Pretende-se, por meio do PON, facilitar a distribuição dinâmica da carga de trabalho dos *softwares* PON em *multicore*. Para isso, propõe-se um método que contribuirá para o melhor aproveitamento da capacidade de processamento do *hardware* disponível. Tal método foi organizado em cinco etapas, que são: “1. Alocação inicial da aplicação PON”, “2. Monitoramento da Carga de Trabalho”, “3. Análise dinâmica de *clusters*”, “4. Balanceamento de Carga de Trabalho” e “5. Realocação da aplicação PON”, conforme ilustra a Figura 3.

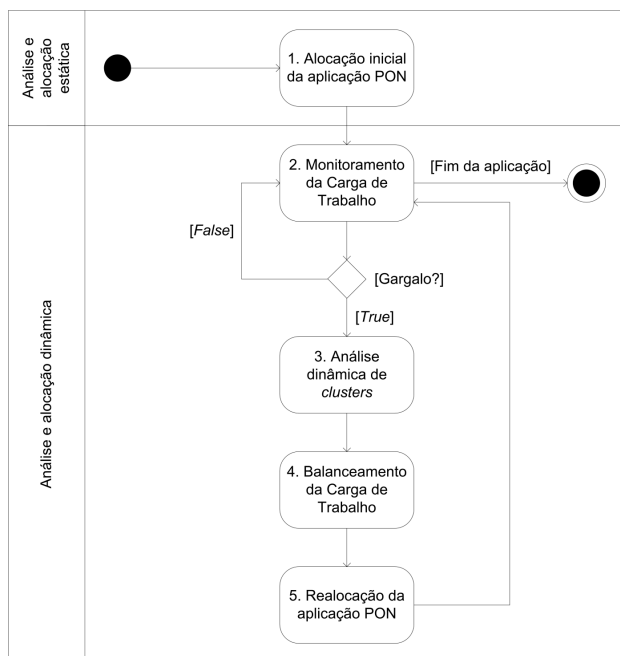


Figura 3 – Visão geral do método

As cinco etapas do método proposto foram divididas em duas fases, que são: “Análise e alocação estática” e “Análise e alocação dinâmica”, conforme ilustrado na Figura 3. Na “Análise e alocação estática”, a atribuição de *threads* aos núcleos é realizada antes do início da execução do *software*, sendo necessário que se tenha informações acerca do custo de processamento das *threads* e dos núcleos disponíveis em tempo de compilação. Na “Análise e alocação dinâmica”, tais informações (custo de processamento das *threads* e dos núcleos disponíveis) podem ser obtidas em tempo de execução. As subseções a seguir descrevem cada uma das etapas dessas fases.

ETAPA 1. Alocação inicial da aplicação PON

Essa etapa é responsável por distribuir o *software* PON (i.e. as partes do *software* PON) aos núcleos do processador para que ele seja executado. De acordo com as dependências

e índices de acoplamento entre as entidades PON, pode-se estabelecer grupos (i.e. *clusters*) de regras e alocá-las a diferentes núcleos.

Com o intuito de facilitar a identificação e o levantamento das regras de uma determinada aplicação PON, essa etapa do método inicia-se com a definição de casos de uso. Cada caso de uso provido pela aplicação tem uma colaboração para realizá-lo e, da mesma forma, cada colaboração pode ser “composta” pela execução de um conjunto de regras PON (i.e. *Rules*) que realiza essa colaboração. Com isso, a etapa 1 envolve as seguintes atividades.

- **Atividade i. Levantar os casos de uso que compõem a aplicação e estimar a frequência de uso de cada Use Case, empiricamente.**

Essa estimativa é um parâmetro configurável para cada caso de uso.

- **Atividade ii. Enumerar e definir quais Rules realizam uma determinada colaboração que, por sua vez, realizam um Use Case.**

A atividade ii, assim como a i, deve ser configurável (i.e. deve-se informar as *Rules* que colaboram para as realizações dos casos de uso). Para realizar a atividade ii, primeiramente, é necessário estabelecer conjuntos de entidades PON para cada *Rule*.

Informadas as *Rules*, pode-se associá-las aos casos de uso definidos na atividade i.

- **Atividade iii. Descobrir a quantidade de núcleos existentes no processador.**

Para a realização da atividade iii o método utilizará bibliotecas específicas do SO.

- **Atividade iv. Averiguar a taxa de utilização do processador e, então, alocar o software PON.**

Para a realização da verificação da taxa de utilização do processador e, finalmente, alocação do *software* PON, deve-se:

- Levantar a taxa de utilização do processador (i.e. dos núcleos), comumente intitulada taxa de ocupação. A informação da taxa de utilização do processador também se dará por meio de bibliotecas específicas do SO.
- Baseando-se nessa taxa de ocupação, é possível calcular a taxa de disponibilidade, que é a informação necessária para a alocação da aplicação.
- Alocar a aplicação (*software* PON), propriamente dita, no núcleo com maior taxa de disponibilidade.

Nessa primeira etapa não há distribuição da aplicação PON e sim sua alocação integral a apenas um núcleo. Isso se deve ao fato de não se saber se sua capacidade será ou não suficiente para o processamento da aplicação PON.

ETAPA 2. Monitoramento da Carga de Trabalho

Nesta etapa inicia-se a análise e alocação dinâmica por meio do monitoramento da carga de trabalho. Essa atividade de monitoramento será realizada por um módulo de *software* responsável por monitorar dinamicamente as cargas de trabalho do processador, denominado MCT.

Em tal monitoramento, caso seja identificado algum gargalo (e.g. algum núcleo esteja sobrecarregado enquanto outro desocupado) em um determinado intervalo de tempo, avança-se à etapa 3. Caso contrário, o MCT continua o monitoramento dinâmico das cargas de trabalho do *software* PON que está em execução no processador (i.e. nos núcleos). Ainda, caso a aplicação seja encerrada, o processo de análise e alocação dinâmica é finalizado.

Essa etapa envolve a seguinte atividade.

- **Atividade v. Analisar a evolução da carga de trabalho dos núcleos, verificar a proximidade de gargalo segundo algum limite e produzir a detecção de gargalo.**

O intervalo de tempo de monitoramento da carga de trabalho deverá ser configurável para cada tipo de aplicação, podendo ser ajustado automaticamente segundo alguma estratégia (e.g. empiricamente).

Para a análise da evolução da carga de trabalho dos núcleos serão utilizadas bibliotecas específicas do SO, da mesma forma que na realização da atividade *iv*, verificação da taxa de utilização do processador.

Baseando-se na taxa de ocupação, ao se chegar ao valor de proximidade de gargalo informado (e.g. 95%, valor configurado previamente), do(s) núcleo(s) do processador no qual a aplicação PON esteja alocada, produz-se a sua detecção propriamente dita.

A detecção de gargalo nada mais é do que o avanço para a etapa 3, objetivando analisar e estabelecer agrupamentos de entidades PON para então dividir a aplicação segundo alguma estratégia.

Nesse estudo considera-se apenas um *software* PON em execução (i.e. “premissa de processo PON único”). De outra forma, seria necessário trabalhar no gerenciamento de múltiplas aplicações.

ETAPA 3. Análise dinâmica de clusters

Essa etapa é responsável pela análise e estabelecimento de *clusters* (agrupamentos) de entidades PON, levando em consideração a dependência entre essas entidades e seus respectivos índices de acoplamento. São estabelecidos *clusters* de *Rules* do *software* PON em execução. Assim, essa etapa envolve as seguintes atividades.

- **Atividade vi. Determinar os índices de acoplamento interno e externo entre as Rules.**

Inicialmente, para realizar a etapa 3, é necessária a criação de uma sociomatriz (i.e. matriz de adjacência), que tem por finalidade o cálculo dos índices de acoplamento interno e externo. As ligações na sociomatriz dão-se entre

entidades PON e elas são representadas por meio do conceito de díades (ligações bidimensionais). Tais díades constituem relações de “notificações” (i.e. possíveis notificações) entre essas entidades. O acoplamento interno é medido por meio das díades entre as entidades PON que compõem uma mesma *Rule*.

Por sua vez, o acoplamento externo é calculado por meio das díades entre entidades PON que não pertencem a uma mesma *Rule*. Além disso, entidades PON que são compartilhadas por duas ou mais *Rules* também são consideradas no cálculo do acoplamento externo. Ainda, a estratégia adota pelo método, independentemente da quantidade de núcleos disponíveis no processador é: “sempre que um determinado núcleo apresentar sobrecarga, a parte do *software* PON que nele executa poderá ser dividida em duas partes, estabelecendo assim uma relação entre dois novos *clusters* de *Rules*. Tais *clusters* podem ser compostos por uma ou mais *Rules*”.

- **Atividade vii. Examinar a taxa de utilização do processador.**

Para realizar a verificação da taxa de utilização do processador (dinamicamente), deve-se:

- Levantar novamente a taxa de ocupação.
- Por meio da taxa de ocupação calcular a taxa de disponibilidade.

Com isso, a próxima etapa do método, após os cálculos dos acoplamentos interno, externo e a verificação da taxa de utilização do processador, é adotar uma estratégia para balancear a carga de trabalho.

ETAPA 4. Balanceamento de Carga de Trabalho

Baseada na etapa 3, essa etapa é responsável por definir uma estratégia de distribuição do *software* PON. Para tanto, utilizam-se os resultados da análise da carga de trabalho do processador, em tempo de execução. Com isso, por meio do Módulo de Distribuição (MD), essa etapa é responsável por decidir em quais núcleos as entidades PON serão executadas. O MD é o módulo de *software* responsável pela aplicação de um algoritmo de balanceamento de carga. Assim sendo, o MD utilizará uma estratégia para a distribuição da aplicação. Essa etapa envolve as seguintes atividades.

- **Atividade viii. Avaliar as notificações entre entidades PON internas a uma mesma Rule e os overheads entre Rules em diferentes núcleos.**

Os custos por notificação (entre entidades PON internas a uma mesma *Rule*) e do *overhead* (entre *Rules* em diferentes núcleos) devem ser estimados (i.e. informados) na primeira vez em que o *software* PON estiver em execução.

Ao final da etapa 4, tais valores (notificação e *overhead*) podem ser atualizados com os devidos cálculos efetivos (e não mais estimados), pois já terá ocorrido a distribuição das partes do *software* PON nos núcleos.

- **Atividade ix. Calcular os custos de processamento por intervalo de tempo de monitoramento por Rule e entre Rules em diferentes núcleos.**

Para a realização do cálculo do custo de processamento por intervalo de tempo de monitoramento por Rule deve-se:

- Multiplicar o índice de acoplamento interno por Rule pelo custo por notificação (entre entidades PON internas a uma mesma Rule) para cada Rule.
- Dividir o intervalo de tempo de monitoramento pela frequência de uso de cada Use Case e, assim, obter o número de execuções de cada Rule.
- Multiplicar os resultados dos cálculos supracitados e, assim, obter o custo total de processamento por Rule.

Para a realização do cálculo do custo de processamento por intervalo de tempo de monitoramento entre Rules em diferentes núcleos deve-se:

- Multiplicar o índice de acoplamento externo entre Rules em diferentes núcleos pelo custo do overhead (entre núcleos) para cada relação entre Rules e, assim, obter o custo do acoplamento externo.
- Multiplicar o número de execuções do software PON pelo custo do acoplamento externo.
- Dividir o resultado da multiplicação dos cálculos supracitados por dois, conforme estratégia adota pelo método.

- **Atividade x. Distribuir as partes do software PON dentre as possibilidades de clusters, por meio das relações utilizadas para o cálculo do acoplamento externo e também por meio do cálculo do acoplamento interno de cada Rule.**

Para distribuir as Rules dentre as possibilidades de clusters por meio das relações utilizadas para o cálculo do acoplamento externo, com base na atividade ix, deve-se:

- Separar em dois clusters (estratégia adota pelo método na atividade vi) cada relação entre Rules.
- Ponderá-las por meio dos custos de processamento total dos índices de acoplamento interno e externo.

- **Atividade xi. Escolher a melhor relação custo e benefício (i.e. melhor distribuição) das Rules nos clusters dentre as opções apresentadas na atividade x.**

Por fim, para escolher a melhor distribuição de Rules nos clusters (dentre as opções definidas na atividade x), deve-se calcular:

- A razão de disponibilidade entre os núcleos.
- A razão de custo de processamento entre os clusters.
- O módulo (ou valor absoluto) da subtração entre as razões de disponibilidade entre os núcleos e de custo de processamento entre os clusters. Com isso, serão obtidos os valores finais de estratégia.

Tanto a razão de custo de processamento como a razão de disponibilidade está relacionada à razão de proporcionalidade que, na matemática, é a mais simples e comum relação entre grandezas. A proporcionalidade direta é um conceito matemático amplamente difundido, pois é útil e de fácil resolução por meio da “regra de três”. Quando existe proporcionalidade direta, a razão (i.e. divisão) entre os valores correspondentes (das duas grandezas

relacionadas) é uma constante e a essa se dá o nome de constante de proporcionalidade (DOWNING, 2009). Tal constante de proporcionalidade é obtida por meio da divisão do maior valor pelo menor.

Cabe ressaltar que só haverá estratégia se for possível, ou seja, se houver um cluster que puder ser redistribuído. Senão, será verificado se o cluster que mais processa poderia ser ele movido para outro núcleo, pois existem outros processos usando-o também e não se pode interferir neles segundo a premissa de processo PON único e de não intervenção nos processos não PON (i.e. “premissa de não intervenção nos processos não PON”).

ETAPA 5. Realocação da aplicação PON

Essa etapa é responsável pela realocação da aplicação e, para isso, baseia-se na etapa 4, mais especificamente na estratégia de distribuição adotada.

Essa etapa envolve a seguinte atividade.

- **Atividade xii. Reposicionar as partes do software PON (i.e. Rules) nos núcleos redefinidos.**

Para a realização da atividade xii, as Rules devem possuir um flag que indicará a prontidão para o seu reposicionamento em outros núcleos, quando isso for pertinente. Assim, tais Rules, ou mais precisamente as entidades PON que compõem essas Rules, possuiriam adicionalmente um mecanismo de espera (e.g. mutex) que aguardariam sua realocação, para somente então continuarem com seus respectivos fluxos de notificações.

Nesse âmbito, as Rules só seriam pausadas no momento de reposicionamento, caso uma determinada Rule a ser notificada esteja sofrendo modificações. Desta forma, depois de realocadas, tais Rules poderiam retomar efetivamente seu fluxo de notificações.

Deste modo, o software PON não seria necessariamente pausado, mantendo seu fluxo de notificações constante, principalmente se as entidades PON a serem reposicionadas não estiverem atuando ativamente com suas notificações no momento de atualização da distribuição das entidades PON.

Ainda, conforme dito na realização da atividade ix, os cálculos do custo por notificação e do overhead poderiam aqui ser atualizados com os seus valores "reais", utilizando como base os trabalhos de Cadamuro Junior (CADAMURO JUNIOR, 2007) e Linhares (LINHARES, 2001), por exemplo, pois o balanceamento de carga de trabalho e, consequentemente, o reposicionamento das Rules nos núcleos redefinidos já ocorreram. Entretanto, isso ultrapassaria o escopo de estudo dessa pesquisa.

Finalmente, volta-se à etapa “2. Monitoramento da Carga de Trabalho”, na qual o módulo de software continua o monitoramento dinâmico das cargas de trabalho do processador.

V. CONCLUSÃO

Esse artigo apresentou o método proposto que visa contribuir à programação distribuída em multicore aplicando o PON.

A prática de programação baseada na implementação de códigos eficientes e com facilidades de distribuição não

deve exigir grandes esforços dos programadores, diferentemente do que ocorre na construção de *software* multiprocessado usando os conceitos relativos aos atuais paradigmas.

No PON, com a possibilidade de particionar os objetos em partes menores, como em termos de atributos e métodos, o programador pode se beneficiar das reais vantagens do uso da computação paralela e distribuída, devido ao maior desacoplamento entre as partes dos objetos.

O PON oferece uma solução que permite programar aplicações menos acopladas. Ao programar no estilo orientado a notificações, o programador cria programas minimamente acoplados e isso corrobora e viabiliza a aplicação do método proposto.

Além de facilitar a composição do conhecimento, o PON permite que o programador obtenha os reais benefícios da computação paralela e distribuída, pois as entidades PON são estruturadas e organizadas de modo a favorecer a execução paralela, apresentando, assim, independência e desacoplamento, podendo ser alocados independentemente em diferentes processadores.

Em relação às decisões relacionadas ao balanceamento de carga, essas podem ser adotadas de forma centralizada, distribuída ou por uma combinação de ambas. Nessa pesquisa, em um primeiro momento, se utilizará a decisão por meio do balanceamento de carga centralizado, devido ao fato do também proposto MCT ser um módulo de *software* e, com isso, ficar alocado em apenas um núcleo do processador.

Com relação aos objetivos propostos inicialmente, o método incorpora técnicas e, para cada etapa proposta (correspondendo uma proposta a uma atividade do método), apresentam-se respectivamente as técnicas e conclusões baseadas nos estudos realizados.

Em relação às propostas Levantar os casos de uso que compõem a aplicação e estimar empiricamente suas frequências de uso, Definir quais *Rules* realizam uma determinada colaboração que, por sua vez, realizam um *Use Case* e Averiguar a taxa de utilização do processador e alocar o *software* PON, pôde-se concluir: um caso de uso representa uma unidade funcional provida (ou que irá ser construída) e pode ser utilizado para descobrir (i.e. extrair) requisitos de um *software*. Percebeu-se que um caso de uso é realizado por *Rules*. Essa abstração, mesmo ao desenvolvedor da aplicação, facilita a concepção do *software*. Assim, ao invés do levantamento de regras (diferentemente do que parece ser, i.e. fácil, intuitivo), o desenvolvedor utilizará casos de uso para o levantamento de requisitos (como de costume). Com isso, por ser uma técnica já utilizada e bem sucedida, facilitará e agilizará o trabalho do desenvolvedor.

Em relação às propostas Analisar a evolução da carga de trabalho dos núcleos e Verificar a proximidade de gargalo segundo algum limite e produzir a detecção de gargalo, pôde-se concluir: dinamicamente, o *software* PON estará em monitoramento constante nos processadores e, desta forma, apresentando quaisquer instabilidades (i.e. gargalos), novas análises e agrupamentos se farão necessários. O MCT apresenta-se como um novo monitor que aproveitará efetivamente a capacidade máxima do *hardware* disponível (além do mais, trabalhará com esse *hardware* também de forma otimizada, quando em menor uso).

Em relação às propostas Determinar o acoplamento interno e o externo entre as *Rules* e Examinar a taxa de utilização do processador, pôde-se concluir: nesta etapa estabeleceu-se a estratégia adota pelo método, que consiste de sempre que um determinado núcleo apresentar sobrecarga, a parte do *software* PON que nele executa poder ser dividida em duas partes, estabelecendo assim uma relação entre dois novos *clusters* de *Rules*. Apesar da distribuição do *software* (mais especificamente, sua quebra em partes menores) ser necessária e o paradigma permitir a concepção de aplicações menos acopladas, isso não é necessariamente viável em alguns casos, ou seja, caso tenha-se disponibilidade de *hardware* para processamento, mantém-se todo o *software* PON em um mesmo *cluster*.

Em relação às propostas Avaliar o custo por notificação entre entidades PON internas a uma mesma *Rule* e o custo do *overhead* entre *Rules* em diferentes núcleos, Calcular os custos de processamento por intervalo de tempo de monitoramento por *Rule* e entre *Rules* em diferentes núcleos, Distribuir as *Rules* dentre as possibilidades de *clusters* e Escolher a melhor distribuição das *Rules* nos *clusters*, pôde-se concluir: o valor final de estratégia, obtido por meio da subtração da razão de disponibilidade entre os núcleos e da razão de custo de processamento entre os *clusters*, utilizando-se do conceito de proporcionalidade direta, apresenta-se como uma solução adequada e satisfatória para a distribuição de *Rules* entre os *clusters*.

Em relação à proposta Reposicionar as *Rules* nos núcleos redefinidos, pôde-se concluir: após cálculos realizados na etapa anterior, nessa etapa os *clusters* são realocados nos núcleos do processador. Assim, por meio da estratégia de distribuição adotada (i.e. valor final de estratégia escolhido), a operacionalização da realocação das *Rules* nos núcleos redefinidos aproveita ao máximo o poder de processamento do *hardware* disponível (i.e. processador) e, ao que tudo indica, se apresentará mais eficiente que o *software* PON em ambiente monoprocessado.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANASZEWSKI, R. **Paradigma Orientado a Notificações: Avanços e Comparações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial): Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.
- CADAMURO JUNIOR, J. **Dyretiva: Um método para a verificação das restrições temporais em sistemas embarcados**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial): Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.
- DOWNING, D. **Dictionary of Mathematics Terms**. Barrons Educational Series, 2009.
- LINHARES, R. **Modelamento de hardware visando a estimação do tempo de execução de programas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial): Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2001.
- LOVE, R. **Linux Kernel Development**. Sams Publishing Developer's Library, 2004.
- SIMÃO, J. A **Contribution to the Development of a HMS (Holonc Manufacturing System) Simulation Tool and Proposition of a Meta-Model for Holonic Control**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial): Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2005.

RUSSINOVICH, M., SOLOMON, D. *Windows Internals: Covering Windows Server 2008 and Windows Vista*. Microsoft Press, 2008.
TANENBAUM, A.; WOODHULL, A. *Operating Systems Design and Implementation*. Prentice Hall, 2006.

VII. COPYRIGHT

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



TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA COM AUXILIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL APLICADA EM PROCESSO DE EXTRUSÃO DE COMPOSTOS

JANAMILTON MEDEIROS OLIVEIRA¹,
LUIZ EDUARDO NICOLINI DO PATROCINIO NUNES²,
VALESCA ALVES CORREA³,

^{1,2,3}UNITAU - UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, SP

j.medeiros.jana@gmail.com; luiz.nunes@unitau.com.br; valesca.correa@unitau.com.br

Resumo: *A competitividade vem transformando os ambientes de manufatura, onde as empresas com processos cada vez mais complexos procuram reduzir os desperdícios gerados no ambiente fabril e desse modo o setup de máquina engloba tempo ocioso. A metodologia de troca rápida de ferramenta (SMED) é utilizada para reduzir os tempos de setup aumentando a produtividade da linha onde é implantado. Este trabalho tem como objetivo principal implantar a técnica de troca rápida de ferramenta em uma linha de extrusão de compostos poliméricos com auxílio de simulação computacional. A empresa produtora de compostos poliméricos tem como meta ser referência mundial em tempo de setup com relação a outras plantas e dessa forma justifica-se a implantação da troca rápida de ferramenta em sua linha de produção. Este trabalho utiliza uma abordagem quantitativa com diagnóstico da situação atual, por meio de documentos e métodos utilizados, e experimentação com intervenção das variáveis com simulação computacional e modificação da situação atual sugerida pela simulação. Os resultados obtidos após a implantação das melhorias foram expressivos e, seguindo as etapas proposta pela literatura, conseguiu-se chegar, em determinados casos de setup, ao OTED (troca de ferramenta em um toque) e dessa forma, utilizando o SMED como ferramenta de melhoria contínua, foi possível atingir a meta na redução do tempo de setup.*

Palavras-chave: SMED; Setup; Simulação; Extrusão de Compostos

I. INTRODUÇÃO

Com o aumento da concorrência as organizações passaram a ter desafios com o intuito de reduzir custos internos e elevar a qualidade do produto. Uma das alternativas utilizadas na tentativa de se manterem vivas no mercado é a implantação de sistemas de melhorias que, bem implantadas, conduzem a resultados positivamente expressivos.

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que busca eliminar os diversos tipos de desperdícios e atividades que não agregam valor ao produto final, desde o ponto de vista do cliente externo como interno. Essa filosofia faz com que todos os níveis da organização se envolvam para alcançar de forma conjunta os resultados esperados para a produção enxuta.

Os tempos de espera em um processo produtivo são considerados como desperdícios e esses tempos precisam ser eliminados ou reduzidos a um nível mínimo aceitável do ponto de vista da filosofia de produção enxuta. O

desperdício é qualquer coisa, além dos mínimos recursos de materiais, máquinas e mão-de-obra, necessária para agregar valor aos produtos. O desperdício pode ser definido também como qualquer atividade que não contribui para as operações, tais como, espera, acumulação de peças, recarregamentos, passagem de materiais, etc. (SHINGO, 2002) e (MOURA e BANZATO, 1996).

Especificamente para a atividade de preparação de máquina para produção de um novo produto, existe uma técnica que auxilia na redução do tempo de *setup*, conhecida como Troca Rápida de Ferramenta e foi originalmente desenvolvida por Shingo em 1985 na Toyota Motor Company e denominada *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

Essas mudanças, principalmente em equipamentos, demandam uma atenção especial, pois na maioria dos casos são mudanças que acabam envolvendo investimento financeiro. Para que modificações sejam feitas de modo que assegurem a integridade dos equipamentos, que sejam viáveis ao processo produtivo e tenha o retorno financeiro esperado, a simulação computacional é uma ferramenta que garante esses pontos citados. Dessa forma, toda modificação pode ser explorada ao máximo por meio de simulações ou cenários antes da implantação no processo produtivo.

Este artigo propõe uma forma de implantação do SMED com auxílio de simulação computacional em uma linha de produção de extrusão de compostos poliméricos.

O processo de extrusão consiste na fusão de um produto polimérico por meio de uma extrusora com auxílio de temperatura e cisalhamento. Este material é forçado, por meio de uma rosca, a passar por uma matriz que determina o formato final do produto. O processo de extrusão é considerado um processo contínuo.

A empresa de compostos, a qual esse trabalho foi aplicado, procura reduzir seus tempos de *setup* a fim de ser referência mundial, entre o grupo, neste ponto considerado como indicador de desempenho, onde 32% do tempo de ocioso de máquina estão sendo ocupados pelo *setup* e como meta para atingir o esperado é ter um tempo médio de *setup* abaixo de 35 minutos. Para obter a implantação da técnica do SMED, os objetivos específicos serão obtidos em ordem: Analisar a situação atual por meio da identificação das tarefas executadas; identificar *setup* interno e externo; coletar os tempos de execução de cada tarefa; separar *setup* interno e externo; converter *setup* interno em externo e simular as melhorias propostas.

O trabalho utiliza uma abordagem quantitativa, com diagnóstico e experimento de campo caracterizado pela intervenção nas variáveis do processo estudado. Os testes e observações sistemáticas serão utilizados como fontes de dados que serão analisados por meio de ferramentas estatísticas.

II. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. TÉCNICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

O objetivo do SMED é a redução do tempo de *setup* juntamente com a simplificação das operações de sua execução. Na prática, o SMED é desdobrado em teoria e técnicas para realizar operações de *setup* em um número de minutos expresso em um único dígito. O conceito de *setup* pode ser definido como o tempo necessário para mudar de uma operação para a outra, considerando a última peça produzida em conformidade do produto A até a primeira peça em conformidade produzida do produto B (SHINGO, 2008).

O tempo de *setup* compreende o momento em que há a desaceleração da produção do produto A, o tempo de máquina parada para a execução das tarefas de *setup*, início e a aceleração da produção do produto B, terminando somente quando a qualidade do produto B é alcançada como mostra a Figura 1 (SUGAI, MCINTOSH, NOVASKI, 2007).

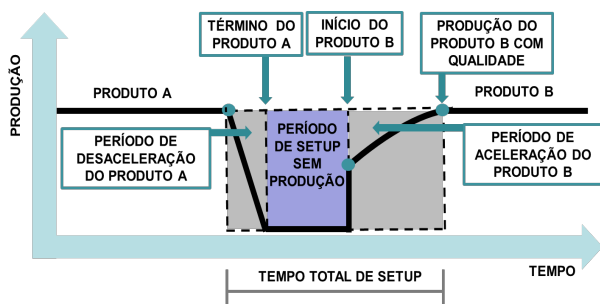


Figura 1 - Conceito do tempo de *setup*

Fonte: Adaptado de Reik, McIntosh, Owen, Mileham e Culley (2005)

De acordo com Mondem (1983), o SMED não pode ser considerado como só uma técnica, e sim um conceito que abrange mudança de atitudes de todas as pessoas envolvidas com o processo industrial. A aplicação das estratégias e técnicas ocorre com a participação de todos aqueles que atuam na operação em estudo. Os estágios que compõem o SMED têm como ênfase a abordagem de três estágios e um preliminar (SHINGO 2008).

2.1.1 ESTÁGIO 0: *SETUP* INTERNO E EXTERNO NÃO SE DISTINGUEM

Nas operações de *setup* tradicionais, o *setup* interno (ocorre com a máquina parada) e o externo (máquina operando) são confundidos; o que poderia ser realizado externamente é realizado internamente. O estágio 0 oferece somente dados dos parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *setup* e para obter os tempos das atividades, Shingo (2008) indica a possibilidade do uso do cronômetro, do estudo do método, de entrevista com operadores ou da análise da filmagem da operação (SUGAI, MCINTOSH, NOVASKI, 2007).

Moura e Banzato (1996) enfatizam bastante o uso de filmagens com auxílio de listas para registro dos dados. As imagens devem ser analisadas para minimizar o tempo gasto em cada operação, a análise deve ser conduzida do ponto de vista da produção enxuta.

2.1.2. ESTÁGIO 1: SEPARANDO *SETUP* INTERNO E EXTERNO

O passo mais importante à implementação do SMED é distinguir entre *setup* interno e externo. Qualquer atividade de preparação, manutenção e assim por diante, não devem ser realizadas quando a máquina estiver parada. Esta fase corresponde à organização e identificação das atividades, classificando-as e separando-as como *setup* interno e *setup* externo por meio das documentações e registros levantados no estágio 0 com questionamentos como: esta tarefa poderia ser feita com a máquina operando? Segundo Shingo (2008), se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%.

2.1.3. ESTÁGIO 2: CONVERSÃO DO *SETUP* INTERNO EM *SETUP* EXTERNO

Nesta fase é feita uma reavaliação minuciosa do estágio 1 para verificar se alguma operação tenha sido erroneamente alocada e para fazer um esforço para converter estas atividades em *setup* externo. Essa avaliação começa pelas atividades que demandam maior tempo de execução. Segundo Shingo (2008), nesta fase devem-se encontrar meios para converter as atividades executadas internamente para serem executadas externamente.

2.1.4. ESTÁGIO 3: MELHORIA SISTEMÁTICA DE CADA OPERAÇÃO BÁSICA DO *SETUP* INTERNO E EXTERNO

Segundo Shingo (2008), nesta fase é feita uma melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo. A melhoria do *setup* faz-se necessária para alcançar o *single-minute* que pode não ser atingido nos outros estágios, sendo necessária a melhoria contínua de cada elemento das atividades executadas, tanto do *setup* interno como externo.

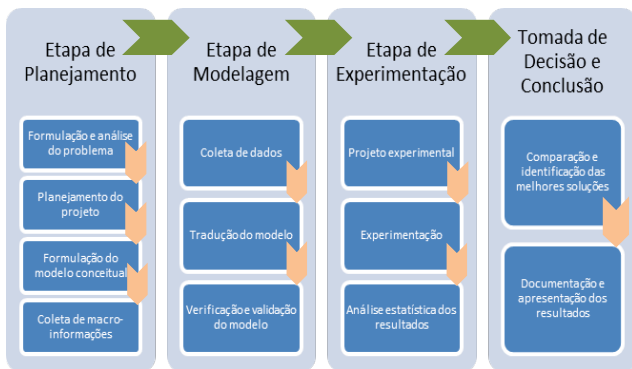
Shingo (2008) estabelece técnicas tanto para o *setup* externo como o interno utilizando kits para *setup*, matrizes com múltiplas cavidades, guias, engates rápidos. Com o acúmulo de experiências por meio das implementações contínua das melhorias no *setup*, e este pode ser reduzido abaixo de um minuto, o SMED é chamado de One Touch Exchange of Die (OTED), ou seja, (troca de ferramentas em um toque). Por fim, foi desenvolvida a ideia da troca sem o toque, Non Touch Exchange of Die (NOTED). No NOTED, a troca de ferramentas é realizada automaticamente, como em um centro de usinagem com sistemas automáticos de troca de ferramentas e de peças (BLACK, 1998).

2.2. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Segundo Banks (1998) e Slack, Chambers, Johnston (2002), a simulação é a imitação de um processo do mundo

real. A simulação envolve a geração de uma história artificial de um sistema e a observação desta história, para o desenvolvimento de interferências a respeito das características operacionais do sistema real que será representado. A simulação é uma metodologia indispensável para a solução de problemas provenientes de situações reais, é uma técnica preditiva em vez de otimizadora.

De acordo com a proposta de Freitas Filho (2008) a simulação de sistemas segue algumas etapas para formulação de um estudo como se pode ver na Figura 2. Tais passos foram abordados por autores como Banks (1998), Law e Kelton (2000).



Fonte: Freitas Filho (2008)

Figura 2 - Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender aos objetivos propostos neste trabalho, será adotada uma abordagem quantitativa, onde primeiramente será feito uma pesquisa diagnóstico para obter o retrato da situação real e atual. Tal diagnóstico partirá de estudos em documentos da empresa, como procedimentos, *check-lists* para execução de tarefas, instruções de trabalho, indicadores de desempenho do processo e filmagens das atividades de *setup* e dessa forma há elementos de pesquisa qualitativa. O autor intervirá nas variáveis do processo estudado para a implantação das técnicas propostas na literatura, caracterizando e classificando o trabalho como uma pesquisa-ação (LAKATOS e MARCONI, 2001).

Para a implantação do SMED será utilizado o software Arena para simulação computacional. Todos os pontos de melhorias encontrados por meio da metodologia sugerida por Shingo (2008) serão simulados para estudos antes da implementação. Após a simulação computacional os pontos de melhorias serão implantados em ambiente real. Por fim os resultados serão coletados e estudados por meio de ferramentas estatísticas e confrontados com os resultados encontrados pela simulação. As diferenças ou semelhanças encontradas serão discutidas.

O ramo de atividade da empresa estudada é a produção e comercialização de compostos poliméricos. O processo de fabricação utilizado para a produção dos compostos é a extrusão de grânulos, e dessa forma, delimitando o estudo deste trabalho a uma linha de produção de extrusão de compostos poliméricos, abrangendo seus equipamentos periféricos. A empresa estudada possui 3 linhas de produção, sendo A, B e C e, para o estudo proposto, foi escolhida a linha C, devido a sua dedicação à produção de cores escuras, tendo uma menor complexidade para a execução do *setup*.

3.1. APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

Primeiramente, antes de qualquer tomada de ação, foi necessário apresentar a proposta da implantação da metodologia proposta por Shingo (2008) aos gestores do processo de produção que possuem um maior grau de influência nas decisões que necessitam mudanças e investimentos. A proposta metodológica foi apresentada a área de manutenção, qualidade, supervisores de produção e aos operadores de máquina. Essa apresentação foi feita com o objetivo de equalizar as informações e os resultados esperados com a aplicação do SMED. Como o tempo total para a execução do *setup* ocupava uma margem de 32% do tempo de ociosidade (Gráfico 1), a proposta de implantação da metodologia de Shingo (2008) foi bem aceita pelos envolvidos.

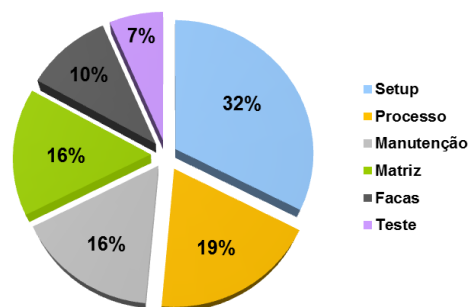


Gráfico 1 - Distribuição do tempo ocioso de máquina

Fonte: Autor (2011)

3.2. COLETA DE DADOS E SIMULAÇÃO

Para a coleta de dados foram feitas observações em campo durante a execução das atividades conforme estágio 0 apresentado na obra de Shingo (2008). Durante os acompanhamentos informais, foram observadas e registradas as etapas e atividades executadas pelos operadores, bem como o número de pessoas em cada tarefa, conforme sugerido por Shingo (2008).

Após os acompanhamentos foram observados pontos deficientes no processo de execução de *setup* como: Não havia tarefas executadas antes da parada da linha de produção; existia um “check-list” chamado “troca de grade” das atividades, porém, não contemplava todas as atividades necessárias à execução do *setup*; a equipe de *setup* não ficava a postos antes da parada da linha de produção, os operadores iniciavam as atividades após um longo tempo de a máquina ter parado; não havia instruções de trabalho para as atividades de *setup*; os operadores não dedicavam suas ações exclusivamente às atividades de *setup* e os operadores, após a conclusão das suas tarefas, voltavam para suas atividades normais e muitas vezes, ficava um operador para terminar o *setup*;

Para compor a análise das atividades de *setup* foram feitas filmagens das atividades que o operador executava conforme sugerido por Moura e Banzato (1996). Os filmes foram analisados e os tempos de execução das atividades foram registrados para verificação e estudo de futura melhoria. As filmagens foram feitas com o consentimento do operador. Diante dos dados obtidos, partiu-se para a elaboração da simulação computacional para simular a situação real atual. Para auxílio, foi utilizado o software Arena versão estudante 13.5 para simulação e análise de eventos.

O Arena é um software de simulação que utiliza uma interface gráfica por meio de blocos caracterizados por entidades que podem ser representados por estações de trabalho, operadores ou maquinários (PRADO, 2010).

Os dados coletados por meio das observações e filmagens foram tabulados para serem simulados no Arena. A Tabela 1 mostra as atividades executadas pelos operadores tendo 78,49 minutos de média para a execução do *setup* e 19 *setups* por mês.

Tabela 1 – Atividades executadas pelos operadores

Nº	Atividades para Setup	Operador	Tempo (min)
01	Finalizar lote	A	10,33
02	Circular água no granulador	A	7,58
03	Limpar secador	A	30,72
04	Limpar filtros de água	A	11,25
05	Limpar coletor de grânulos	A	7,62
06	Limpar coletor de aglomerados	A	3,90
07	Verificar silo	A	1,76
08	Partir extrusora	A	5,33
	Total		78,49
01	Limpar funil de alimentação	B	5,87
02	Limpar vent's	B	6,47
03	Limpar bomba de vácuo	B	7,13
04	Limpar dosador de premix	B	10,37
	Total		29,84
01	Drenar estações	C	15,81
02	Drenar silo	C	16,57
03	Trocar roscas	C	5,42
04	Limpar coletor de alimentação	C	2,18
	Total		39,98
01	Limpar mangote classificador	D	7,52
02	Limpar válvula diversora	D	5,38
03	Limpar classificador	D	25,05
04	Limpar grade magnética	D	4,35
05	Limpar válvula rotativa	D	9,78
	Total		52,08
Tempo total de Setup			78,49

Fonte: Autor (2011)

Na operação de *setup*, cada operador era responsável por um grupo de atividades. A tomada de tempo foi executada acompanhando o operador na execução de suas atividades e, como o conjunto de tarefas era fixo para todos os turnos de trabalho, foram colocados no “Input Analyzer” do Arena cinquenta dados de cada tomada de tempo das atividades para obter a melhor distribuição do tempo do atendimento de cada operador na estação de trabalho. Na Figura 3 pode-se observar a tela do Arena com os resultados da simulação.

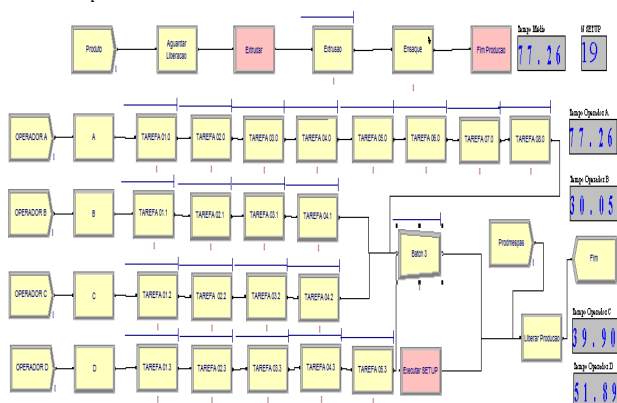


Figura 3 – Simulação da situação atual.
Fonte: Autor (2011)

O tempo da simulação foi estipulado para 01 mês e de acordo com as horas disponíveis de trabalho. Os resultados da simulação foram verificados com os dados reais tendo o tempo médio de *setup* 77,26 minutos com 19 *setups* executados sendo que tínhamos 78,49 minutos para a execução das tarefas e com média de 19 *setups*.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DAS OPERAÇÕES

Nesta etapa é feita a classificação das atividades executadas durante o *setup*, seja interna ou externa. Na etapa anterior foram levantadas todas as atividades do *setup* sem distinção, sendo que todas são praticadas internamente, com a máquina parada.

Analisando as operações foi possível identificar as atividades abaixo como externa: atividade 01 do operador A; atividade 04 do operador A; atividade 02 do operador B e atividade 03 do operador B.

Durante esta análise houve a participação da operação, observando as atividades praticadas por eles próprios por meio das filmagens executadas anteriormente. Aproveitando o engajamento das pessoas envolvidas, foi feita uma análise crítica das atividades com o intuito de eliminar as operações executadas durante a operação da máquina e, também, encontrar meios de melhorar a execução daquelas atividades que eram executadas com a máquina parada. A participação dos operadores foi fundamental para a melhoria das atividades, onde foi sugerida a modificação de duas atividades que demandavam maior tempo para sua execução eram elas:

- Atividade 03 do operador A (limpar secador); onde foi sugerida a modificação da sequência de enchimento da água do tanque. O tanque era cheio após a limpeza do secador centrífugo e com a alteração sugerida seria cheio durante a limpeza.

- Atividade 03 do operador D (limpar classificador); a sugestão foi modificar o sistema de fixação das peneiras com o intuito de eliminar os parafusos. Na obra de Shingo (2008), ele sugere modificar sistemas de fixação, que demandam tempo para sua execução, alterando para engates rápidos, parafusos fendidos, arruelas em U. Segundo Moura e Banzato (1996), os parafusos devem ser eliminados. Conforme sugestões de melhorias, as informações e alterações foram simuladas com o intuito de verificar o ponto certo de modificação como mostra a Figura 4.

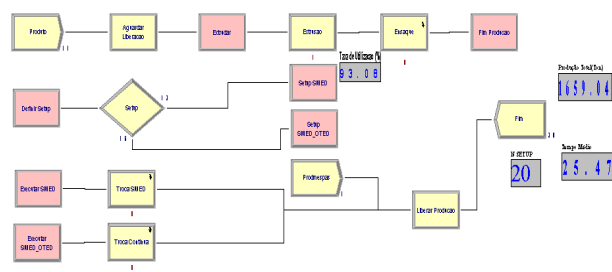


Figura 4 – Simulação com sugestões de melhoria
Fonte: Autor (2012)

A simulação mostrou uma redução no tempo de *setup* de 36,07 minutos, 46,68 % do tempo total. Conforme as sugestões de melhorias e diante dos resultados simulados iniciaram-se as alterações. Nesta fase a simulação

computacional mostrou que as modificações teriam efeito direto no tempo de *setup*

3.4. CONVERTENDO AS OPERAÇÕES

Primeiramente, as atividades consideradas como externa foram incluídas no “*check-list*” de troca de grade e identificadas como “pré-troca”. Esse documento começou a ser preparado antecipadamente à parada da máquina para o *setup* e passou a ser nomeado como “planejamento de troca de grade”.

A segunda modificação executada ocorreu na sequência do enchimento da água do tanque, onde a limpeza começou a ser executada junto com o enchimento do tanque reduzindo a operação aproximadamente pela metade do tempo.

A terceira modificação executada ocorreu nos fixadores das peneiras na atividade 03 do operador D. Os parafusos foram retirados e foi incluído um sistema pneumático de fixação, onde as peneiras passaram a ser retiradas apenas com um toque conforme mostra a Figura 5.

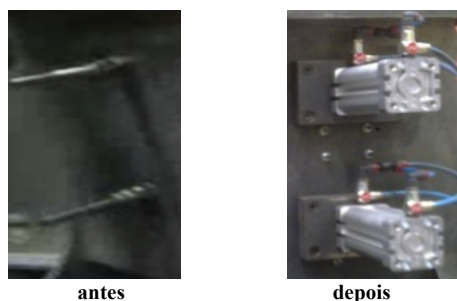


Figura 5 – Terceira modificação (fixadores).

Fonte: Autor (2012)

O conceito de utilização de engates e sistemas rápidos de fixação foi descritos na obra de Shingo (2008).

Diante das modificações executadas, e pela identificação das deficiências observadas na coleta de dados, foi necessária a criação e implantação de procedimentos para cada atividade executada pelos operadores durante o *setup*, com o objetivo de padronizar as tarefas independentemente do operador envolvido. Os procedimentos foram elaborados com o auxílio dos operadores e das análises feitas com as filmagens das atividades.

3.5. MELHORIA CONTÍNUA

Nesta fase, Shingo (2008) declara que não precisa ser executada sequencialmente a etapa anterior; podem ser praticamente simultâneas e a define como “racionalizando todos os aspectos da operação de *setup*”, contudo, foi separada neste trabalho devido a sua ocorrência ter sido posterior às melhorias anteriores implantadas nas atividades. Baseando-se na filosofia de melhoria continua, o SMED deve ser considerado como ferramenta de melhoria continua como observado no trabalho de Sugai, McIntosh e Novaski (2007).

Após algumas análises foi possível fazer interferências no sequenciamento de programação e conduzir a um sequenciamento de produtos com características similares de cores idênticas que eram programados entre as 3 extrusoras

existentes. Dessa forma, uma linha de produção, a linha C, ficou dedicada a produtos com características similares facilitando a etapa de *setup*.

Com essa alteração percebeu-se, por uma análise de valor, que um produto não causava interferência nas características de outro produto por ter formulações similares e, dessa forma, foi estudado uma forma de executar o *setup* sem a parada da linha de produção. Anteriormente, toda troca de produto era feita uma parada de linha para finalização do produto anterior e ajustes para o próximo produto. Em alguns casos percebia-se que produtos idênticos, apenas com nomenclatura diferente devido a razões comerciais, sofriam *setup* e essas peculiaridades não eram analisadas pela manufatura com o intuito de reduzir o tempo de troca de produto. As paradas sempre existiam de qualquer forma, era um conceito totalmente sólido para os operadores.

Considerando um produto A, próximo ao término de sua produção, foram feitos acompanhamentos dos níveis dos dosadores de matéria-prima, com o intuito de fazer a alimentação da próxima antes de chegar o fim da atual. Com essa operação foi necessário gerar um produto de transição que posteriormente foi realimentado ao processo.

Foi feita uma simulação considerando tempo de *setup* zero para os itens de formulações similares em conjunto com *setups* executados com a máquina parada. Na Figura 6 pode-se verificar que o tempo médio do *setup* foi reduzido para 25,47 minutos.

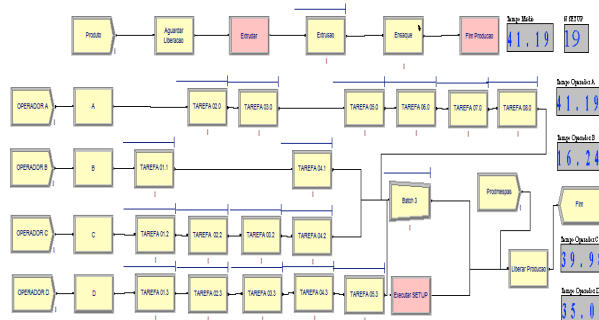


Figura 6 – Simulação com sugestões de melhoria-SMED/OTED
Fonte: Autor (2012)

A troca de produto com a máquina em operação foi intitulada como “troca contínua” e passou a ser organizada pelo supervisor de turno. Esse tipo de *setup* passou a requerer uma maior responsabilidade dos operadores onde o ponto de corte do material de transição era crucial para não gerar produto fora de especificação.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho foram confrontados com as simulações executadas no Arena e, para iniciar a melhoria nas modificações das tarefas executadas internamente ao *setup*, que passaram a ser executadas com a máquina operando, e as alterações em equipamentos foram simuladas tendo como resultados um tempo médio de *setup* igual a 41,19 minutos. Após a implantação, no mês seguinte, foram coletados os dados reais resultando em tempo de *setup* igual a 42,99 minutos e dessa forma coerentes com o tempo da simulação e 45,23 % abaixo do tempo antes da implantação do SMED.

Esses resultados foram considerados antes da alteração do sistema de programação de produção, após a mudança no

sequenciamento dos produtos, o tempo médio de *setup* foi reduzido em 48,03%. Contudo, não foi possível aplicar a execução do *setup* sem a parada da linha para todos os produtos e, considerando essa aplicação nos produtos de formulações similares e a intervenção dos operadores, seja alterando a configuração dos equipamentos ou executando a troca das matérias-primas, podemos classificar o *setup* em OTED (One Touch Exchange of Die) como definido por Black (1998). Na Tabela 2 podem-se comparar os resultados.

Tabela 2 – Comparação dos resultados

Nº	Atividades para Setup	Operador	Tempo (min)	SMED
01	Finalizar lote	A	10,33	0,00
02	Circular água no granulador	A	7,58	7,50
03	Limpar secador	A	30,72	15,10
04	Limpar filtros de água	A	11,25	0,00
05	Limpar coletor de grânulos	A	7,62	8,54
06	Limpar coletor de aglomerados	A	3,90	4,22
07	Verificar silo	A	1,76	1,53
08	Partir extrusora	A	5,33	6,10
		Total	78,49	42,99
01	Limpar funil de alimentação	B	5,87	5,34
02	Limpar vent's	B	6,47	0,00
03	Limpar bomba de vácuo	B	7,13	0,00
04	Limpar dosador de premix	B	10,37	11,67
		Total	29,84	17,01
01	Drenar estações	C	15,81	15,98
02	Drenar silo	C	16,57	15,38
03	Trocar roscas	C	5,42	6,77
04	Limpar coletor de alimentação	C	2,18	3,73
		Total	39,98	41,86
01	Limpar mangote classificador	D	7,52	8,08
02	Limpar válvula diversora	D	5,38	4,86
03	Limpar classificador	D	25,05	8,00
04	Limpar grade magnética	D	4,35	5,45
05	Limpar válvula rotativa	D	9,78	8,63
		Total	52,08	35,02
	Tempo total de Setup		78,49	42,99

Fonte: Autor (2012)

Para a execução do *setup* sem a parada da linha, tem-se uma queda de produtividade devido à diminuição da vazão da extrusora para um melhor controle dos níveis de matéria-prima, como pode ser descrito na Figura 7.

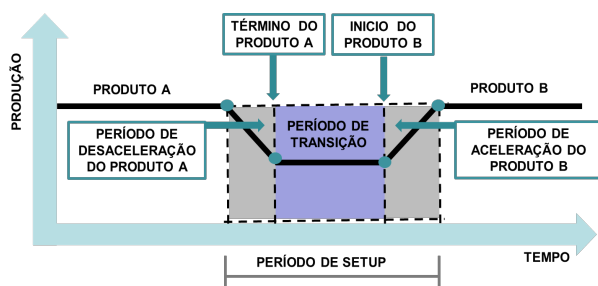


Figura 7 - Tempo de setup – OTED

Fonte: Autor (2012)

O tempo de parada de máquina para a execução do *setup* não existe, contudo, há uma redução da produtividade no final da produção do produto A até que o mesmo comece a entrar em transição, quando o produto A tem o término de sua produção. Durante o período de transição ocorre a troca do produto e quando se tem unicamente o produto B em máquina, a partir daí tem-se a elevação da produtividade até

o produto B atingir os requisitos de qualidade encerrando o período de *setup*.

No Gráfico 2 são comparados os resultados reais das melhorias executadas. A simulação mostrou um valor do tempo médio de *setup* próximo do valor real, sendo 25,47 minutos contra 22,34 minutos no sistema real.

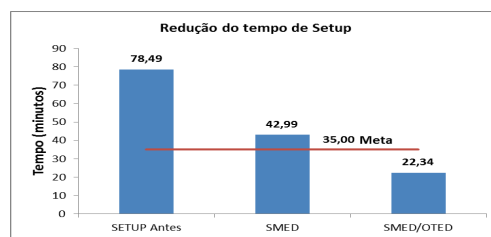


Gráfico 2 – Evolução da redução do tempo de setup

Fonte: Autor (2012)

O resultado esperado para a empresa ser referência em *setup* de máquina foi atingido, sendo que o proposto antes a implantação da técnica era atingir níveis de *setup* menores que 35 minutos e após foi conseguido um tempo igual a 22,34 minutos, ou seja, bem abaixo do esperado. Os resultados foram obtidos apenas na linha C de produção.

V. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos na implantação do SMED, pode-se concluir que é uma ferramenta eficiente que utiliza trabalho em equipe, o uso da criatividade, técnicas mecânicas e mudança da mentalidade das pessoas envolvidas. A mentalidade enxuta precisa estar disseminada para o sucesso da implantação do SMED. As dificuldades encontradas na implantação da proposta deste trabalho foram geralmente ligadas às pessoas, onde foi necessário treinamentos e acompanhamentos ao longo de todo o processo. Essa técnica é a base para uma produção enxuta, tem o objetivo de reduzir desperdícios e aumentar a produtividade dos processos.

A metodologia aplicada na empresa estudada mostrou ganhos expressivos na redução do tempo de *setup* chegando a um total de 71,53% de redução no tempo médio para a execução das atividades.

Neste trabalho também foi observado que alterações no sequenciamento de produção dos produtos contribuíram muito para a aplicação do SMED, podendo ser atingido o OTED conforme vimos, contudo Shingo (2008) não menciona sobre a similaridade de produtos com produção dedicada para isso, ele comenta sobre sequenciamento de cores para uma injetora. Um planejamento eficiente do programa de produção foi crucial para se obter uma redução acentuada no tempo médio de *setup*.

As simulações do software Arena foram de grande auxílio, pois por meio delas, pôde-se ter uma noção dos resultados esperados, principalmente se determinada alteração poderia ter efeito satisfatório ou não. Como a operação de *setup* era executada por 04 pessoas, e o tempo total do *setup* era função do tempo total do operador, a simulação mostrou a possibilidade de uma redução se fossem feitas modificações, principalmente nas atividades do operador, que demandava maior tempo para término das atividades. Não foram explorados todos os pontos possíveis para aproveitamento da mão-de-obra, pois cada operador

executava uma tarefa específica não interferindo nas atividades dos outros.

Como resultado final, obteve-se um nível de *setup* muito menor do que foi proposto como meta, contudo, este resultado foi conseguido por meio da aplicação da técnica em uma única linha de produção.

Este trabalho não explorou todos os pontos para alcançar o *setup* menor que um dígito do minuto, como é a proposta da técnica. Contudo, deve-se ter em mente que o SMED é um conceito de melhoria contínua e merece ser praticado após toda melhoria encontrada para a redução do *setup*, seguindo um ciclo contínuo que se inicia com o término do anterior.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, J.** – Handbook of simulation: principles, methodology, advances, application, and practice. Ed John Wiley, 1998.
- BLACK, J. T.** – O projeto da fábrica com futuro, Bookman, Porto Alegre, 1998.
- FREITAS FILHO, P. J.** – Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena. 2ª Edição, Visual Books, Florianópolis, 2008.
- LAKATOS E. M., MARCONI, M. A.** – Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, Editora Atlas, São Paulo, 2001.
- LAW, A. M. KELTON, W. D.** – Simulation modeling and analysis, third edition. New York-McGrawHill, 2000.
- MONDEM, Y.** – O sistema Toyota de produção. IMAM, São Paulo, 1983.
- MOURA A. R.; BANZATO E.** –Redução do tempo de *setup* – Troca rápida de ferramentas e Ajustes de máquinas, IMAM, São Paulo, 1996.
- PRADO, D.** – Usando o Arena em Simulação, INDG, Minas Gerais, 2010.
- REIK, M. P.; MCINTOSH, R. I.; OWEN, G. W.; MILEHAM, A. R.; CULLEY, S. J.** - Design for Changeover: Enabling the design of highly flexible, highly responsive manufacturing processes, University of Bath, Innovative Manufacturing Research Centre (IMRC), 2005.
- SHINGO, S.** – O Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da engenharia de produção, Bookman, Porto Alegre, 2002.
- SHINGO, S.** – Sistema de Troca Rápida de Ferramenta – Uma revolução nos sistemas produtivos, Bookman, Porto Alegre, 2008.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** – Administração da produção, Editora Atlas, São Paulo, 2002.
- SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O.** – Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. Gestão & Produção, São Carlos, 2007.

VII. COPYRIGHT

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



SIMULAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS NA REDE EMPREGANDO DIFERENTES TECNOLOGIAS DE CÉLULAS

STEFANIE BATOR¹; SAMARA CARLA TROMBETTA¹; JOÃO BATISTA DIAS¹

1 – UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - BRASIL

batorstefanie@gmail.com

Resumo. Este artigo apresenta uma simulação realizada para sistemas fotovoltaicos conectados na rede elétrica. Foram considerados os dados referentes aos locais onde a instalação se encontraria (Belém, Brasília, Fortaleza, Porto Alegre e Rio de Janeiro), quatro tecnologias de células existentes (Silício Monocristalino, Silício Multicristalino, Silício Amorfo e Disseleneto de Cobre e Índio - CIS) e duas potências de módulos (60 e 120 W_p), resultando em um total de 8 instalações hipotéticas. Foram analisados os dados referentes à performance energética (%) e rendimento energético (kWh/kW_p) da instalação. O valor quantitativo dos resultados se refere a um período anual. Tais resultados foram obtidos através de simulações com o Sunny Design da SMA Solar Technology. Utilizando as informações adquiridas na simulação foi possível analisar qual localidade adere melhor o tipo de tecnologia de células fotovoltaicas e qual sistema obtém a relação custo versus benefício de maior interesse em cada uma das localidades simuladas.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, Simulação, Rendimento Energético.

Abstract. This paper presents a simulation performed for Photovoltaic solar grid-connected power system. Were considered the data relating to places where the installation would be (Bethlehem, Brasília, Fortaleza, Porto Alegre and Rio de Janeiro), four technologies existing cell (Monocrystalline silicon, Multicristalino silicon, Amorphous Silicon and Disseleneto Copper and Indian - CIS) and two powers of modules (60 to 120 W_p), resulting in a total of 8 hypothetical installations. Were analyzed the data on the energy performance (%) and energy efficiency (kWh/k W_p) of the installation. The quantitative value of the results with respect to an annual period. Such results were obtained by means of simulations with the Sunny Design of SMA Solar Technology. Using the information acquired in the simulation it was possible to analyze which locality adheres better to photovoltaic systems and which system obtains the cost versus benefit of greater interest in each of the localities simulated.

Key Words: Grid-Connected Power System, Simulation, Energy Efficiency.

I. INTRODUÇÃO

O motivo que atrairia tantos estudiosos para a energia solar se dá em razão de ela estar disponível em todos os lugares e para qualquer um. É preciso que aperfeiçoemos as tecnologias existentes para obtermos sempre melhores resultados e quando possível, fazer a descoberta de novos meios de captação da energia.

Em relação ao potencial dos módulos fotovoltaicos, ao se comparar com a energia hidrelétrica, a Usina de Itaipu, cuja área é de 1350 km², gera 80 a 90 TWh / ano. Cobrindo

essa mesma área do lago de Itaipu com gerador solar fotovoltaico, ter-se-ia uma geração de 183 TWh / ano (Rüther, 2010).

Porém, em contrapartida a isso, têm-se os custos de investimento de um sistema fotovoltaico, tanto na área de pesquisa quanto na área comercial. Os custos de instalação são ainda elevadíssimos, embora não se tenha gasto algum com o aproveitamento da fonte e custos mínimos de manutenção de um sistema. Os incentivos monetários são ainda pequenos no momento atual.

Com este trabalho foi possível relacionar o investimento de módulos que compõe sistemas fotovoltaicos conectados na rede elétrica com o rendimento energético que eles proporcionam. Mostra-se a comparação entre sistemas de diferentes tecnologias, potências e algumas localidades brasileiras.

II. INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A instalação de um sistema fotovoltaico depende de alguns fatores que são determinantes no rendimento da mesma. Seguem listados e descritos os principais fatores:

Tecnologia dos Módulos. Este é o fator de maior interferência no rendimento de um sistema fotovoltaico, pois é através da tecnologia usada na construção do módulo que o aproveitamento da incidência solar varia. Existem diferentes formas de fabricação dos módulos que atuam no mercado, assim como as matérias primas utilizadas nos mesmos, porém o princípio de transformação da energia é o mesmo para ambos. Eis a importância da estrutura química do módulo (Bustos, 2009).

Configuração. Os valores atribuídos a corrente e tensão são determinados pela quantidade de *strings* (séries de módulos) e a quantidade de módulos presentes em cada *string*, respectivamente. É preciso que haja equilíbrio entre a tensão e a corrente de um sistema, pois o inversor possui faixas limites destas grandezas, evitando que o mesmo entre em risco. Um inversor que possui isolamento galvânico e opera próximo ao limite inferior de tensão de entrada, trabalha com uma eficiência mais elevada. No entanto, deve-se ter o cuidado para que o mesmo não desligue em épocas de altas temperaturas, quando a tensão do arranjo de módulos diminui bastante. É em razão destes fatores que existe a otimização na instalação de um sistema fotovoltaico, isto é, a configuração que permitirá maior proveito na captação e transformação da energia (Dias, 2006).

Perdas. As perdas mais importantes se apresentam basicamente em dois componentes de um sistema fotovoltaico, podendo ser advindas dos módulos ou dos inversores. A perda de rendimento energético é ocasionada nos módulos quando os mesmos se encontram mal associados, perdas espectrais, perdas térmicas e quando há algum tipo de sombreamento aos mesmos. Este sombreamento pode ser representado por folhas, dejetos de pássaros ou qualquer objeto que possa encobrir as células fotovoltaicas. As perdas energéticas associadas ao inversor devem-se ao processo de conversão de corrente contínua em corrente alternada, ao seguidor do ponto de máxima potência e distorção harmônica (Dias e Krenzinger, 2006; Rampinelli, 2010). É importante ressaltar que neste estudo, somente as perdas térmicas nos módulos foram consideradas. Tais resultados alcançados baseiam-se em situações plenamente satisfatórias.

Dimensionamento. O fator de dimensionamento de inversores representa a relação entre a potência nominal do inversor e a potência nominal máxima do gerador fotovoltaico. Em razão das condições climáticas de alguns lugares, o inversor de um sistema fotovoltaico opera normalmente fora de sua potência nominal, e por isto costuma-se dimensioná-lo para que seu uso não seja efetivamente baixo e nem alto demais. Desta forma consegue-se aproveitar melhor a energia (Pereira e Gonçalves, 2008).

III. SIMULAÇÃO

Todos os dados apresentados neste trabalho foram obtidos através de simulações. As simulações foram realizadas no software *SMA Sunny Design 2.11*. Conforme as Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 e Fig. 5, o software possibilita fazer escolha do local, temperaturas, tipo de rede, tecnologia das células, potência dos módulos, fabricante dos módulos, quantidade de módulos, inclinação dos módulos, potência do inversor, configuração (strings X módulos por *string*), etc. Também é possível averiguar se os valores de tensão, corrente e potências máxima e mínima obtidas com a combinação dos módulos e inversor são compatíveis.

Figura 1- *SMA Sunny Design 2.11* referente à escolha da localidade e das temperaturas mínima, dimensionamento e máxima.

Figura 2- *SMA Sunny Design 2.11* referente à escolha da rede.

Figura 3- *SMA Sunny Design 2.11* referente à escolha do módulo fotovoltaico.

Figura 4- *SMA Sunny Design 2.11* referente à escolha do inversor e configuração do sistema

Vista geral de inversores				
	Gerador fotovoltaico 1 20 / 20	Potência de pico	Coefficiente da potência n...	Factor de utilização da en...
1 x SB 1200	10 x 2 (A)	1,20 kWp	110 %	100 %

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis				
Configuração		Entrada A		
Inversor:	SB 1200	Gerador fotovoltaico:	Gerador fotovol...	
Entradas independentes:	1	Quantidade de módulos FV (entrada):	20	
Potência máx. CC:	1,32 kW	Potência de pico (entrada):	1,20 kWp	
Potência CC mín.:	96 V	Tensão FV típica:	121 V	
(tensão de rede 220 V)		Tensão FV mín.:	111 V	
Tensão CC máx. (Inversor):	400 V	Tensão FV máx.:	203 V	
Corrente máx. de CC:	12,6 A	Corrente máx. do gerador FV:	9,0 A	

Figura 5- *SMA Sunny Design 2.11* referente à aceitação das combinações estabelecidas anteriormente.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram simulados oito sistemas diferentes, cada um nas cinco localidades possíveis: Belém, Brasília, Fortaleza, Porto Alegre e Rio de Janeiro. Os sistemas são compostos por quatro tecnologias: Silício Monocristalino, Silício Multicristalino, Silício Amorfo e Disseleneto de Cobre e Índio; para cada tecnologia foi simulado dois sistemas, um com módulos de 60 Wp e outro com módulos de 120 Wp, ambos com arranjo de potência de 1200 Wp.

Na Tab. 1 são apresentadas as informações pertinentes aos fabricantes e modelos dos módulos utilizados. Para

todas as simulações foi usado o mesmo inversor, o SB 1200 de 1200 W.

Tabela 1. Fabricantes e modelos dos módulos utilizados nas simulações.

TECNOLOGIA	POTENCIA (W _p)	FABRICANTE DOS MÓDULOS	MODELO DOS MÓDULOS
SILÍCIO MONOCRISTALINO	60	Suntech	STP060S-12/Sb
	120	SOLARIS	H1500 (120 W)
SILÍCIO MULTICRISTALINO	60	Suntech	STP060S-12/Sb
	120	PHOTOWATT	PW6-BIPV1 (120W)
SILÍCIO AMORFO	60	Sunset	KA 60
	120	Blitzrom	EPV-120 3-1
DISSELENETO DE COBRE E ÍNDIO	60	Axitec	AC-60CIS/7.3-2X39 LVS
	120	AVANCIS	POWERMAX 120 03/10

IV. CUSTOS ESTIMADOS

Em consequência do aparecimento de novas tecnologias de produção dos componentes básicos de instalações de sistemas fotovoltaicos, o custo real da mesma diminuiu expressivamente nas últimas décadas. É de grande importância que haja uma estimativa de custos para viabilizar um projeto, por isso fez-se uma pesquisa para avaliar-se os preços para os módulos fotovoltaicos de 60 W_p e 120 W_p, de tecnologias silício monocristalino, multicristalino, amorfo e disseleneto de cobre e índio. Os preços estimados foram baseados em média de custo de módulos fotovoltaicos com valores de potência próximos aos dos simulados. Fez-se uma média entre os preços dos seguintes fornecedores: Kyocera Solar, Solar World, Solaris, Sunmodule, Exxa Solar e Suntech.

Na Tab. 2, são apresentados apenas os valores referentes a duas tecnologias de módulo e suas respectivas potências. Os módulos fotovoltaicos de silício amorfo e disseleneto de cobre e índio são praticamente indisponíveis comercialmente no Brasil, dificultando-se assim, a estimativa de custos específicos.

Tabela 2. Custo dos módulos fotovoltaicos de tecnologia silício monocristalino e silício multicristalino.

Potência máxima (W _p)	Tecnologia do Módulo	Custo (R\$)
50	Silício Monocristalino	623
85	Silício Monocristalino	919
100	Silício Monocristalino	929
48	Silício Multicristalino	609
50	Silício Multicristalino	599
85	Silício Multicristalino	844
120	Silício Multicristalino	875
130	Silício Multicristalino	827
135	Silício Multicristalino	939

Observando-se o custo de módulos fotovoltaicos de silício amorfo de 60 W_p no mercado europeu, tem-se que os mesmos custariam (considerando-se uma taxa de importação de 40%) R\$454,00.

Verifica-se que os custos médios para um módulo fotovoltaico de silício monocristalino de 60 W_p e 120 W_p seriam respectivamente, R\$ 722,00 e R\$ 929,00. Da mesma forma, para os módulos de silício multicristalino têm-se R\$ 699,00 e R\$ 880,33. Os últimos têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia na sua fabricação, mas também apresentam uma eficiência inferior

(entre 11% e 13%, obtendo-se até 18% em laboratório). Esta redução de eficiência é causada pela imperfeição do cristal (CEEETA – Centro de Estudos em Economia da Energia dos transportes e do ambiente, 2001). A célula de silício monocristalino é a tecnologia comercial mais empregada, cujas vantagens são possuir um processo de fabricação básico e bem constituído e ser a que apresenta maior eficiência (CRESESB, 2007).

Quanto ao custo do inversor utilizado na simulação, o SB1200, já com uma taxa de importação de 40 %, o preço fica da ordem de R\$3500,00. Também, na hora de dimensionar um sistema fotovoltaico, deve-se avaliar o preço de outros elementos da planta, como cabos elétricos, medidor de energia, estrutura para instalar os módulos, etc. Neste estudo tais elementos adicionais não foram levados em conta.

V. RESULTADOS

Nas Fig. 6 e Fig. 7 são apresentados os dados de rendimento energético (kWh/kW_p) e o coeficiente de performance ou coeficiente de eficiência do sistema (%). Apresenta-se uma amostra das simulações de silício monocristalino de 60 W_p e 120 W_p, mas todas as simulações realizadas se comportam desta forma. Pode-se observar que o rendimento energético e o coeficiente de performance do sistema são grandezas independentes, não existe obrigatoriedade de uma acompanhar o crescimento da outra. Por exemplo, na simulação dos módulos de silício monocristalino de 60 W_p (Fig. 6), Porto Alegre obteve o menor rendimento energético, porém apresentou coeficiente de performance igual do que Rio de Janeiro e maior que Belém. Brasília detém o maior coeficiente de performance e segundo maior rendimento, produzindo menos apenas que Fortaleza. Fortaleza, por sua vez, teve o melhor rendimento energético e seu coeficiente de performance foi menor apenas que o de Brasília. Na simulação dos módulos de silício monocristalinos de 120 W_p (Fig. 7), em Porto Alegre se obteve maior coeficiente de performance do que em outras três localidades (Rio de Janeiro, Belém e Fortaleza) e obteve simultaneamente o menor rendimento energético. Fortaleza continuou sendo a localidade com maior rendimento energético, entretanto, seu coeficiente de performance foi maior apenas que o de Belém.

Contudo, a diferença percentual é muito pequena entre os coeficientes de performance para os dois módulos simulados, podendo ser desprezada.

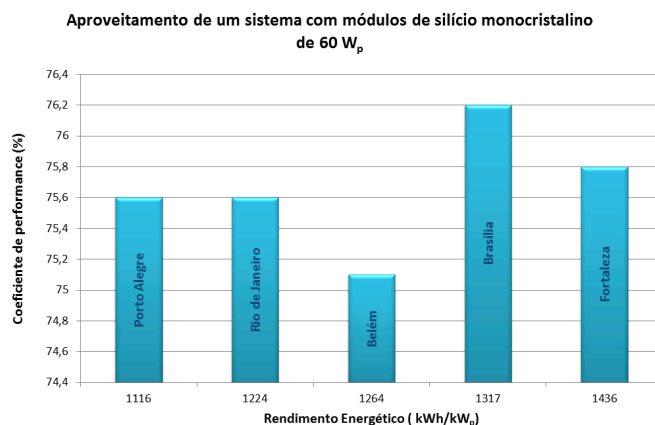


Figura 6 - Aproveitamento de um sistema com módulos monocristalinos de 60 W_p.

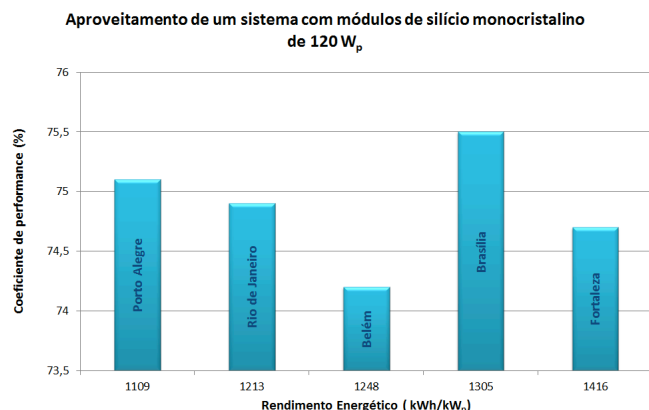


Figura 7 - Aproveitamento de um sistema com módulos monocristalinos de 120 W_p.

As Fig. 8 e Fig. 9 mostram a relação entre rendimento energético e localidade utilizando como filtro a tecnologia das células fotovoltaicas e a potência correspondente. Observe-se claramente que o rendimento energético mais elevado é obtido em Fortaleza e o menor em Porto Alegre. Das tecnologias simuladas, os módulos de silício monocristalino apresentam rendimento energético inferior em ambos os casos, enquanto os módulos de disseleneto de cobre e índio têm melhor rendimento energético nas simulações que acomodam módulos de 60 W_p. Nas simulações que acomodam módulos de 120 W_p, a tecnologia que apresentou melhor rendimento energético foi silício amorfo. Entretanto, para as tecnologias de células que apresentam uma eficiência menor de conversão é necessária uma área maior para instalação.

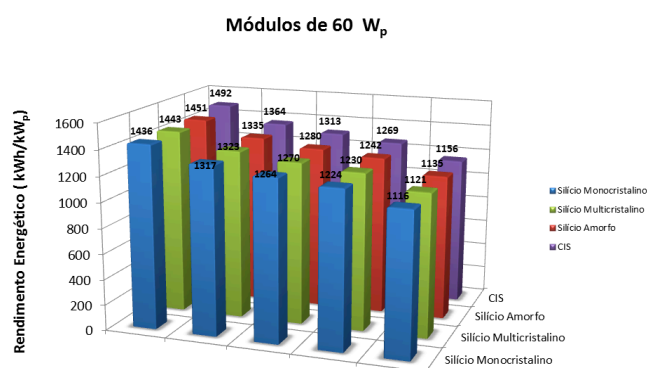


Figura 8 - Rendimento energético por localidade e tecnologia para uma instalação com módulos de 60 W_p.

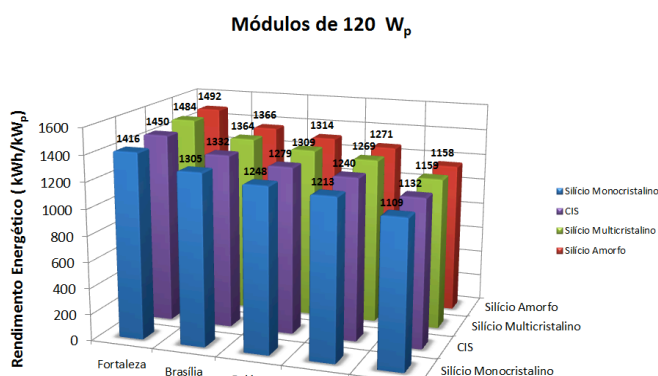


Figura 9 - Rendimento energético por localidade e tecnologia para uma instalação com módulos de 120 W_p.

As Tab. 3 e Tab. 4 apresentam informações referentes à inclinação para instalação dos módulos, área total instalada, configuração do sistema, tecnologia dos módulos bem como rendimento energético e coeficiente de performance ou coeficiente de eficiência, respectivamente para módulos de 60 W_p e 120 W_p.

Tabela 3. Resultados das simulações para sistemas com módulos de 60 W_p.

Cidades	Ângulo de inclinação dos módulos	Strings X Módulos por String	Tecnologia	Área do arranjo (m ²)	Rendimento energético (kWh/kW _p)	Coeficiente de performance (%)
Belém	1°	2X10	Mono	10,25	1264	75,1
		2X10	Multi	10,25	1270	75,5
		2X10	CIS	16,48	1313	78,1
		10X2	Amorfo	19,01	1280	76,1
Brasília	15°	2X10	Mono	10,25	1317	76,2
		2X10	Multi	10,25	1232	76,6
		2X10	CIS	16,48	1364	79,0
		10X2	Amorfo	19,01	1335	77,3
Fortaleza	3°	2X10	Mono	10,25	1436	75,8
		2X10	Multi	10,25	1443	76,1
		2X10	CIS	16,48	1492	78,7
		10X2	Amorfo	19,01	1451	76,6
Porto Alegre	30°	2X10	Mono	10,25	1116	75,6
		2X10	Multi	10,25	1121	75,9
		2X10	CIS	16,48	1156	78,3
		10X2	Amorfo	19,01	1135	76,9
Rio de Janeiro	22°	2X10	Mono	10,25	1224	75,6
		2X10	Multi	10,25	1230	76,0
		2X10	CIS	16,48	1269	78,4
		10X2	Amorfo	19,01	1242	76,7

Tabela 4. Resultados das simulações para sistemas com módulos de 120 W_p.

Cidades	Ângulo de inclinação dos módulos	Strings X Módulos por String	Tecnologia	Área do arranjo (m ²)	Rendimento energético (kWh/kW _p)	Coeficiente de performance (%)
Belém	1°	1X10	Mono	10,56	1248	74,2
		1X10	Multi	9,37	1309	77,4
		2X5	CIS	10,72	1279	76,0
		2X5	Amorfo	24,19	1314	78,1
Brasília	15°	1X10	Mono	10,56	1305	75,5
		1X10	Multi	9,37	1364	78,9
		2X5	CIS	10,72	1332	77,1
		2X5	Amorfo	24,19	1366	79,0
Fortaleza	3°	1X10	Mono	10,56	1416	74,7
		1X10	Multi	9,37	1484	78,3
		2X5	CIS	10,72	1450	76,5
		2X5	Amorfo	24,19	1492	78,7
Porto Alegre	30°	1X10	Mono	10,56	1109	75,1
		1X10	Multi	9,37	1159	78,4
		2X5	CIS	10,72	1132	76,6
		2X5	Amorfo	24,19	1158	78,4
Rio de Janeiro	22°	1X10	Mono	10,56	1213	74,9
		1X10	Multi	9,37	1269	78,3
		2X5	CIS	10,72	1240	76,5
		2X5	Amorfo	24,19	1271	78,5

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diminuição do custo de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis e a preocupação com questões ambientais estão aumentando o interesse no mundo sobre as fontes “limpas”, entre elas a energia solar fotovoltaica.

Sabe-se que a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil é ainda insignificante, sendo quase sempre utilizado para o atendimento de sistemas isolados, apesar de possuir grande potencial para o uso da mesma em aplicações de sistemas conectados à rede. Mesmo havendo programas federais de universalização do acesso à eletricidade, que por existirem muitas habitações sem acesso à energia elétrica alavancam a energia solar fotovoltaica, representa muito pouco em relação à ampliação de capacidade instalada. Segundo Rütther, o local menos ensolarado do Brasil, Florianópolis, recebe, por exemplo, 40 % mais energia solar do que o lugar mais ensolarado da Alemanha. Além disso, o Brasil possuiu uma das mais importantes reservas mundiais de quartzo (SiO₂), do qual se obtém o silício, usado atualmente na fabricação da maior parte dos módulos fotovoltaicos (Ferraz, 2012).

Tendo em vista todas as análises feitas sobre os dados adquiridos no simulador SMA Sunny Design, pode-se concluir que o rendimento energético e o coeficiente de performance do sistema são independentes. Comparando-se as cidades Rio de Janeiro, Porto Alegre, Fortaleza, Brasília e Belém tratando-se de rendimento energético de módulos fotovoltaicos, percebe-se que Porto Alegre tem o valor mais baixo e Fortaleza o mais alto. Já em relação ao coeficiente de performance, considerando-se essas mesmas cidades, o menor valor é o de Belém e o maior de Brasília.

Considerando que R\$ 13,65 é o preço médio pago por Wp ao se adquirir um módulo de silício multicristalino de 60 Wp, então, cada kWh produzido em média anual por kWp instalado custa R\$ 14,61 em Porto Alegre e R\$ 12,38 em Fortaleza, sendo que serão necessários 20 módulos para alcançar a potência de 1200 Wp. Tal diferença se dá em razão de que a produção de energia elétrica é mais satisfatória em Fortaleza do que em Porto Alegre, tendo a mesma instalação hipotética como referência. Considerando que o preço por Wp de um módulo de silício multicristalino de 120 Wp é de R\$ 8,80, o custo por kWh produzido em média anual por kWp instalado é de R\$ 9,15 em Porto Alegre e R\$ 7,11 em Fortaleza, sendo necessários 10 módulos para alcançar a potência de 1200 Wp. Os valores descritos acima estão resumidos e dispostos na Tab. 5.

Tabela 5. Custo de cada kWh produzido em média anual por kW_p instalado de módulos de silício multicristalino.

Preço médio pago por W _p	Potência (W _p)	Cidade	Custo (kWh/kW _p)
R\$ 13,65	60	Porto Alegre	R\$ 14,61
		Fortaleza	R\$ 12,38
R\$ 8,80	120	Porto Alegre	R\$ 9,15
		Fortaleza	R\$ 7,11

É importante ressaltar que o custo apresentado na Tabela 5 leva em consideração apenas o preço dos módulos fotovoltaicos. A esse valor deve ser acrescido o custo de

outros elementos do sistema, como inversor, componentes estruturais, cabos elétricos, entre outros.

O preço médio pago por Wp em Porto Alegre é 15,3 % maior para módulos de silício multicristalino de 60 Wp e 22,3 % maior para os de 120 Wp.

Tratando-se de custos de instalação de sistemas fotovoltaicos, considerando-se o quilowatt de potência (kWp), no primeiro semestre de 2010, no Brasil, este custo estaria em torno de 3,5 mil euros por kWp (em torno de 8737 R\$/kWp), se consideradas todas as tarifas. Além disso, segundo o Renewable 2010 Global Status Report, houve queda de 50 a 60 % do preço da maioria dos módulos cristalinos em 2009, passando de valores como US\$ 3,5 por Watt para US\$ 2 por Watt.

A diminuição dos custos de fabricação dos módulos fotovoltaicos tem impulsionado a utilização de sistemas fotovoltaicos conectados em paralelo com a rede elétrica, sendo que inicialmente usavam-se os mesmos apenas para alimentação de cargas isoladas.

A melhor integração da energia solar fotovoltaica na matriz energética atualmente seria como uma fonte complementar, aproximando a geração do consumo e reduzindo assim perdas com transmissão. A baixa necessidade de manutenção e o fato dos painéis gerarem uma energia limpa são fatores positivos para alavancar essa tecnologia.

VII. AGRADECIMENTO

Agradecimento especial à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão da bolsa que permitiu a realização deste estudo.

VIII. REFERÊNCIAS

- Bustos, G. M., 2009. Análisis y Comparación de las Diferentes Tecnologías Actuales de las Células Fotovoltaicas, Proyecto Fin de Carrera, Universidad Carlos III De Madrid, Madrid.
- CEEETA – Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente, 2001. Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos. Disponível em <http://www.ceeeta.pt/downloads/pdf/Capa.pdf>. Acessado em 13.06.2012.
- CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, 2007. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/principal.php>. Acessado em 15.06.2012.
- Dias, J. B., 2006. Instalação Fotovoltaica Conectada à Rede: Estudo Experimental para a Otimização do Fator de Dimensionamento, Tese de Doutorado, PROMEC, UFRGS, Porto Alegre.
- Dias, J. B.; Krenzinger, A. 2006. Estimation des Pertes d’Energie à l’Entrée des Onduleurs d’une Installation Photovoltaïque Raccordée au Réseau. Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, Vol. 9 (1-10). ISSN: 1112-2242.
- Ferraz, C., 2012. 2012 será o ano da energia solar fotovoltaica no Brasil? Grupo de Economia da Energia do Instituto de Economia da UFRJ. Disponível em <http://infopetro.wordpress.com/>. Acessado em 16.05.2012.
- Pereira, O. L. S.; Gonçalves, F. F., 2008. Dimensionamento de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede

elétrica: estudo de caso do sistema de Tubarão-SC, Revista Brasileira e Energia, vol. 14, n. 1, pp. 25-45.

Rampinelli, G. A., 2010. Estudo de Características Elétricas e Térmicas de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Tese de Doutorado, PROMEC, UFRGS, Porto Alegre.

Rüther, R. Potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e projetos vitrine Estádios Solares e Aeroportos Solares. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e Instituto para o desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina.

América do Sol. Disponível em <http://www.americadosol.org/custos/>. Acessado em 15.06.2012.

IX. COPYRIGHT

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



UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITOS DE RESÍDUO GERADO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ

LEILA DENISE ALBERTI¹; SUELLEN GAVRONSKI¹; ALINE LOVATEL¹; IVONETE O. BARCELLOS¹

¹FURB – FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BLUMENAU

RESUMO - Este artigo apresenta resultados da pesquisa sobre a utilização do resíduo cinza de casca de arroz (CCA) gerado na produção de energia térmica a partir da queima da casca de arroz. As CCA foram usadas como carga em matrizes poliméricas dos termoplásticos PP, PVC e PHB em substituição a carga convencional talco (TA). Características físicas e mecânicas como densidade, dureza e resistência ao impacto foram avaliadas e os resultados indicaram que a CCA até 15% pode ser incorporada aos materiais poliméricos por promover um sinergismo positivo, além da contribuição para a diminuição dos impactos ambientais ocasionados pelo descarte inadequado deste resíduo que tem alcançado espaço cada vez maior no âmbito da geração de energia.

Palavras-chave: energia térmica, cinza de casca de arroz, compósitos, plásticos

I. INTRODUÇÃO

A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos tem se evidenciado ante o crescimento da população e necessidade de aumento da produção de alimentos. Milhares de toneladas de resíduos sólidos são produzidos diariamente nos domicílios, nas indústrias e não obstante no campo. Muitas têm sido as alternativas testadas no intuito de minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos. Destas tentativas, muitas vezes os subprodutos gerados passam do status de resíduo para matéria-prima e muitas cadeias produtivas ganham sustentabilidade. A sustentabilidade busca conciliar a questão ambiental com a questão econômica, incorporando o princípio básico da continuidade, nada pode ser sustentável se não for contínuo ou contínuo se não for sustentável^[1].

O Brasil situa-se entre os grandes produtores mundiais de alimentos e concomitantemente a este Record, estão os resíduos gerados nas várias etapas de plantio, industrialização e consumo. É o nono produtor mundial de arroz, sendo que na safra de 2010/2011 houve uma produção anual estimada em 12,8 milhões de toneladas^[2]. Para o processamento de uma tonelada de arroz *in natura* gera-se em torno de 200 kg de casca, a qual, por apresentar baixa densidade aparente, necessita de grandes áreas para seu armazenamento, já se esta casca for queimada, 200 kg produzirão em torno de 36 Kg de cinza e $14,4 \times 10^4$ kcal/kg de energia^[3].

O arroz vem da lavoura contendo 25 a 30% de umidade, índice que varia com as condições de plantio e com a época do ano. A umidade precisa ser reduzida de 12 a 15% para que o arroz seja beneficiado e, no máximo a 13%, para que seja armazenado. A secagem é feita com queima da

casca e os gases de combustão são empregados como meio de aquecimento durante o processo de beneficiamento do arroz^[4]. A casca de arroz pode ainda ser utilizada na geração termelétrica ou como combustível para outras indústrias.

Nos últimos anos um grande interesse mundial tem surgido pelo desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem a utilização de produtos com menor impacto ambiental, sendo que os compósitos compreendem uma classe de materiais que a cada dia ganha mais importância tecnológica e ambiental. Várias pesquisas e trabalhos na área de compósitos poliméricos foram e estão sendo realizados para garantir a preservação ambiental e proporcionar um melhor padrão de vida a sociedade como um todo. Dentre as pesquisas nesta área, que vêm crescendo e que aparecem em destaque, são as que buscam aplicação para aditivos naturais como fibras ou resíduos sólidos^[5-9].

Paralelamente ao desenvolvimento de novos materiais são usadas novas cargas com o objetivo de proporcionar a esses polímeros uma redução de custos dos produtos, mantendo ou melhorando suas propriedades. Em alguns casos, os materiais particulados são preferidos em relação aos fibrosos, uma vez que esses não possibilitam o reforço multidirecional. Entretanto, de acordo com a utilização do material, eles são preferencialmente aplicáveis, proporcionando boa relação custo/benefício. Os materiais convencionalmente utilizados para propiciar as características mencionadas anteriormente são as fibras de vidro e de carbono, as cargas minerais (CM) como o carbonato de cálcio precipitado, o talco e a micro esfera de vidro^[10].

As cargas minerais são substâncias que alteram a resistência a altas e baixas temperaturas. Além disso, proporcionam ótima estabilidade dimensional (diminuição da contração na moldagem) e diminuição na absorção de água. Devido ao seu preço relativamente baixo, pode reduzir custos, dependendo da percentagem utilizada na composição da resina. O talco com grandes aplicações na indústria automobilística, mecânica e eletrônica, confere estabilidade dimensional superior ao produto acabado. Além disso, reduz a absorção de água e a contração na moldagem, aumentando a resistência à deflexão térmica. Tem a desvantagem do ponto de vista tecnológico de alterar o acabamento superficial da peça e também por requerer um processamento para seu uso. O talco é adicionado aos termoplásticos por simples mistura mecânica, pois existem agentes de ligação (silanos) que servem como ponte entre o talco e o polímero melhorando muito o desempenho do produto acabado^[11-12].

A casca de arroz (CA) é um revestimento ou capa protetora formada durante o crescimento dos grãos de arroz. Removidas durante o refino do arroz, estas cascas possuem baixo valor comercial, pois o SiO₂ e as fibras contidas não possuem valor nutritivo e por isso não são usados na alimentação humana ou animal. Há alguns anos, quase todo esse material ia parar nas lavouras e fundo de rios, num descarte prejudicial e criminoso. Hoje, as cascas, são aproveitadas de diversas maneiras, uma das aplicações é sua queima em termoelétrica para geração de energia produzindo cinza como resíduo. A Figura 1 mostra o descarte das CCA, estas ainda são motivo de preocupação ambiental, pois seu descarte ainda não tem um destino mais adequado [13].



Figura 1 – Descarte de CCA em indústria de beneficiamento de arroz.

A combustão da CA gera cinzas com formas estruturais variáveis (amorfa e/ou cristalina) que dependem tanto do tipo de equipamento, como as condições de queima usada (processo artesanal a céu aberto, grelhas, processo industrializado por leito fluidizado com ou sem controle da temperatura e tempo. A CA queimada em condições controladas (temperatura máxima de 1000°C), ao atingir 800°C com um patamar de queima de duas horas, gera cinza residual constituída de sílica em forma cristalina de quartzo, que possui uma coloração branca. Para temperaturas no intervalo de 450 a 700°C, com patamar de três a quatro horas, obtêm-se sílica podendo estar no estado amorfo, de coloração mais escura. A sílica amorfa é um material de fácil moagem e, quando moída é altamente reagente. Suas propriedades principais são a baixa condutividade térmica e a elevada resistência ao choque térmico. Desta forma é um componente desejável na composição de produtos cerâmicos como refratários e isolantes térmicos, que sofrerão intensa ação do calor e variação brusca de temperatura [14].

Neste estudo de compósitos com CCA foram escolhidos três polímeros, o policloreto de vinila (PVC), o polipropileno (PP), termoplásticos não biodegradáveis e o polímero biodegradável polihidroxibutirato (PHB).

O poli(cloreto de vinila) - PVC, é o segundo termo plástico mais consumido em todo o mundo, com uma demanda mundial de resina superior a 36 milhões de toneladas no ano de 2008, sendo a capacidade mundial de produção de resinas de PVC estimada em cerca de 43 milhões t/ano [15].

O PVC pode ser considerado um dos mais versáteis dentre os plásticos. Devido à necessidade da resina ser formulada mediante a incorporação de aditivos, o PVC pode ter suas características alteradas dentro de um amplo espectro de propriedades, em função da aplicação final,

variando desde o rígido ao extremamente flexível. Esta grande faixa de variação de propriedades permite que o PVC seja utilizado em aplicações que vão desde tubos e perfis rígidos, para uso na construção civil, até brinquedos e laminados flexíveis para acondicionamento de sangue e plasma. A grande versatilidade do PVC deve-se também, em parte, à sua adequação aos mais variados processos de moldagem, podendo o mesmo ser injetado, extrudado, calandrado, espalmado, somente para citar algumas das alternativas de transformação [16].

O polipropileno (PP) é um termoplástico bastante utilizado nas indústrias automobilísticas, de eletrodomésticos, de produtos de consumo, de embalagens, de produtos médicos entre outras. Entre os polímeros, o PP é um dos mais estudados quando se pretende obter polímeros carregados e reforçados [17,18]. Baseado na processabilidade, propriedades mecânicas, disponibilidade e custo, a matriz polimérica mais escolhida é o polipropileno, pois possui baixa densidade, alta rigidez, propriedades mecânicas adequadas e suficiente diversidade de “grades”, além de ser facilmente processado devido à sua baixa temperatura de processamento [19]. Essas características tornam o PP, principalmente quando reforçado, capaz de competir com plásticos de engenharia de maior custo em várias aplicações.

Entre os polímeros biodegradáveis da classe dos polihidroxialcanoatos, o mais conhecido é o poli(hidroxibutirato) - PHB (Figura 2), sua produção em grande escala acontece por um processo de fermentação bacteriana, sendo ainda um processo relativamente caro [20]. Fato este que motivou muitos pesquisadores a produzirem compósitos de PHB, como por exemplo, compósitos com pó de madeira, palha de trigo, sisal, [21], resíduos de café [22], casca de arroz, fibra de bambu [23], fibra de coco [24], juta, uma fibra grosseira tirada de uma planta tiliácea que se cultiva na Índia [25], dentre tantos outros resíduos.

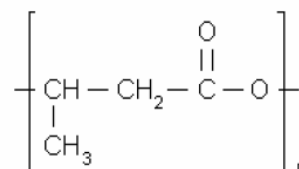


Figura 2 – Estrutura química do PHB.

No Brasil, o desenvolvimento de um projeto da Copersucar (Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo) em conjunto com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e com o Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, possibilitou a obtenção do PHB por meio da fermentação bacteriana por *Alcaligenes eutrophus* a qual é capaz de produzir o polímero em grandes quantidades (80% da sua massa celular seca) [26].

Desta forma, este trabalho visa fechar a cadeia produtiva do arroz, um cereal mundialmente consumido aproveitando os resíduos provenientes da queima das cascas de arroz, as cinzas, na formulação de materiais compósitos de polipropileno, policloreto de vinila e polihidroxibutirato, substituindo cargas minerais convencionais pelas CCA que foram utilizadas como fonte de energia. Realizando-se assim, um comparativo entre os diferentes compósitos e entre as cargas talco e CCA em diferentes propriedades como densidade, dureza e resistência ao impacto.

II PROCEDIMENTOS

Materiais

O PP (polipropileno) foi fornecido pela Sasil Comércio Ind. Petroquímica LTDA sob a forma de pellets. O PVC (Policloreto de Vinila), nome comercial NORVIC SP-1000 foi fornecido pela Braskem sob a forma de pó, no entanto, para facilitar a moldagem dos corpos de prova deste polímero foi utilizado o plastificante dioctilftalato (DOP), que foi fornecido pela Scandflex. Já o PHB, utilizado foi gentilmente fornecido pela PHB Industrial S.A, obtido da fermentação da cana-de-açúcar, o lote utilizado foi o FE-159.

Como carga foi utilizado micropartículas de talco, nome comercial TALMAG PREMIUM, fabricante Magnesita (Fornecedor Fórmula 10 Cosméticos), de granulometria 75 μm (200 mesh) e para comparação, micropartículas de Cinza de casca de arroz, cinza esta proveniente das várias indústrias de beneficiamento de arroz da região do vale do Itajaí no estado de Santa Catarina. Antes do uso as cinzas foram secas e separadas em peneira de análise granulométrica entre 149-297 μm .

Preparação dos compósitos

Os compósitos de PP e PVC foram preparados no laboratório de pesquisa do departamento de Química da Universidade Regional de Blumenau – FURB. Enquanto os compósitos de PHB foram preparados no laboratório de polímeros biodegradáveis do Departamento de engenharia de materiais da UFSCAR – São Carlos – SP. Todos os compósitos foram preparados nas proporções: 100% polímero, 5%, 10% e 15% de carga talco e 5%, 10% e 15% de carga CCA, pelo método de extrusão e mistura fundida dos componentes. Os corpos de prova para determinação das propriedades físico-mecânicas foram preparados em tamanho e dimensão de acordo com normas técnicas.

Os ensaios de impacto Izod com entalhe foram realizados a 23°C de acordo com norma ASTM D256 [27] em uma máquina de impacto, modelo Impactor, da Ceast com pêndulo de 2,0 J com cinco corpos de prova. Este ensaio foi realizado apenas nos corpos de provas de PP e PHB, uma vez que o PVC utilizado foi o flexível.

Com relação à densidade, empregou-se a norma ASTM D792 [28] e para dureza shore A, a norma ASTM D2240 [29], com tempo de penetração de cinco segundos, onde foram realizadas cinco medições em posições distintas em cinco corpos de prova e calculada a média aritmética e o desvio padrão.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os três polímeros utilizados apresentaram fácil homogeneização boa adesão e incorporação às cargas minerais incorporadas nas três proporções do estudo. O PP é um polímero facilmente processado e com o talco (TA) e a cinza de casca de arroz (CCA) manteve esta característica, já ao PVC foi utilizado o plastificante dioctilftalato (DOP) para facilitar a moldagem dos corpos de prova. Com relação ao PHB, este possui uma estreita janela de processamento, no entanto, a miscibilidade na mistura com o TA e a CCA foi fácil de ocorrer.

A Figura 3 mostra o comportamento de densidade dos materiais dos diferentes plásticos contendo como carga CCA e TA em porcentagens variando de 0 a 15%.

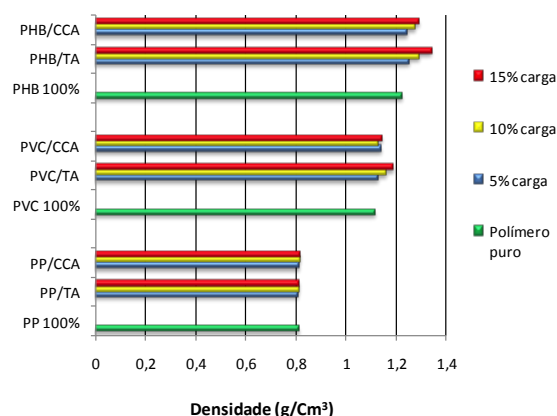


Figura 3. Variação da densidade das amostras com o aumento do teor de adição de carga.

Observa-se que com a adição de cargas aos polímeros, estes tendem a sofrer um ligeiro aumento de densidade. Isto se deve ao fato de que as cargas incorporadas ao polímero são mais densas que o polímero puro, no entanto o aumento máximo percebido foi de 5,89% no caso do PHB/CCA com 15% de adição de CCA enquanto que para o talco na mesma porcentagem de incorporação o aumento foi de 9,66% o que não compromete o material e observa-se que a CCA por apresentar densidade menor que o talco forma compósitos mais leves, indicando ser um material possível de substituição ao TA com relação a esta propriedade. Este resultado é importante, pois se sabe que hoje a busca é cada vez maior por materiais com boa resistência e baixa densidade, sendo este muitas vezes um fator decisivo na escolha de materiais para aplicações específicas [30].

Aplicando cinzas de casca de arroz em blendas poliméricas de borracha natural e polietileno de baixa densidade, Foletto et al [31] constataram uma redução na densidade, ao passo que neste trabalho com PVC, PP e PHB houve um ligeiro acréscimo desse parâmetro, acredita-se que esta variação pode ser devido a diferença de granulometria entre as cinzas usadas em cada estudo.

Na Figura 4 observa-se a variação de resistência ao impacto em função da natureza do plástico, tipos de cargas e conteúdo dessas.

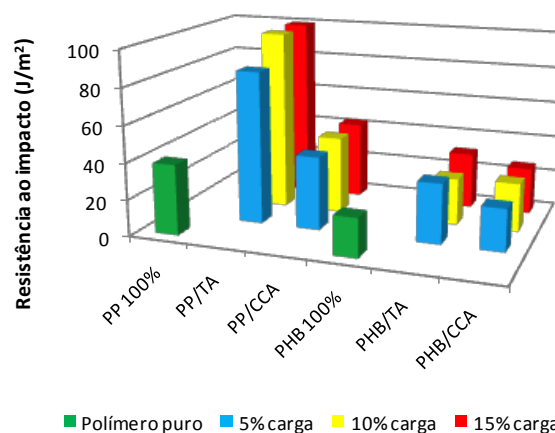


Figura 4 - Resultados dos ensaios de resistência ao impacto para os compósitos de PP e PHB.

Analisando o gráfico percebe-se que os resultados utilizando as cinzas como carga ficam superiores ao

polímero puro, principalmente para o PP. Assim sendo, a cinza de casca de arroz melhora a resistência à quebra do corpo de prova por forças externas do ponto de vista mecânico. Este sinergismo é muito positivo, principalmente para aplicação do PP em para-choques de automóveis.

Utilizando-se 20% de CCA em polipropileno, conforme literatura ^[32] observou-se um comportamento mecânico análogo ao encontrado neste estudo com PHB. Também houve um melhor desempenho do compósito de PP com CCA nas características mecânicas de impacto.

Os compósitos que apresentam maior resistência ao impacto são os que contêm 10 e 15% carga, o que os torna menos rígidos, o que também é evidenciado quando comparado às Tabelas 1, 2 e 3 onde os compósitos com 10 e 15% de carga apresentaram maior valor de dureza tornando a matriz mais resistente ao risco. Este comportamento também pode ser confirmado pela Figura 2, onde os compósitos com 10 e 15% de CCA obtiveram um maior valor de impacto.

Os resultados dos ensaios de dureza, resistência ao risco, podem ser visualizados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 01: Resultados de Dureza Shore A para PHB e seus compósitos.

Compósitos PHB	Dureza (Shore A)	Desvio padrão
PHB 100%	94,83	0,94
PHB/CCA5%	95,22	0,44
PHB/CCA10%	95,22	0,32
PHB/CCA15%	95,56	0,49
PHB/TA5%	95,22	0,64
PHB/TA 10%	95,67	0,49
PHB/TA 15%	95,56	0,52

Tabela 02: Resultados de Dureza Shore A para PP e seus compósitos.

Compósitos PP	Dureza (Shore A)	Desvio padrão
PP100%	69,89	0,77
PP/CCA 5%	83,83	0,88
PP/CCA 10%	89,83	0,55
PP/CCA 15%	85,00	0,98
PP/TA5%	78,22	0,89
PP/TA10%	78,89	0,73
PP/TA15%	81,33	0,57

Tabela 03: Resultados de Dureza Shore A para PVC e seus compósitos.

Compósitos PVC	Dureza (Shore A)	Desvio padrão
PVC 100%	65,93	0,94
PVC/CCA 5%	72,67	0,10
PVC/CCA 10%	75,53	0,85
PVC/CCA 15%	76,47	0,29
PVC/TA5%	68,07	0,81
PVC/TA 10%	71,67	0,50
PVC/TA 15%	71,93	0,15

Os resultados dos ensaios de dureza mostram que a adição de TA e também a adição das CCA como carga nos polímeros pouco influencia nesta característica do PHB. Entretanto para o PVC flexível foi observado um aumento de até 15,9% para o composto contendo 15% de CCA enquanto para o PP observou-se uma variação de até 21% para o composto contendo 15% de CCA. O que significa neste caso que o material passou a ser mais resistente ao risco.

Zaioncz ^[33] avaliou a eficiência dos plastificantes e seu poder de solvatação na resina de PVC. Concluiu que quanto maior o poder de solvatação do plastificante, tanto maior será sua capacidade de flexibilização no PVC, ou seja, a dureza do composto flexível de PVC será dada pela quantidade do plastificante presente na formulação, sendo que, quanto maior sua eficiência ou poder de solvatação, menor a quantidade a ser utilizada.

As cargas possuem efeitos variados na dureza, dependendo de suas características de absorção do plastificante, o CaCO₃ natural possui baixa absorção de plastificante, o que explica a diminuição da dureza Shore A no trabalho realizado adicionando-se PVC reciclado com CaCO₃ em pastas Vinílicas ^[34]. No caso do TA e da CCA, os resultados demonstraram que as cargas possuem absorção do plastificante e ainda sugere a ação nucleante das cargas estudadas.

IV. CONCLUSÃO

O processamento dos compósitos de PP, PVC e PHB com as diferentes cargas se mostrou eficiente, os efeitos observados com a adição das CCA estão de acordo com os resultados encontrados na literatura para outros tipos de cargas. Houve ganho de propriedades mecânicas como resistência ao impacto e dureza.

Com relação à densidade, as cargas utilizadas demonstraram praticamente não afetar os polímeros estudados, pois a maior variação foi de 5,89% para o PHB com 15% de CCA, sendo este aumento considerado não relevante. Com relação aos ensaios de dureza, a incorporação de cinza de casca de arroz ao PVC demonstrou maior eficiência quando comparada ao talco por conferir maior resistência ao risco no produto final. Os testes de resistência ao impacto foram positivos no sentido da incorporação e substituição do talco por CCA, principalmente nos teores de 10 e 15% de CCA, tanto em PP quanto em PHB.

A produção de compósitos, de PHB com CCA na adição de até 15% mostrou-se viável, considerando apenas aspectos técnicos (processamento e propriedades) analisados e ambientais, uma vez que o polímero em estudo é biodegradável e que se está promovendo um destino mais nobre para as CCA, que representam um resíduo do agronegócio. Formaram-se compósitos com um bom balanço de propriedades, o que é importante, pois a adição da CCA contribui para baratear o custo de possíveis aplicações do polímero, pois estas cinzas é um resíduo gerado em abundância, disponível e de fonte renovável.

Diante destes resultados, concluímos que as cinzas de casca de arroz, com aplicações até 15 %, podem ser empregadas como carga em compósitos tendo PP, PVC ou PHB como matriz polimérica, pois sua influência sobre as propriedades avaliadas foi pequena, havendo muitas vezes um sinergismo positivo.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, pela concessão da Bolsa; à PHB Industrial do Brasil pelo fornecimento do PHB; à Cooperativa Juriti de Massaranduba pelo fornecimento das cinzas; ao Laboratório de polímeros biodegradáveis da UFSCAR e seus técnicos, pela oportunidade da preparação dos compósitos de PHB e à FURB pelo suporte financeiro.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HEISKANEN, E.; PANTZAR, M. Toward sustainable consumption: two new perspectives, *Journal of Consumer Policy*, v.20, p. 409–442, 1997.
- [2] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>, acesso em 15 de março de 2011.
- [3] Biodiesel BR. Com. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/energia/residuo/energia-do-arroz.htm>, acesso em 24 de junho de 2012.
- [4] 50º Congresso Brasileiro do Concreto. Disponível em: http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/SIDICLEI.pdf, acesso em 24 de junho de 2012.
- [5] BALZER, P. S.; VICENTE, L. L.; BRIESEMEISTER, R.; BECKER, D.; SORDI, V.; RODOLFO Jr, A. & FELTRAN, M. B. - *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.1, p.17, 2007.
- [6] MATTOSO, L. H. C.; PEREIRA, N. C.; SOUZA, M. L. & AGNELLI, J. A. M. - Brasília: EMBRAPA Produção e Informação, in: Odilon R R F da Silva; Napoleão E D M Beltrão. (Org.). O Agro Negócio do Sisal no Brasil. 1. ed., p.161, 1999.
- [7] MACHADO, MIRIAM L. C.; PEREIRA, NILSON C.; MIRANDA, LEILA F.; TERENCE, MAURO C.; PRADELLA, JOSÉ G. C. Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do polímero Poli-3-hidroxibutirato (PHB) e de compósitos PHB/pó de madeira. *Polímeros*. vol.20 no.1 São Carlos, 2010.
- [8] JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 35 (2000) 829–836 Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) and wheat straw fibre composites: thermal, mechanical properties and biodegradation behaviour M. AVELLA, G. LA ROTA, E. MARTUSCELLI, M. RAIMO.
- [9] FURLEN, L. G.; DUARTE, U. L.; MAULER, R. S. Avaliação das propriedades de compósitos de polipropileno reforçados com casca de aveia. *Química Nova*, v 35, nº 8, 1499-1501, 2012.
- [10] HILLIG, E. et al. Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (HDPE) e serragem da indústria moveleira. *Rev. Árvore*, Abr 2008, vol.32, nº 2, p.299-310. ISSN 0100-6762.
- [11] NECHWATAL, A.; MIECK, K. P. & REUßMANN, T. - *Composites Science And Technology*, **63**, p.1273, 2003.
- [12] GODLEWSKI, R. E. R. P; HEGGS in *Thermoplastic Polymer Additives*, J.T. Lutz Jr.; M. Decker, Ed.; Marcel Dekker Inc., New York, 1989; 523.
- [13] ANGEL, J. D. M. et al. Caracterização de cinza obtida por combustão de casca de arroz em reator de leito fluidizado. *Química Nova*, v.32, n.5, p.1110 – 1114, 2009.
- [14] BAKER, R. A; WEBER, K. E. *Introduction to fillers*, in *Modern Plastics Encyclopedia*, McGraw Hill, New York, 1989; 206-208.
- [15] DELLA, V. P. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- [16] SOUZA, M. F.; BATISTA P. S.; LIBORIO J. B. L. Patente PI 9 903 208, 1999.
- [17] GATCHTER, R.; H. MULLER, *Plastics Additives Handbook*, Hanser Publishers, Munique, 1990.
- [18] RICHARDSON, T. L. *Composites: a Design Guide*, Industrial Press Inc., New York, 1987.
- [19] VELDE, K. V.; KIEKENS, P. - *Composite Structures*, 54, p. 355 2001.
- [20] CHIELLINI, E. & SOLARO, R. - “Biodegradable Polymeric Materials – Advanced Materials”, V. 8, n.º 4, 1996.
- [21] VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica 1/6 estudo para estabelecimento das melhores condições de processamento do PHB e de suas blends com fibras naturais à base de sisal. CLEBER L. RONQUI, RODOLFO C. DE JESUS, L. H. INNOCENTINI.
- [22] MACHADO, A. R. T.; MARTINS, P. F. Q.; FONSECA, E. M. B.; REIS, K. C. Compósitos biodegradáveis a base de polihidroxibutirato-hidroxivalerato (PHB-HV) reforçados com resíduos do beneficiamento do café – *Revista Matéria*.
- [23] KRISHNAPRASAD, R.; VEENA, N. R.; MARIA, HANNA J.; RAJAN, R.; SKRIFVARS, M.; KURUVILLA, J. Mechanical and Thermal Properties of Bamboo Microfibril Reinforced Polyhydroxybutyrate Biocomposites, *Journal of Polymers and the Environment* v. 17, n. 2, p. 09-114, 2009.
- [24] MACEDO, J. D.; COSTA, M.F.; TAVARES, M. I. B.; THIRE, R. M. S. M. Preparation and Characterization of Composites Based on Polyhydroxybutyrate and Waste Powder From Coconut Fibers Processing, *Polymer Engineering & Science*, v. 50, n. 7, p. 1466 – 1475, 2010.
- [25] BELHASSEN, R.; MENDEZ, J. A.; BOUFI, S.; LOPEZ, J. P.; PUIG, J.; PELACH, A. ; MUTJE, P. Preparation and Properties of Biocomposites Based on Jute Fibers and Blend of Plasticized Starch and Poly(beta-hydroxybutyrate), *Journal of Applied Polymer Science*, v. 114, n. 1, p. 313-321, 2009.
- [26] FUKUSHIMA, H., DRZAL, L.T., “Graphite Nanocomposites: Nylon 6 and Nylon 66 Systems”, *Antec2005*, 1943-1947.
- [27] ASTM D256-05 - “Standard test methods for determining the izod pendulum impact for plastics”. Philadelphia, 2001.
- [28] ASTM D792 - “Standard test methods for density and specific gravity (Relative density) of plastics by displacement”. Philadelphia, 2001.
- [29] ASTM D2240 - “Standard test methods for rubber property Durometer”, 2010.
- [30] ALFARO, E. F. Estudos da utilização da cinza de casca de arroz como carga em matriz de polipropileno e do efeito da irradiação ionizante sobre este compósito. 2012, 78p. Dissertação (mestrado em Ciências e Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e nucleares – USP, São Paulo.
- [31] FOLETO, E. L., HOFFMANN, R., HOFFMANN, R.S., PORTUGAL, Jr. U. L., JAHN, S. L. Aplicabilidade das Cinzas de Casca de Arroz. *Química Nova*; V. 28, n. 6; pp. 1055 – 1060, 2005.

[32] GODLEWAKI, R. E. et al. Agents in thermoplastic polymers additives. Lutz Jr. J.T. 1. ed. New York: Marcel Dekker Inc, 1989.

[33]. ZAIONCZ, S. - "Estudo do efeito da plastificação interna do PVC quimicamente modificado", Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (2004).

[34] YOSHIGAI, A.; TOFFOLI, S. M.; WIEBECKII, H. Estudo do composto PVC reciclado/ CaCO_3 em pastas. Polímeros vol. 14 n° 3, São Carlos, July/Sept., 2004.

VII. COPYRIGHT

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



SUPERVISÃO AÉREA POR IMAGENS APLICANDO UM MÉTODO DE REALIDADE AUMENTADA

LETÍCIA P. MANSANO; PAULO C. STADZISZ
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
le.pavesi@gmail.com; stadzisz@utfpr.edu.br

Resumo –Este artigo apresenta um método para aumentar a capacidade de interpretação dos profissionais em Supervisão Aérea por imagens utilizando a Realidade Aumentada. Estas imagens são provenientes de câmeras fixadas em aeronaves e sua interpretação pode melhorar porque o método as transforma em imagens aéreas com informações adicionais. Alguns exemplos do que pode ser adicionado às imagens são nomes de ruas, demarcações de área, fronteiras, miniaturas tridimensionais de edifícios e marcadores de locais onde existem focos de incêndio. O método proposto calcula as coordenadas geográficas do local exibido na imagem com os dados do posicionamento da câmera no instante da captura para aplicar a Realidade Aumentada. A avaliação dos resultados do método foi feita com uma amostra de imagens de laboratório e indicou ser viável a aplicação deste método em imagens aéreas reais, visto que o erro de posicionamento das informações sobre as imagens foi muito reduzido.

Palavras-chave: Supervisão Aérea. Realidade Aumentada. Imagens Aéreas.

I. INTRODUÇÃO

Muitos instrumentos de informação têm sido usados e outros pesquisados e desenvolvidos na busca da melhoria da eficiência no controle de sistemas. A observação visual é ainda o principal meio de coletar informações para a tomada de decisões em grande número de áreas incluindo tráfego urbano e rodoviário, segurança pública e privada, agricultura e defesa. Em consequência, percebe-se nesta última década um crescimento na oferta de tecnologias para auxiliar na captura e processamento de informações visuais como sistemas para aquisição e georreferenciamento de fotos, imagens de satélites e câmeras de monitoração.

Entre as formas de captura de imagens, a supervisão aérea tem tido uma expansão muito expressiva, inclusive em razão do barateamento e diversificação das aeronaves. Esta observação do solo a partir de uma aeronave vem sendo utilizada desde o invento das primeiras aeronaves e foi considerada estratégica dado a quantidade e valor das informações obtidas. Como consequência, um dos maiores empregos da supervisão aérea foi no setor de defesa.

As aeronaves militares equipadas com câmeras fornecem imagens que podem ser aproveitadas para várias atividades, destacando-se o reconhecimento de territórios, fornecimento de maiores detalhes sobre regiões de conflito e o auxílio no patrulhamento e na defesa de território (Churchill, 2010).

Com o passar dos anos as aeronaves tornaram-se um meio de transporte comum e barato e foi percebida a utilidade de imagens aéreas também em outros setores. As imagens capturadas de câmeras em aeronaves civis podem ser empregadas para realizar supervisão aérea visando

beneficiar a população e o meio ambiente. A segurança da população aumenta porque as imagens podem ser usadas para, por exemplo, auxiliar na identificação de acidentes e desastres, captura de criminosos, monitoração de eventos e aglomerações de pessoas. Nas operações de busca e resgate, o uso das imagens capturadas de aeronaves aumenta a possibilidade de sucesso, pois um maior número de profissionais pode auxiliar na operação e podem ser percebidos mais detalhes da situação.

A captura de imagens aéreas pode, ainda, contribuir com o meio ambiente, pois dados podem ser extraídos para controlar o desmatamento, ocupações e catástrofes como queimadas, enchentes e terremotos. Na atividade agrícola pode ser realizado o monitoramento de áreas cultivadas, o controle da disseminação de pragas e a redução da quantidade de agrotóxicos necessária para eliminá-las, entre outros empregos.

A supervisão aérea é vantajosa por diversos motivos, como a possibilidade de deslocamentos rápidos e a distâncias elevadas, a visualização de amplas áreas (devido à distância entre a câmera e o solo) e a observação da região de uma perspectiva diferente da usual. Estas características possibilitam a realização de diagnósticos mais rápidos e precisos do que uma observação em solo.

Porém, a análise destas imagens pode ser comprometida por características humanas e das imagens. Este comprometimento pode fazer com que não sejam identificados nas imagens detalhes importantes. Neste sentido, algumas das características humanas consideradas relevantes na interpretação das imagens são o grau de atenção, a fadiga e a dificuldade para reconhecer objetos.

A supervisão por vídeo realizada por pessoas é considerada um trabalho de esforço intenso, pois assistir aos vídeos requer níveis de atenção visual mais elevados que atividades do cotidiano (Hampapur et al., 2003). Além disso, a visualização das imagens em monitores por períodos de tempo prolongados provoca cansaço. Como um mesmo local é percebido de formas distintas por observadores localizados no solo e em uma aeronave (Churchill, 2010), depende da capacidade do analista a identificação do que está sendo mostrado nas imagens aéreas, o que inclui interpretar as distorções perspectivas dos objetos exibidos, causadas, principalmente, pelo ângulo de inclinação da câmera e a distância que esta se encontra do local observado.

Outros aspectos que comprometem a análise do que está sendo observado são a resolução (que depende do equipamento usado e da distância entre o solo e a câmera), as variações de brilho na imagem ou entre sequências de imagens e a exibição de objetos com cores distorcidas.

Em muitos casos de utilização de imagens aéreas, é preciso, também, conhecer o objeto da filmagem, ou seja, a localização geográfica da imagem capturada. Este georreferenciamento é necessário para determinar a posição de elementos de interesse e, também, para identificar um local específico, definido geograficamente. Como não há qualquer informação sobre o que está sendo mostrado ao observador, além da imagem bruta, é obrigatória a consulta a algum equipamento adicional ou mapa de localização. Consequentemente, a necessidade de consultar informações em locais que não sejam o monitor que exibe as imagens aéreas desvia a atenção do observador, que deveria estar dedicada unicamente à análise das imagens (Churchill Navigation, 2011). Esta consulta ainda torna imprecisa a localização de coordenadas geográficas de pontos das imagens e um erro de localização pode gerar interpretações erradas sobre os lugares observados. Além disso, a falta da informação de localização sobre a imagem pode fazer com que as atividades demorem mais tempo e encareçam a operação de supervisão.

Pode haver um aproveitamento maior das imagens aéreas capturadas de aeronaves com a aplicação de Realidade Aumentada sobre as imagens. Esta técnica corresponde à combinação de objetos reais e virtuais em um ambiente real (Azuma et al., 2001). Assim, a Realidade Aumentada faz a fusão do ambiente real em que se encontra o usuário com objetos virtuais, levando a uma complementação da realidade e não sua substituição. Com isso o usuário tem a impressão de que elementos reais e virtuais coexistem em um mesmo espaço.

Sobre as imagens aéreas podem ser inseridos objetos virtuais como nomes, endereços, descrições de lugares e elementos gráficos. Estes elementos podem representar réplicas tridimensionais de prédios, monumentos, formas geométricas que ressaltam estradas, propriedades, fronteiras e símbolos criados para marcar locais da imagem. Dentre os símbolos que podem ser utilizados, pode-se aplicar, por exemplo, marcadores que sinalizam focos de incêndio e locais em que foram encontrados destroços de um acidente (Churchill Navigation, 2012).

A inclusão de informações adicionais às imagens depende do seu georreferenciamento. Esta atividade consiste em determinar de forma precisa a localização de um ponto na superfície terrestre (Roque et al., 2006), o que significa estabelecer as coordenadas geográficas de cada pixel da área capturada na imagem.

Empresas no Brasil, como a eSysTech (2012), e no mundo, como Northrop Grumman (2012), World SkyCat (2012), ADS Advanced Defense Systems (2012), SAAB Group (2012) e Northrop Grumman (2012), desenvolvem produtos para realização de atividades de supervisão aérea. Porém, trata-se de uma área ainda nova especialmente no Brasil. O desenvolvimento de sistemas que ampliem a eficiência da supervisão aérea ainda exige pesquisas e a Realidade Aumentada pode trazer importantes contribuições. Alguns poucos exemplos de propostas neste sentido são apresentadas por EuroAvionics (2012), Astronautics (2012) e Churchill Navigation (2012).

Este artigo apresenta um método para aplicação de realidade aumentada na supervisão aérea. Ele objetiva ampliar as informações apresentadas ao profissional de maneira a aumentar sua capacidade de observação em função dos objetivos das missões de supervisão. O método

desenvolvido pode ser integrado a sistemas de supervisão aérea comerciais existentes e pode servir de base para novas pesquisas integrando a Realidade Aumentada à observação aérea. Um protótipo de ferramenta de avaliação foi desenvolvido para realizar experimentações com o método.

Este artigo está organizado em 5 seções. A seção 2 apresenta as características da técnica de Realidade Aumentada usada, bem como a estrutura das imagens produzidas, os fatores que interferem nos resultados e problemas que podem comprometer a aplicação da técnica. Na seção 3 é descrito o método criado para empregar a Realidade Aumentada em imagens aéreas. Os resultados dos testes realizados com o método são apresentados e discutidos na seção 4 e as conclusões da pesquisa encontram-se na seção 5.

II. REALIDADE AUMENTADA

Utilizar Realidade Aumentada significa unir de forma analógica ou digital imagens do mundo com objetos virtuais (Milgram et al., 1994). Para observar-se o resultado desta junção é necessário utilizar dispositivos adicionais como monitores. Este processo pode ser empregado nas imagens aéreas às quais deseja-se adicionar uma maior quantidade de informações. Assim, o mundo real é representado pela imagem aérea e os objetos virtuais correspondem aos dados sobre um determinado lugar.

Para complementar as imagens aéreas não existem restrições para a criação de objetos virtuais. Contudo, pode-se dividir os objetos em dois grupos, conforme sua localização em relação à imagem. Esta divisão ocorre porque existem informações que devem ser inseridas sobre as imagens e informações que complementam o que está sendo exibido (e não estão localizadas sobre a imagem). Com base nesta peculiaridade, as imagens sintéticas produzidas pelo método foram compostas por camadas com informações, que podem ser identificadas na Figura 1. Para manter a coerência das imagens produzidas, as camadas com informações virtuais devem apresentar valores de coordenadas geográficas equivalentes às coordenadas da imagem aérea.

Partindo-se da localização do analista das imagens, a Figura 1 apresenta a primeira camada que pode ser observada, denominada de *camada sobreposta*. Nesta camada são inseridas as informações cadastradas sobre os pontos de interesse presentes nas imagens. Na sequência, a *camada de referência* exibe a imagem aérea capturada e processada, visto que é importante corrigir a imagem fornecida pelo equipamento de captura, a fim de que esta represente o que foi capturado com a menor distorção da realidade possível. As informações que se deseja inserir sob as imagens são incluídas na *camada subposta*, que é exibida logo após a camada da imagem. Um exemplo de informação que pode ser adicionada na camada subposta é um conjunto de mapas que representam o entorno da região capturada. Assim, pode ser obtida uma visualização além da porção de solo que a câmera está exibindo, sem a necessidade de modificar seu posicionamento.

É necessário estabelecer o sincronismo entre o mundo real e o virtual para que o usuário possa interpretar o que é exibido. Para Portalés et al. (2010), uma combinação plausível entre os objetos reais e os virtuais de uma cena ocorre quando a câmera virtual está mapeada sobre a câmera real, de modo que as perspectivas dos ambientes sejam

coincidentes. Mas este mapeamento requer a descoberta da localização geográfica da câmera que realizou a captura das imagens e da região do mundo que está sendo exibida na imagem.

A localização da câmera no mundo pode ser obtida com dados de posicionamento e inclinação da aeronave e da câmera, armazenados no instante da captura. Contudo, nas imagens fornecidas por estas câmeras não existe um elemento na cena que apresenta as coordenadas geográficas conhecidas. Isto requer o desenvolvimento de um método capaz de realizar esta correlação e identificar as coordenadas geográficas de todos os pontos da imagem.

Podem ser geradas inconsistências na Realidade Aumentada durante o processo de junção da imagem real com os objetos virtuais por motivos técnicos. Estas inconsistências podem ser provocadas por distorções nas imagens, dados imprecisos sobre a posição da aeronave e da câmera e a propagação de erros de arredondamento, provenientes dos cálculos de posicionamento.

As distorções das imagens existem porque todas as câmeras apresentam falhas construtivas que causam erros sistemáticos nas imagens. Sem a correção destes erros não é possível manter a precisão das informações métricas

estabelecido) (Zekavat; Buehrer, 2011) e (Santana et al., 2004).

As operações trigonométricas e arredondamentos empregados no método que compõe as imagens sintéticas contribuem com erros na estimativa das coordenadas geográficas dos pixels da imagem, o que também interfere no posicionamento dos objetos virtuais sobre a imagem (Tabacniks, 2003).

Podem ser exibidas imagens com a Realidade Aumentada distorcida por motivos ambientais, pois variações no relevo da região capturada pela imagem devem ser igualmente reproduzidas nas camadas de informações, nas quais são posicionados os objetos virtuais. As imagens aéreas podem ser adquiridas com a câmera inclinada em relação ao solo, o que permite que sejam exibidas porções do solo e do céu. A porção de céu deve ser desconsiderada, pois os objetos virtuais têm o objetivo de complementar com informações apenas a porção de solo que está sendo exibida na imagem.

Outro fator que causa estranheza ao observar as imagens aéreas com Realidade Aumentada é a presença de partes da imagem encobertas. Isto pode ocorrer devido a fenômenos meteorológicos, como neblina e chuva, e

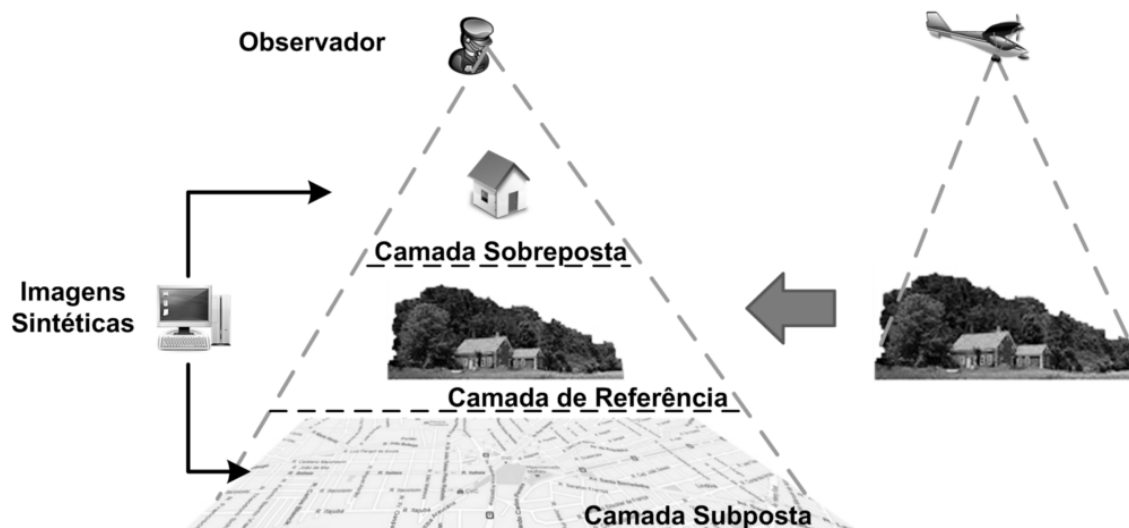


Figura 1 - Composição das imagens aéreas e de Realidade Aumentada produzidas pelo método proposto.

extraídas das imagens (Mitishita et al., 2010). As distorções das imagens aéreas devem ser removidas com a aplicação de equações de correção. Estas equações são resultado da operação de calibração da câmera, que determina os parâmetros internos da câmera e a magnitude dos coeficientes de correção de distorção das lentes.

O outro fator de erro encontrado corresponde aos dados de posicionamento da câmera armazenados, que podem ser causados por falta de sincronismo entre o posicionamento dos equipamentos que fornecem a localização da câmera e a real posição da câmera. Os erros de posicionamento também podem ser gerados por equipamentos sem calibração. Assim, existe uma imprecisão nos dados fornecidos pelo GPS (que é o equipamento responsável por calcular o posicionamento da câmera sobre o globo terrestre) (Friedmann, 2008), (Perry; Rains, 2009) e (Jiang et al., 2011). A imprecisão também pode existir nos dados fornecidos pelo Sistema de Navegação Inercial – INS (que informa os ângulos de inclinação da aeronave e, por consequência, da câmera, com base em um referencial

características do relevo da região, exemplificados por montanhas e edificações de grande porte que se encontram posicionados entre a câmera e a porção de solo capturada. Contudo, a falta de realismo de imagens afetadas por estes aspectos contrasta com o objetivo de se produzir imagens aéreas com mais informações. Assim, a Realidade Aumentada poderia ser empregada para preencher com dados as porções das imagens que não são exibidas por estarem encobertas.

III. MÉTODO PROPOSTO

A aplicação da Realidade Aumentada em imagens aéreas é possível devido ao desenvolvimento de um método que identifica as coordenadas geográficas da área exibida nas imagens. Na Figura 2 apresenta-se um diagrama que descreve as principais atividades executadas desde a captura das imagens até sua exibição ao usuário. Neste diagrama as atividades estão representadas em retângulos, enquanto os dados necessários são mostrados do lado esquerdo das atividades e sinalizados como entrando nos retângulos. O

produto de cada atividade é indicado com uma flecha saindo do retângulo. Os recursos adicionais necessários a cada atividade estão descritos abaixo dos retângulos (em direção a atividade).

Para que as imagens representem o que está sendo capturado com maior realismo, é preciso calibrar a câmera utilizando alguma das técnicas existentes (Etapa 1 da Figura 2). A partir dos coeficientes que corrigem as distorções provocadas pelas lentes e pela construção da câmera, pode ser realizada a correção das imagens. Esta correção posiciona o centro das imagens no centro óptico da captura (centro da imagem capturada corresponde à coordenada com metade da altura e da largura) e elimina as distorções presentes principalmente nas bordas das imagens (Etapa 3 da Figura 2).

A captura das imagens que serão observadas utiliza uma câmera acoplada em uma aeronave, que fornece as imagens, e alguns equipamentos para capturar os dados do posicionamento da câmera. Estes dados precisam ser armazenados no momento da captura da imagem e

apresenta as principais variáveis envolvidas no cálculo de uma coordenada geográfica de um ponto.

Os cálculos de localização dos objetos são feitos utilizando relações trigonométricas entre a localização da

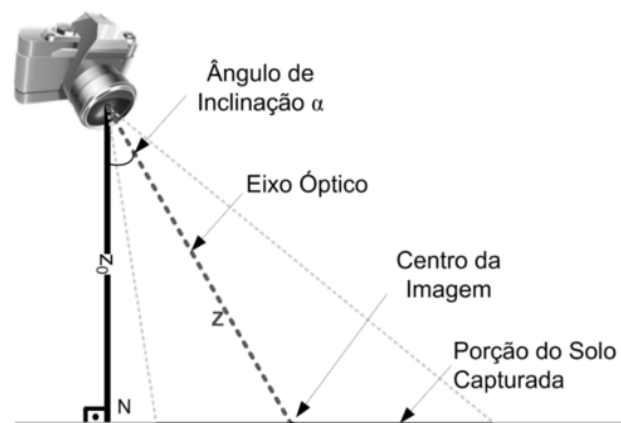


Figura 3 - Ilustração do posicionamento da câmera em relação ao solo nas imagens aéreas.

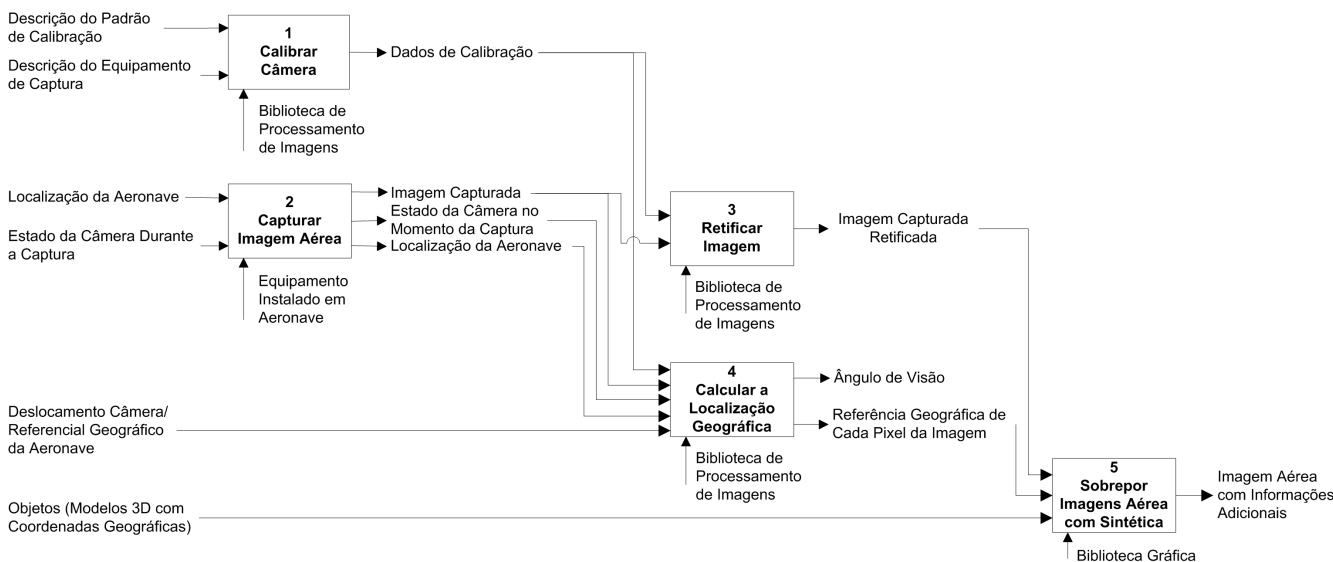


Figura 2 - Diagrama com as principais atividades realizadas pelo método que aplica Realidade Aumentada em imagens aéreas.

dependem do INS e GPS (que podem ser os equipamentos da aeronave ou de algum dispositivo acoplado à câmera) (Etapa 2 da Figura 2). A utilização da Realidade Aumentada nas imagens requer que seja calculada a posição em que a aeronave se encontrava em relação ao solo no instante da captura, as coordenadas geográficas do centro da imagem e a estimativa da área de abrangência do solo da imagem (Etapa 4 da Figura 2). A Figura 3 mostra um exemplo da configuração da câmera para realizar as capturas.

Podem ser adicionados os elementos virtuais nas imagens (Etapa 5 da Figura 2) depois da seleção dos objetos cadastrados, cujas coordenadas do centro pertençam a área capturada, e do cálculo da exata localização destes objetos. O método precisa calcular a localização geográfica onde devem ser exibidos todos os objetos que foram selecionados. Este procedimento é necessário porque, nas imagens adquiridas em condições não paralelas ao solo, existe uma projeção perspectiva da superfície capturada sobre o plano de captura e esta projeção precisa ser replicada nos objetos virtuais das camadas. Deste modo, para que a Realidade Aumentada seja coerente, os objetos virtuais devem ser submetidos a distorções equivalentes as existentes no solo. A Figura 4 ilustra esta situação e

câmera, do centro da imagem e do ponto a ser exibido. Os passos executados para calcular uma coordenada são a determinação da distância entre o ponto e o centro da imagem e a avaliação se o ângulo existente entre estes pontos (γ na Figura 4) é inferior ao ângulo de abertura das lentes. Em seguida, devem ser somadas as distâncias entre o centro da imagem e a real localização do ponto.

Ao término dos cálculos de localização dos objetos virtuais, uma biblioteca gráfica cria e configura os objetos que serão exibidos nas camadas de informação, conforme suas especificações. Então, a junção da fotografia aérea com todas as camadas de objetos virtuais compõe uma imagem que pode ser exibida.

O método foi projetado para permitir que, enquanto são exibidas as imagens, o usuário possa manipular o ambiente criado com a Realidade Aumentada e verificar informações sobre o local capturado, a partir dos dados cadastrados.

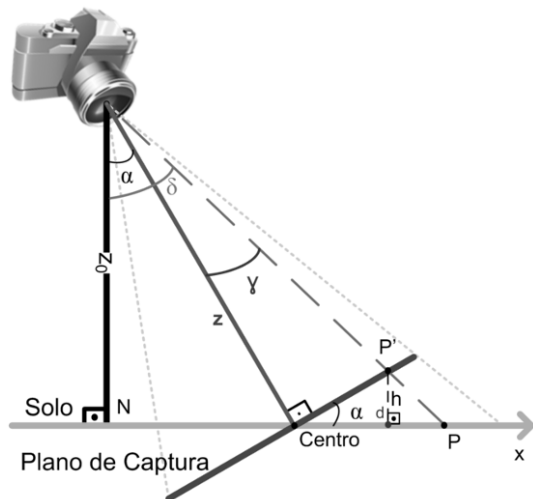


Figura 4 - Ilustração com as principais variáveis que o método proposto utiliza para calcular cada coordenada geográfica de um objeto.

IV. RESULTADOS

O método de Realidade Aumentada proposto realiza a fusão de informações com imagens aéreas, por meio de objetos virtuais. Esta união ocorre sem a utilização de marcadores que indicam o local da inserção dos objetos, portanto é preciso calcular o posicionamento dos objetos de acordo com a relação existente entre suas coordenadas e as coordenadas do que é mostrado nas imagens.

Nas imagens aéreas não são fornecidas as coordenadas geográficas dos pixels das imagens, o que resultou na necessidade de se desenvolver uma técnica capaz de calcular estas coordenadas. Os únicos dados disponíveis para calcular as coordenadas geográficas da imagem são a especificação do equipamento e a posição da câmera no instante da captura. Esta posição da câmera corresponde a sua localização geográfica e a inclinação em relação aos eixos x , y e z , que se originam na câmera de modo que o eixo z toque o solo perpendicularmente.

A informação que se pretende inserir sobre as imagens é exibida em locais estabelecidos e, para avaliar a capacidade do método em calcular a localização correta, foi elaborado um estudo de caso. Neste estudo foram utilizadas imagens que se assemelham a imagens aéreas, que foram produzidas em laboratório. Estas imagens apresentam dimensões reduzidas, se comparadas a uma imagem aérea real, mas o fato de serem produzidas permite manter uma padronização na captura e, conseqüentemente, em toda a amostra utilizada nos testes.

Para compor a cena que deveria ser capturada foram impressas imagens de satélite de uma porção real de solo

(com dimensões de 59,4 por 42 centímetros) e foi estabelecido que a distância entre o equipamento de captura e o centro das imagens seria fixado em 1 metro. Nestas circunstâncias foram capturadas imagens com o ângulo de inclinação nulo e outras com variações de 10 a 80 graus. Uma imagem com inclinação nula possui o plano de captura coincidente com o solo, enquanto as imagens com inclinação possuem um deslocamento do eixo óptico em relação ao horizonte. O alinhamento do centro da imagem com o centro da figura impressa fez com que todas as imagens da amostra exibissem área de captura igual, apenas com perspectiva diferente.

Foram empregadas imagens de satélite para a geração da amostra de imagens que avaliou o desempenho do método porque este tipo de imagem é capturada de forma que o eixo óptico da câmera esteja perpendicular ao solo, assim não são inseridas as distorções perspectivas de imagens que são ditas capturadas sem inclinação, mas que na realidade apresentam um pequeno desvio. Outro fato que motiva o uso deste tipo de imagem da superfície na amostra é a prévia eliminação das distorções geradas devido à curvatura da Terra e ao equipamento de captura.

A precisão da localização dos objetos virtuais nas imagens pôde ser avaliada, pois foram extraídas as coordenadas geográficas de elementos selecionados das imagens (como edifícios e características da paisagem) e foram criadas informações para serem adicionadas artificialmente sobre as imagens, com base nestas coordenadas.

O processo de criação de imagens com Realidade Aumentada desenvolvido realiza o cálculo da real localização de cada ponto de uma imagem, que é representado com coordenadas geográficas. Isto possibilita confrontar o valor da coordenada que foi calculado para posicionar o ponto com o valor determinado para desenhar o objeto nas camadas de informações. Assim, pode ser estimado o erro de posicionamento de objetos virtuais apresentado pelo método em imagens aéreas com diversos ângulos de inclinação.

Os resultados da utilização deste método podem ser verificados matematicamente, por meio do cálculo do erro de posicionamento dos objetos virtuais, ou com a visualização das imagens com Realidade Aumentada. Com as dimensões utilizadas para capturar as imagens e posicionar os objetos, foram apresentados erros de posicionamento inferiores a um por cento do valor da coordenada. Isto significa que, com a determinação em metros das coordenadas dos objetos virtuais, o erro de posicionamento é inferior a 1×10^{-3} milímetro.



Figura 5 - Imagem aérea resultante da aplicação do método proposto para ampliar a quantidade de informações das imagens.

Outra forma de visualizar os resultados do método é visual e alguns exemplos de imagens podem ser verificados nas figuras 5, 6 e 7. Na primeira imagem está retratada uma situação em que o ambiente é predominantemente vegetação e nas demais a predominância é de paisagem urbana.

A Figura 5 exibe a imagem aérea de uma região de floresta em que é possível verificar a presença de edificações (dois galpões localizados na porção esquerda da imagem) e sinais de desmatamento (na porção direita). A inclinação imposta ao equipamento de captura foi de 20 graus, em relação ao eixo perpendicular ao solo. Nesta imagem foi inserido como informação adicional o modelo tridimensional de uma pequena casa (que está posicionada na extremidade de um dos galpões) e a demarcação de uma região que representa a porção que deveria ser desmatada. Na imagem produzida é possível visualizar que ambos os objetos virtuais se encontram posicionados corretamente e que, caso esta situação fosse real, seria possível inferir com maior facilidade que a área desmatada na região de floresta da imagem não confere com a real dimensão permitida, que foi previamente cadastrada.

A utilização de Realidade Aumentada também pode ser percebida na Figura 6, que exibe a região que corresponde a Rododferroviária de Curitiba. Nesta imagem estão presentes a camada sobreposta e a camada subposta de objetos virtuais. Na imagem desta figura não há inclinação da câmera que realizou a captura, mas o observador foi posicionado de modo que estejam visíveis a imagem capturada e as informações adicionais, que incluem a localização da aeronave no instante da captura.

A camada sobreposta com objetos virtuais presente na imagem da Figura 6 possui informação textual e objetos tridimensionais. O nome das ruas está posicionado sobre a região que corresponde à sua localização e representa a

informação textual acrescentada na imagem. Enquanto os modelos tridimensionais inseridos são miniaturas de casas, que representam locais em que existem comércios na região e prédios que marcam a localização da estação ferroviária (localizado na região central inferior da imagem) e a localização da rodoviária (exibido no canto inferior direito da imagem aérea). O modelo tridimensional que representa a posição da aeronave no instante da captura da imagem encontra-se na porção superior central do mapa.

A informação que é adicionada na camada subposta corresponde ao mapa de ruas. Este mapa está posicionado de modo que as ruas presentes na imagem pareçam prolongadas na porção do mapa adicionada artificialmente, ainda existe a complementação da imagem com as ruas adjacentes à região. Com a utilização deste tipo de informação nas imagens aéreas o analista das imagens pode perceber qual pequena porção de solo está sendo capturada e o que existe no entorno, sem ter que pesquisar a região vizinha à imagem por meio do deslocamento da câmera.

A Figura 7 apresenta uma imagem capturada da cidade de Curitiba em que é mostrada a Avenida Visconde de Guarapuava (cortando a imagem de um lado ao outro) e a Travessa da Lapa (perpendicular a avenida). Nesta configuração a câmera apresenta inclinação de 60 graus com o eixo perpendicular ao solo. O método desenvolvido para posicionar objetos virtuais de acordo com as coordenadas estabelecidas precisou calcular a localização de cinco elementos. Como pode ser observado na imagem resultante, o posicionamento dos objetos não apresenta erro considerável, pois as extremidades dos objetos virtuais são coincidentes com as extremidades dos edifícios selecionados para apresentar informações adicionais.



Figura 6 - Imagem aérea da região da Rodoferroviária de Curitiba com Realidade Aumentada.

Os resultados que o método proposto apresentou em imagens produzidas em laboratório permitem a realização de testes com imagens aéreas reais, capturadas por uma câmera fixada na fuselagem de uma aeronave. Nestas imagens reais devem ser capturados os dados de posicionamento da câmera e o cadastro da localização das informações que devem ser inseridas com a Realidade Aumentada deve ser análogo à especificação das coordenadas geográficas usada na aquisição da localização da câmera.

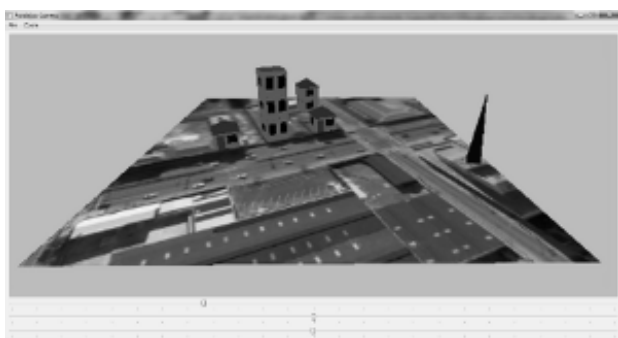


Figura 7 – Imagem aérea da Av. Visconde de Guarapuava em Curitiba.

V. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta um método criado para a complementação de imagens aéreas com a fusão de informações virtuais, o que resulta em imagens com Realidade Aumentada. Nestas imagens o que é real se mistura ao que é virtual por meio da distorção dos objetos sintetizados que foram inseridos na imagem. É preciso considerar a posição da câmera no momento da captura para modificar características dos objetos virtuais como sua perspectiva, escala e iluminação. Deste modo, é criada a impressão de que, quando foi obtida a imagem, os objetos já estavam posicionados naquele local.

A utilização de imagens aéreas com informações melhora a capacidade de interpretação dos indivíduos que precisam realizar a sua análise, pois existe a sobreposição de

camadas com informações nas imagens. A personalização do conteúdo que é exibido nas imagens restringe a complementação a informações pertinentes ao que está sendo observado. Além disso, a experiência do observador com análise de imagens aéreas não influencia a localização geográfica dos pontos de interesse, pois o método estima o posicionamento de cada pixel da imagem, ressaltando que nesta estimativa existe um erro constante e independente das condições das imagens.

Analisar os resultados do método proposto foi possível devido à criação de uma ferramenta que manipula imagens, implementa o método e exibe os resultados dos cálculos de posicionamento e as imagens com a Realidade Aumentada.

Os resultados dos experimentos realizados em laboratório, com proporções reduzidas e a representação do solo por meio da impressão de imagens capturadas por satélite, mostrou que o método calcula o posicionamento dos objetos virtuais com erros mínimos e que é viável realizar testes com imagens reais, capturadas de câmeras presas em aeronaves e com informações de posicionamento relacionadas nas unidades que os equipamentos de medição disponibilizam.

Nos experimentos realizados com imagens reais, os erros de posicionamento provenientes do cálculo da localização geográfica da área capturada pela imagem e da posição na qual devem ser inseridos os objetos virtuais devem ser reavaliados. Isto se deve às distâncias consideravelmente maiores empregadas nos cálculos, se comparadas com os valores usados nos experimentos apresentados na Seção 4 e a possibilidade de erros nos dados de posicionamento da câmera no instante da captura.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADS ADVANCED DEFENSE SYSTEMS. Border Surveillance & Security Systems. Disponível em: <http://www.ads-inc.com/systems_products/security_bcs.asp>. Acesso em: 11/10/2012.

- ASTRONAUTICS. TerraMap-3D. Disponível em: <http://www.astronautics.co.il/sites/default/files/terra_map_3d.pdf>. Acesso em: 3/3/2012.
- AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R. et al. Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics And Applications, v. 1, n. 6, p. 34-47, 2001.
- CHURCHILL NAVIGATION. Technical Considerations on the Use of Augmented Reality in Airborne Full Motion Video Applications. Disponível em: <http://www.churchillnavigation.com/pdfs/ARS_Technical_Considerations.pdf>. Acesso em: 18/2/2012.
- CHURCHILL NAVIGATION. ARS - AUGMENTED REALITY MAPPING SYSTEM. Disponível em: <<http://www.churchillnavigation.com/products/ars>>. Acesso em: 16/2/2012.
- CHURCHILL, T. The Denver Police Department's Augmented Reality Mapping System: LIDAR data in action. International LiDAR Mapping Forum, p. 4, 2010.
- ESYSTech. AVISS - Airborne Video Surveillance System. Disponível em: <<http://www.aviss.com.br/>>. Acesso em: 12/10/2012.
- EUROAVIONICS. EURONAV V. Disponível em: <[http://www.euroavionics.com/images/stories/rn6\(009\).pdf](http://www.euroavionics.com/images/stories/rn6(009).pdf)>. Acesso em: 16/2/2012.
- FRIEDMANN, R. M. P. Fundamentos de Orientação, Cartografia e Navegação Terrestre. 2nd ed. Curitiba: Editora UTFPR, 2008.
- HAMPAPUR, A.; BROWN, L.; CONNELL, J. et al. Smart surveillance: Applications, technologies and implications. IEEE Pacific-Rim Conference On Multimedia, 2003.
- JIANG, Y.; LIU, X.; CHEN, R.; WANG, Y. A Synthetic Error Analysis of Positioning Equation for Airborne Three-Dimensional Laser Imaging Sensor. ArXiv e-prints, v. 1111, n. 6226, p. 10, 2011.
- MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies, v. 2351, p. 282-292, 1994.
- MITISHITA, E. A.; CÔRTEZ, J.; CENTENO, J.; MACHADO, A.; MARTINS, M. Study of Stability Analysis of the Interior Orientation Parameters from the Small-Format Digital Camera Using On-The-Job Calibration. ISPRS Commission I Mid-Term Symposium Image Data Acquisition - Sensors & Platforms, 2010.
- NORTHROP GRUMMAN. Airborne Surveillance & ISR. Disponível em: <http://www.es.northropgrumman.com/by_capability/militaryaviation/surveillance/>. Acesso em: 11/10/2012.
- PERRY, C.; RAINS, G. Explaining GPS: The Global Positioning System. The University of Georgia Cooperative Extension, v. 1296, p. 1-6, 2009.
- PORTALÉS, C.; LERMA, J. L.; NAVARRO, S. Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city environments. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 65, n. 1, p. 134-142, 2010. Elsevier B.V.
- ROQUE, C. G.; OLIVEIRA, I. C. D.; FIGUEIREDO, P. P.; BRUM, E. V. P.; CAMARGO, M. F. Georreferenciamento. Revista de Ciências Agro-Ambientais, v. 4, n. 1, p. 87-102, 2006. Alta Floresta.
- SAAB GROUP. Airborne Solutions. Disponível em: <<http://www.saabgroup.com/en/Air/Airborne-Solutions/?tab=61>>. Acesso em: 12/10/2012.
- SANTANA, D. D. S.; CAMPOS, V. A.; FURUKAWA, C. M.; MARUYAMA, N. Estimção De Trajetórias Utilizando Sistema De Navegação Inercial Strapdown. XV Congresso Brasileiro de Automática, p. 1-6, 2004.
- TABACNIKS, M. H. Conceitos Básicos da Teoria dos Erros. São Paulo, 2003.
- WORLD SKYCAT. SkyPatrol: Surveillance/Border Control. Disponível em: <<http://www.worldskycat.com/markets/skypatrol.html>>. Acesso em: 11/10/2012.
- ZEKAVAT, R.; BUEHRER, R. M. Handbook of Position Location: Theory, Practice and Advances. Piscataway: Wiley-IEEE Press, 2011.

VII. COPYRIGHT

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



COMUNIDADES DE APRENDIZAGEM ONLINE: O USO DE CHATBOTS COMO TUTORES VIRTUAIS AUTOMÁTICOS

LUCIANO ALVES LIMA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG)
lucianolima@ufmg.br

Resumo – Há uma grande variedade de ferramentas para auxiliar no ensino baseado na Web - o ensino realizado em ambiente virtual (ou computacional). Neste artigo descrevemos o desenvolvimento, a implantação e acompanhamento de uma ferramenta de auxílio automática – também chamada de robô de conversação ou chatbot – que são programas computacionais que simulam uma “conversa” (bate-papo por texto) com uma pessoa, nas disciplinas inglês instrumental on-line um (I) e dois (II), mantidas pelo Projeto IngRede/UFMG. Chatbots tornam-se versáteis dentro do processo de ensino-aprendizagem online por: 1) proporcionarem uma interface de conversação interessante (natural); 2) fornecerem conteúdo relevante (especializado) e adaptável (inteligência artificial), 3) darem liberdade de diálogo aos alunos (quebra de timidez, medo de perguntar) e 4) poderem atendê-los em todos os horários e a partir de todos os locais com acesso à internet. Seguindo os pressupostos dos paradigmas do caos e da complexidade e através da coleta e análise de dados qualitativos (questionários semiestruturados) e quantitativos (número de acessos ao chatbot versus número de acessos às seções “Fórum Tira-dúvidas” e “FAQ”), verificaremos como a criação, a implementação e o uso de um robô de conversação automática com conteúdo especializado, torna-se um grande aliado e facilitador da interação dos cerca de três mil alunos que atendem as duas disciplinas via internet, semestralmente.

Palavras-chave: ensino online; agentes conversacionais; tutoria automática.

Abstract - The virtual (or computational) environment has a wide variety of tools to assist in web based teaching. One of these tools is called chat robot or chatbot - also called conversational agents. They are computer programs that simulate a "conversation" (chat text) with a person. In this article, we will show why this tool becomes versatile in the process of teaching and learning online: 1) they provide an interesting conversation interface (natural), 2) they provide relevant (specialized) and adaptive (AI) content, 3) they give students freedom of speech (by breaking shyness and fear of making questions) and 4) they can serve these students at all times and from all locations with online access. Following the assumptions of the paradigms of chaos and complexity and by collecting and analyzing qualitative and quantitative data, we will demonstrate how the creation, implementation and use of an automatic conversation robot with specialized content in the online courses Inglês Instrumental 1 and 2, maintained by the Project IngRede / UFMG, becomes a great aid and facilitating tool for the interaction of the nearly three thousand students that attend these two courses online every six months.

KEYWORDS: online teaching; conversational agents; automatic tutoring.

I. INTRODUÇÃO

O ensino baseado na Web¹ é uma inovação dentro da área de ensino auxiliado por computador² com várias vantagens técnicas propiciadas pela Rede Mundial de Computadores (*World Wide Web* ou *WWW*): 1) acesso universal pelos usuários, 2) facilidade na atualização do conteúdo e 3) possibilidade de aprofundamento e do uso de material correlacionado através de *hyperlinks*. Além das características citadas, o ambiente virtual (ou computacional) conta com uma grande variedade de ferramentas disponíveis gratuitamente e entre elas destacam-se os robôs de conversação ou *Chatbots*³. *Chatbots*, também chamados de agentes conversacionais, são programas computacionais que simulam uma “conversa” (bate-papo por texto) com uma pessoa e por esta razão podem se tornar uma ferramenta versátil dentro do processo de ensino-aprendizagem on-line: 1) proporcionam uma interface de conversação interessante (natural); 2) fornecem conteúdo relevante (especializado) e adaptável (inteligência artificial), 3) dão liberdade de diálogo aos alunos (quebra de timidez, medo de perguntar) e 4) podem atendê-los em todos os horários e a partir de todos os locais com acesso online (disponibilidade 24/7 – vinte quatro horas por dia, sete dias por semana). É dentro dessas possibilidades que a criação, implementação e uso de um robô de conversação com conteúdo especializado nas disciplinas Inglês Instrumental Online um (I) e dois (II), mantidas pelo Projeto IngRede⁴, tem se revelado um grande aliado e facilitador da interação dos cerca de três mil alunos que atendem esses dois cursos via internet, semestralmente.

II. A PLATAFORMA ONLINE VISTA COMO UM SISTEMA COMPLEXO

A proposta de implementação de uma ferramenta tecnológica dentro das duas disciplinas online teve como aporte teórico os paradigmas do caos e da complexidade aplicados ao ensino de idiomas. Estes paradigmas se tornam particularmente importantes para este trabalho, pois além da própria inserção da ferramenta *chatbot* como facilitadora do

¹ Web-based teaching.

² Computer aided instruction.

³ *Chat* pode ser traduzido por “bate-papo” e *bot*, do inglês *robot*, significa robô. Usa-se ainda os termos *chatterbots* ou *chatbox*, este último tendo um caráter mais pejorativo: algo como “tagarela”.

⁴ Um projeto de ensino e pesquisa sobre aprendizagem de leitura instrumental em inglês em ambiente virtual. O projeto teve início em 2000, com um consórcio de 10 universidades federais que se uniram para discutir e criar o conteúdo de um curso online de leitura em inglês.

processo ensino-aprendizagem, foi adotada também a visão da língua (e do ensino de línguas) como um sistema aberto, que permite a entrada de novos elementos que influenciam e são influenciados pelo funcionamento do sistema como um todo. Para esclarecer melhor a escolha destes paradigmas teóricos e sua correlação com a introdução do recurso *chatbot* nos ambientes virtuais das duas disciplinas em questão, faremos primeiramente uma breve descrição de alguns conceitos e pressupostos bases desses dois paradigmas.

A teoria ou paradigma da complexidade

A Teoria ou Paradigma da Complexidade, no âmbito da pesquisa, denota mais que um paradigma: é uma nova forma de se enxergar o fazer científico e a produção de conhecimento, pois não se fecha em uma visão simplificadora, reducionista (outro paradigma comum no mundo ocidental), mas abarca várias perspectivas, abordagens e teorias ao propor a associação e a contribuição que as diversas disciplinas, áreas de conhecimento e modos de saber podem trazer para se entender aquilo que não é óbvio, aquilo que é considerado desordem ou ruído quando se busca a compreensão de um fenômeno qualquer, de um processo ou de um objeto sob investigação. O termo complexidade, por exemplo, vem do latim *complexu* que já apontava para a ideia atual de um tecido, de relações interdependentes entre as partes ou os constituintes de um determinado sistema dinâmico, isto é, de um sistema que muda com o tempo (LARSEN-FREEMAN, 1997, pp. 142).

Larsen-Freeman e Cameron (2008, p.15) ressaltam que essa nova forma de pensamento tem um apelo multidisciplinar e não veio para substituir teorias existentes, mas sim para englobar e aproveitar aquilo que outras perspectivas teóricas contribuem para a produção de conhecimento como acontece, por exemplo, na abordagem ecológica e na teoria sociocultural de Vygotsky. Não é à toa que, nesse sentido, o termo foi primeiramente empregado na biologia quando os pesquisadores notaram que certos organismos vivos buscavam se adaptar, se ajustar ao meio em que se encontravam para manterem-se vivos e gastando o mínimo de energia possível. Bar-yam (1997) observou que a evolução dos organismos vivos dependia muito mais dos processos dinâmicos de variação e seleção do que das partes que os constituíam e atribuiu essa propriedade à existência de uma universalidade – um conjunto de manifestações diversas - presente em sistemas que eram bastante complexos. Já Goertzel (1994, p. 8) cita que pesquisadores têm empregado o conceito de "microgenesis" para explorarem a mente/cérebro como um sistema auto-organizador. O autor lembra que este tipo de visão tem sido particularmente produtivo para os estudos de distúrbios linguísticos tais como a afasia. Aliás, e ainda no campo dos estudos linguísticos, pesquisadores como Larsen-Freeman e Cameron (1997; 2008), entre outros, defendem a questão do desenvolvimento ou aquisição linguística como sendo mais bem entendida se usarmos a metáfora de uma rede ou de uma teia em que o acúmulo de conhecimento ocorreria sem direção determinada, isto é, seria não-linear em oposição ao uso da metáfora de uma "escada progressiva" - *scaffolding* - que representa a visão conservadora de conhecimento como acúmulo. Portanto, dentro da perspectiva da complexidade, há o consenso de que, na busca pelo conhecimento, deve-se

admitir que esse processo é inegavelmente complexo, que é necessário empregar um conjunto de teorias (ex. a teoria do caos, a autopoiese, a teoria ecológica, etc.) e que a complexidade só se torna um fato se tivermos em mente que o que está em nosso entorno é um sistema complexo.

Por esta perspectiva pode-se dizer ainda que sistemas complexos ou Sistemas Adaptativos Complexos (SAC) são sistemas complexos adaptativos ou abertos (i.e. sistemas que trocam energia ou matéria com o mundo externo). Eles são redes de agentes individuais em número elevado (ex. neurônios no cérebro humano) que interagem de forma organizada (i.e. são capazes de se ajustarem ou de se adaptarem) e cooperativa (i.e. capacidade de se auto-organizarem) caracterizando-se, portanto, como sistemas singulares, mas não estáticos, não estáveis – eles são dinâmicos, portanto. Por sua vez, a característica de dinamicidade de um SAC gera outra característica inerente a esses sistemas abertos: a coadaptação. Isto é, a mudança em uma área do sistema acarreta mudança no sistema como um todo. Todo sistema ativo está sob a influência de forças diversas (i.e. contexto) e por isso mesmo em constante adaptação para garantir sua sobrevivência no meio. Nesse sentido, a noção de contexto torna-se parte da noção de sistema: o primeiro é parte do segundo e vice-versa, isto é, são inseparáveis.

Pelo que foi colocado até aqui, a estrutura de um SAC pode ser definida como um conjunto de padrões gerados dentro desse sistema. Isto é, a combinação ou interação de seus componentes/agentes fará emergir um padrão, que não é o padrão individual de qualquer um dos constituintes, mas a soma de todas as relações estabelecidas entre eles.

O período de caos

Quando o sistema entra em um período de irregularidade e de imprevisibilidade comportamental, dizemos que ele atingiu seu ponto crítico, e que, então, ele entrou em um período de caos. A origem do termo caos, ainda dentro da perspectiva da complexidade, ocorreu na matemática e na física quando físicos e outros pesquisadores, ao indagarem sobre as leis da natureza, verificaram que havia desordem na atmosfera, na flutuação de populações animais, nas oscilações do coração e do cérebro. Caos, na perspectiva da complexidade ou dos sistemas complexos, refere-se ao período de aleatoriedade em que esses sistemas se encontram (LARSEN-FREEMAN, 1997, pp. 143) tornando seus resultados ou transformações imprevisíveis. Foi em 1970 que cientistas (matemáticos, físicos, químicos, biólogos) nos EUA e na Europa começaram a achar "ordem" no caos: mesmo nos sistemas mais simples, havia uma rede intrincada de eventos, processos que emergiam de uma aparente desordem, ou ainda, padrões recorrentes em diversas escalas de um sistema dinâmico, e isso tudo gerava saltos, mudanças repentinas ou adaptações desses sistemas que eram difíceis de serem previstas. Devido à transdisciplinaridade com que o termo já nasceu, Gleick (1987, pp. 4) relatou algumas tentativas de definição para o termo caos: Phillip Holmes, matemático em Cornell, diz, "é a órbita atratora, complicada e aperiódica de certos sistemas dinâmicos"; Hao bai-lin, físico chinês, também define caos: "um tipo de ordem sem periodicidade"; H. Bruce Stewart, matemático aplicado em Brookhaven National Laboratory, Long Island, afirmava

que caos era “aparentemente, um comportamento aleatório e recorrente em um sistema determinístico simples”; e para Roderick V. Jensen, físico teórico da Universidade de Yale que explora a possibilidade de um caos quântico: “o comportamento irregular, imprevisível de sistemas dinâmicos determinísticos e não-lineares”. Por sua vez, Sade (2009, pp. 517), sintetiza bem essas colocações anteriores ao afirmar que caos descreve comportamentos imprevisíveis de curta duração, mas que seguem uma ordem subjacente de longa duração. É importante observar, retomando as considerações das autoras Larsen-Freeman e Cameron (2008) sobre caos, que há também um período conhecido como ‘beira do caos’ (*edge of chaos*): é quando um sistema muda com prontidão e com muita flexibilidade para adaptar-se e manter sua estabilidade. Nessa condição, continuam as autoras, novos padrões de comportamento podem surgir (Ibidem, pp. 58).

Pelo exposto até aqui nesta breve revisão sobre os paradigmas da complexidade e do caos, e deste modo, podemos afirmar que há várias razões para considerarmos que a introdução de um *chatbot* nos ambientes virtuais de aprendizagem (especificamente o ambiente *moodle*) das duas disciplinas mantidas pelo projeto IngRede *configura-se* como a introdução de um novo elemento nesses ambientes, que serão aqui tratados como sistemas abertos dinâmicos ou SACs: 1) eles contam com diversas ferramentas interativas para aprendizagem e para a prática e aferição do conteúdo didático; 2) eles propiciam a participação de grandes grupos de pessoas e com diversas possibilidades: alunos-conteúdo, alunos-alunos e alunos-professores/tutores, de formas síncrona e assíncrona; 3) eles dependem de várias condições iniciais – sua sensibilidade à situação, ao contexto e a fatores que os condicionam em um dado instante (ex. desenho instrucional, disponibilidade online, intervenções de alunos e professores/tutores; 4) há imprevisibilidade de seus resultados ou estados (ex. podemos desenvolver e aplicar diversas atividades interativas ou não no ambiente, valendo pontos ou não, mas dificilmente conseguiremos prever como essas atividades serão recebidas, entendidas e resolvidas pelos diversos grupos de alunos) e 5) eles permitem diversas adaptações, mudanças e aprimoramentos - a energia ou matéria (fatores) externas entrem no sistema - gerando desvios, mudanças e emergências de novos padrões que culminam em sua evolução – eles são co-adaptativos.

III - REORGANIZANDO A DINÂMICA ONLINE

O objetivo geral deste trabalho é verificar, através de uma análise metodológica quantitativo-qualitativa, se o desenvolvimento e a inserção de uma ferramenta de suporte automático no Ambiente Virtual de Aprendizagem⁵ das disciplinas online Inglês instrumental I e II, propiciará maior acessibilidade e melhor compreensão das atividades e interação dos alunos nesses dois Ambientes Virtuais que serão aqui considerados, seguindo os paradigmas do caos e da complexidade, como sistemas complexos abertos. Isto é, espera-se que: 1) a incorporação de uma ferramenta *chatbot* provoque mudanças na participação dos alunos no ambiente online de aprendizagem de inglês e 2) ocorram mudanças de comportamento no sistema e nos processos de co-adaptação, fazendo emergir um novo SAC.

Retomando a discussão feita até aqui, pode-se dizer, de forma resumida, que o presente artigo parte da seguinte pergunta geral: A inserção e uso de um robô de conversação nas disciplinas online Inglês Instrumental I e II, desenvolvidas e mantidas pelo projeto IngRede, provocará mudanças na participação dos alunos? Esta pergunta se desdobra em outros dois questionamentos: O uso desta ferramenta provocará maior interesse e entendimento da proposta didático-pedagógica presentes nestas disciplinas? Ocorrerão mudanças no comportamento do sistema (reorganização da dinâmica online) que farão emergir um novo SAC?

Para que respostas sejam obtidas, dados qualitativos e quantitativos são coletados através de um elenco de técnicas e de instrumentos de medidas descritos na seção IV deste artigo. A respeito destes dados, as seguintes questões já foram levantadas:

- 1) A disponibilização e uso de um robô de conversação pelos alunos das disciplinas em questão facilitará/aumentará significativamente a compreensão da proposta didática e pedagógica (i.e. atividades e procedimentos) dessas disciplinas aumentando o interesse e acesso dos alunos aos respectivos AVAs.
- 2) Como consequência da hipótese acima, espera-se também maior acesso e interação dos alunos com os dois ambientes virtuais de aprendizagem permitindo à equipe de mediadores substituírem o tempo gasto nos diversos fóruns tira-dúvidas por tempo investido em ações que estimulem a participação dos alunos em discussões sobre os textos de leitura distribuídos por áreas.
- 3) Seguindo os pressupostos dos paradigmas do caos e da complexidade, acredita-se que essa ferramenta de mediação (ICALL⁶) se configurará, em um primeiro momento, como um elemento estranho, criando um espaço atrator caótico no sistema complexo aberto (i.e. as disciplinas) causando movimentos ou variações ao longo do tempo (pontos de um espaço atrator) e em um segundo momento gerando uma nova fase de comportamento desse sistema ou co-adaptação, fazendo emergir um novo SAC.

IV - CHATBOTS COMO AGENTES CONVERSACIONAIS ESPECIALIZADOS

Agentes conversacionais ou *chatbots* são programas computacionais que têm como objetivo propiciar aos usuários uma interface semelhante à linguagem natural humana. Podemos constatar a introdução e o uso desse recurso/ferramenta em áreas diversas como educação, comércio, lazer e no setor público. Por exemplo, 1) “Eliza” (<http://www-ai.ijs.si/eliza/eliza.html>) - um dos mais antigos *chatbots*, foi desenvolvido em 1966 pelo professor Josep Weizenbaum no Massachusetts Institute of Technology. Seu objetivo é o de simular um psicanalista em uma conversa com seu paciente; 2) “Virtual Advisor” da Kingston University

⁵ Ambiente Virtual de Aprendizagem.

⁶ Intelligent Computer-Assisted Language Learning.

(www.kingston.ac.uk/visitors/smartAgent_select.html) – esse agente virtual permite a candidatos do mundo inteiro conhecer a proposta, os cursos e muitas outras informações desta universidade com a vantagem de ser ainda personalizado para o país de origem do usuário; 3) “ED Robô” – mantido pela Equipe Conpet (<http://www.ed.conpet.gov.br/converse.php>), é, provavelmente, o único *chatbot* brasileiro em funcionamento na web. Ed é um robô que tem como missão “ajudar a preservar os recursos naturais e usar a energia do planeta Terra de maneira eficiente”; e 4) “ALICE” (Artificial Intelligence Foundation, www.pandorabots.com/pandora/talk?botid=f5d922d97e345a1) - uma entidade de processamento linguístico implementada por Wallace em 1995 (ABU SHAWAR and ATWELL, 2003; WALLACE, 2003). A linguagem de programação utilizada por Alice é o AIML, ou Artificial Intelligence Mark-up Language, que é uma derivação de Extensible Mark-up Language (XML), e permite a criação de diálogos padrões (conversas, bate-papos) para o desenvolvimento de *chatbots*. Alice é um software de código aberto e, portanto, pode ser utilizado por qualquer pessoa interessada em criar *chatbots*. As repostas geradas pelo *chatbot* podem conter referências a outras leituras (páginas da web ou um banco de dados, etc.), menções a tópicos já abordados (memória da conversação em curso) além de formas diferentes de apresentação da mesma informação. São essas propriedades que permitem conversas “inteligentes” com o usuário.

“Ingrid” - um *chatbot* para o projeto IngRede

É dentro desse contexto, exemplificado pelos *chatbots* acima, que o desenvolvimento, a implementação e o acompanhamento (coleta e análise de dados) de um agente conversacional ou *Chatbot*, chamado “Ingrid”⁷ nos respectivos AVAs das disciplinas online Inglês Instrumental I e Inglês Instrumental II do Projeto IngRede tem ocorrido.

A plataforma base de desenvolvimento do *chatbot* Ingrid é a mesma plataforma utilizada para desenvolvimento do “cérebro” do *chatbot* ALICE (vide exemplo acima) e, portanto, a linguagem de programação utilizada é o código AIML. A versão da Ingrid⁸, em funcionamento no momento de escrita deste artigo, podia ser acessada via link: <http://www.pandorabots.com/pandora/talk?botid=d9c632fcec346bc6> em animação flash:

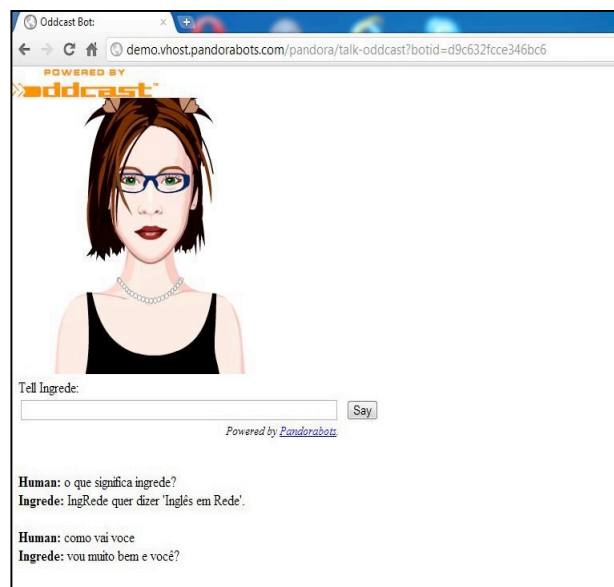


Fig. 1: Protótipo do *chatbot* Ingrede em funcionamento em 01/10/2012

O objetivo é que esse robô de conversação se torne uma ferramenta permanente de suporte automático e inteligente ao conteúdo instrucional das disciplinas online do Projeto IngRede – Inglês Instrumental 1 e 2, aumentando o interesse e acesso dos alunos aos respectivos AVAs⁹ e resultando em mudanças na participação dos alunos no ambiente online de aprendizagem de inglês.

A produção e coleta de dados no ambiente virtual

Para que a coleta de dados seja mais abrangente, dados qualitativos e quantitativos têm sido obtidos através de um elenco de técnicas e de instrumentos de medidas: 1) descrições detalhadas de comportamentos e de usos das ferramentas disponibilizadas à comunidade de aprendizagem; 2) coleta de depoimentos dos alunos sobre suas experiências, através de entrevistas estruturadas e/ou semiestruturadas para averiguar fatos, determinar opiniões sobre fatos e identificar razões ou motivos (RIBEIRO, 2009); e 3), aplicação de questionários de opinião¹⁰ para garantir mais uniformidade nas avaliações, uma vez que esse tipo de medida atinge maior número de pessoas e pode diminuir possíveis distorções devido à influência do pesquisador/entrevistador. Outro importante instrumento de medida quantitativa utilizado é o levantamento do número de acessos ao *chatbot* ao longo do tempo (período letivo das disciplinas), comparando esse dado com o número de acessos ao FAQ¹¹ e ao Fórum Tira-dúvidas em períodos letivos anteriores à inclusão da ferramenta proposta neste trabalho. Espera-se que ocorra diminuição do número de acessos aos FAQs e do número de dúvidas nos Fóruns Tira-dúvidas e no Fóruns de suporte técnico das duas disciplinas em questão.

⁷ As primeiras versões da Ingrid foram chamadas respectivamente de “Inggrede” e “Ingrede” por questões de técnicas experimentais com os bancos de dados gerados.

⁸ Este protótipo, com um banco de dados composto por 20 sets (conjuntos) de assuntos totalizando 15.226 categorias, está alimentado com as seguintes unidades conversacionais em português brasileiro até o momento: Advérbios – 1.196 categorias; Seção FAQ dos AVAs – 202 categorias; Bot – 2.979; Default – 2.532; Salutations – 214; Estrela (* termos curingas) – 488 e a unidade Under (underline) com 178 categorias.

⁹ Ambiente Virtual de Aprendizagem.

¹⁰ Também conhecido como observação direta extensiva, segundo Ribeiro (2009), o questionário é uma forma de medida de opinião e atitudes – fundamentada na Teoria das Probabilidades e da Estatística.

¹¹ *Frequently Asked Questions* ou perguntas mais frequentes: consiste em um documento no formato pdf disponibilizado dentro do AVA das disciplinas com as perguntas mais comuns feitas pelos alunos e suas respectivas respostas.

Adotamos, como medida qualitativa, o método de observação participante, pois o presente estudo inclui a trajetória (e seu respectivo desempenho) de uma comunidade de aprendizagem online do idioma inglês como língua instrumental para a leitura da qual o pesquisador é também tutor. Dito de outra forma, o objetivo tem sido o estabelecimento de uma relação com o grupo que não se limita ao trabalho de um mero uso e interação no Ambiente de Aprendizagem online, mas a uma atuação mais profunda possível, através da observação informal das rotinas cotidianas e da (con)vivência de situações consideradas importantes.

Dado o elevado número e tipos de interações que ocorrem no Ambiente Virtual de Aprendizagem, faremos também um levantamento de perguntas mais frequentes, do período em que essas perguntas mais ocorrem e de termos alvos (expressões linguísticas) mais frequentes nos registros e nas trocas de mensagens, das interações entre alunos e professores/tutores, entre os próprios alunos e entre os alunos e a ferramenta *chatbot* através da extração dessas ocorrências nos AVAs para comparações posteriores.

Para trabalharmos com esse volume de informações textuais será utilizado o *software* gratuito BootCat¹² que é uma ferramenta para extração de termos e criação de corpora especializados a partir da web. Através deste procedimento é possível, por exemplo, a formação de categorias de análise fornecendo dados estatisticamente confiáveis e generalizáveis acerca da frequência das ocorrências linguísticas e de sua implicação para o processo de interação entre alunos e a plataforma de aprendizagem (AVA) como um todo.

Para verificarmos o número total de ocorrência (efeito de frequência) de cada conjunto pergunta/resposta no FAQ e de outras ocorrências linguísticas será utilizado o *software* gratuito AntConc¹³. Possíveis diferenças inicialmente observadas entre as frequências de ocorrência de determinadas expressões linguísticas como questionamentos, críticas, elogios, etc. serão verificadas através da utilização de um teste de significância estatística, como o teste qui-quadrado (McEnery & Wilson, 2001, p. 84). Se o resultado do teste se aproximar a 0, isto significa que a diferença é estatisticamente relevante, isto é, que esta diferença provavelmente não ocorre por acaso, antes reflete padrões na formação de opinião, na percepção dos alunos sobre o uso dos AVAs e da ferramenta *chatbot*.

Dito de outra forma, estamos utilizando este elenco de técnicas e de instrumentos de medidas descritos nesta seção para obter vários dados qualitativos e quantitativos, descrições detalhadas de fenômenos e das interações entre os indivíduos, suas percepções sobre o processo de aprendizagem online do idioma estrangeiro além dos números de acesso e ocorrências desses padrões. Esses dados, após o devido tratamento estatístico e análise, servem como verificação se a ferramenta *chatbot* se insere como um componente desestabilizador do sistema, no sentido de evolução da aprendizagem (desencadeamento de novas posturas e de padrões de comportamento). Isto é, espera-se

uma influência positiva da ferramenta *chatbot* na construção e promoção de conhecimento linguístico pelos participantes. Salientamos ainda que, ao se confirmar a mudança (evolução) aqui discutida, ela servirá também como uma evidência de que é possível um avanço não-linear da aprendizagem de uma comunidade (a turma), corroborando assim o princípio dos SACs (Sistemas Adaptativos Complexos).

Retomando todos os pontos abordados até este momento, pode-se dizer, de forma resumida, que a análise dos dados já propiciou algumas respostas para algumas das questões já levantadas aqui: 1) O uso desta ferramenta provoca maior interesse e entendimento da proposta didático-pedagógica presentes nestas disciplinas?

Tanto a Figura 2 quanto os depoimentos dos alunos 1 e 2 mostrados na página seguinte evidenciam que não apenas a aceitação, mas igualmente a valorização do recurso *chatbot* introduzidos no ambiente virtual das disciplinas foram confirmados.

Você considera importante a inclusão de um agente virtual de resposta automática no ambiente online da disciplina?	
É totalmente desnecessário.	12,5%
Tanto faz.	12,5%
É bom.	43,8%
É importante.	25,0%
É fundamental.	6,3%
TOTAL	100%

Fig. 2: respostas à pergunta apresentada neste quadro dadas por 25 estudantes voluntários no período de 5 a 10 de março de 2012¹⁴.

Aluno 1: “É um recurso de grande importância para a disciplina”. [Março/2012]

Aluno 2: “Acho que poderiam ser deixadas algumas sugestões de perguntas ou tópicos no lado direito da ferramenta para que o aluno possa testá-la melhor, pois eu, por exemplo, estava sem criatividade para formular as minhas perguntas. Porém, acho que pode ser uma boa ideia para a disciplina”. [6/3/2012]

Essa constatação fica mais evidente ainda se considerarmos que o agente de resposta automática “Ingrid” estava alimentado com apenas trinta por cento da meta de dados prevista inicialmente.

Se observarmos a Figura 3 logo abaixo temos um dado que nos ajuda a responder outra pergunta: 2) A disponibilização e uso de um robô de conversação pelos alunos das disciplinas em questão facilita a compreensão da proposta didática e pedagógica (i.e. atividades e procedimentos) dessas disciplinas gerando maior interesse e acesso dos alunos aos respectivos AVAs?

¹² Marco Baroni (Trento) & Silvia Bernardini (Forlì); Eros Zanchetta (Forlì); Universities of Bologna (Forlì) and (Trento) e Cyrus Shaoul (University of Alberta). Disponível em: <http://bootcat.sslmit.unibo.it>

¹³ AntConc 3.2.4w. Developed by Laurence Anthony, Faculty of Science and Engineering Waseda University, Japan. Website: <http://www.antlab.sci.waseda.ac.jp/software.html>

¹⁴ Esta e demais perguntas e respostas (incluindo os depoimentos) foram realizados através do serviço SurveyMonkey. Os participantes que interagiram com o robô “Ingrede” receberam um *link* que dava acesso opcional ao questionário “Ingrede – robô de conversação do IngRede” após aceitação do “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”.

Como você avalia a capacidade da Ingrede em responder suas perguntas?	
Sofrível	25,0%
Insuficiente	12,5%
Satisfatória	50,0%
Muito satisfatória	12,5%
Ótima	0,0%
TOTAL	100%

Fig. 3: Avaliação, em razão percentual, dos alunos participantes quanto à capacidade do robô de conversação “Ingrede” em responder suas perguntas. 25 estudantes voluntários participaram no período de 5 a 10 de mar. de 2012.

Aluno 3: “Por ser um curso virtual, mais destinado à leitura, fica faltando algo relacionado à conversação. Esse robô ameniza em muito esse problema”. [Março/2012]

O índice de cinquenta por cento (50%) de respostas satisfatórias (Fig. 3) ao desempenho da Ingrid em responder aos alunos indica que essa ferramenta pode e deve fazer parte do conjunto de meios de ajuda oferecidos aos alunos dentro da plataforma virtual de ensino e aprendizagem. Salienta-se ainda – vide depoimento do aluno 3 – que o robô parece ter funcionado também como um recurso alternativo de conversação online.

Uma terceira questão que surgiu é se tal ferramenta diminuiria o número de intervenções humanas na resolução de dúvidas que os alunos têm ao usarem a plataforma virtual de aprendizagem (o próprio sistema online), diminuindo consequentemente o tempo que os tutores humanos dedicavam a essa tarefa. A figura 4 abaixo aponta para uma resposta positiva. Isto é, o uso de uma ferramenta de tutoria automática promoveria uma diminuição das intervenções humana em uma plataforma de ensino e aprendizagem virtual online.

Nº de interações humanas em 2011			Nº de interações automáticas em 2012
Modalidade / Disciplina	Inglês Inst. I	Inglês Inst. II	Conversas estabelecidas com a Ingrid - um robô de conversação - entre 5 e 10 de março. (Respostas automáticas, instantâneas e simultâneas)
Por E-mails	800	300	
No ambiente virtual da disciplina Tira-dúvidas	2.924	1083	
Total de interações humanas: 5.107			Total de interações automáticas: 449
Média de interações humanas por dia: 14			Média de interações automáticas por dia: 74

Fig. 4: comparação entre os números, e suas respectivas médias, de interações humanas em 2011 e de interações automáticas (via *chatbot* Ingrid) no período de 5 a 10 de março de 2012, ambas ocorridas nos AVAs das disciplinas de Inglês Instrumental online do Projeto IngRede.

IV. CONCLUSÃO

A inserção e uso de um robô de conversação nas disciplinas online Inglês Instrumental I e II, desenvolvidas e mantidas pelo projeto IngRede, apontam para possíveis mudanças no modo de participação dos alunos nos respectivos Ambientes Virtuais de Aprendizagem. A possibilidade de interação automática e instantânea, isto é, em tempo real, com uma máquina de conversação especializada tem se mostrado não apenas eficaz, mas também um recurso atrator e motivador da participação dos alunos nas diversas tarefas propostas nos AVAs.

Soma-se a esse fato, e seguindo os pressupostos dos paradigmas do caos e da complexidade, que a configuração dessa ferramenta de mediação (ICALL¹⁵), em um primeiro momento, mostrou-se como um elemento estranho, criando um espaço atrator caótico no sistema complexo aberto (i.e. as disciplinas) e causando movimentos ou variações ao longo do tempo (curiosidade e questionamentos dos alunos) para, em um segundo momento, gerar uma nova fase de comportamento desse sistema (aceitação e motivação apresentadas por alguns alunos) ou uma co-adaptação, fazendo emergir, então, um novo SAC.

A partir dessas constatações, mais investigações se fazem necessárias: 1) comparações entre as interações dos alunos com os professores/tutores, entre os próprios alunos e entre os alunos e a ferramenta *chatbot*; 2) formação de categorias textuais de análise para uma aferição estatisticamente confiável e generalizável acerca da frequência das ocorrências linguísticas e de sua implicação para o processo de interação entre alunos e a plataforma de aprendizagem (AVA) como um todo. Após a obtenção desses e outros dados, será possível confirmar com mais precisão se a ferramenta *chatbot* se insere como um componente de influência positiva na construção e promoção de conhecimento linguístico pelos participantes de disciplinas online de língua estrangeira. Salienta-se ainda que tais dados possam servir também como uma evidência de que é possível um avanço não-linear da aprendizagem de uma comunidade (a turma), corroborando assim o princípio dos SACs - Sistemas Adaptativos Complexos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU SHAWAR, B.A.; ATWELL, E.S. Machine learning from dialogue corpora to generate chatbots. *Expert Update*, vol. 6, pp.25-30, 2003.
- BAR-YAM, Y. *Dynamics Of Complex Systems*. Addison-Wesley, 1997.
- GLEICK, J. *Making a new science*. Viking, 1987.
- GOERTZEL, B. *Chaotic Logic: Language, Thought, and Reality from the Perspective of Complex Systems Science*. Plenum Publishing Corporation, 1994.
- LARSEN-FREEMAN. Complexity science and second language acquisition. *Applied Linguistics*, Vol. 18, nº 2, Oxford University Press, 1997.
- LARSEN-FREEMAN, D.; CAMERON, L. *Complex systems and Applied linguistics*. Oxford University Press, 2008.
- RIBEIRO, V. G. *A pesquisa Qualitativa*. Faculdade Cenecista Nossa Senhora dos Anjos. Gravataí, 2009.

¹⁵ *Intelligent Computer-Assisted Language Learning*.

Disponível em: <http://pessoal.facensa.com.br/vinicius/>
Acesso em: 20 jun. 2010.

SADE, L. **Complexity and identity reconstruction in second language acquisition**: complexidade e reconstrução de identidade na aquisição de segunda língua. RBLA, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 515-537, 2009.

WALLACE, R. **The Elements of AIML Style. A.L.I.C.E.** Artificial Intelligence Foundation Inc. 2003.

VI. COPYRIGHT

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



TÉCNICAS DA PESQUISA OPERACIONAL NA AVALIAÇÃO DE DISTÚRBIOS VOCAIS EM DOCENTES

DIVANETE MARIA BITDINGER DE OLIVEIRA¹; MARIA TERESINHA ARNS STEINER²; DEISE MARIA BERTHOLDI COSTA¹

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; 2 – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
maria.steiner@pucpr.br

Resumo - O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia para a avaliação de distúrbios vocais em docentes, tomando por base dados de docentes de uma escola localizada no município de Curitiba, PR. Para tanto, foram analisados registros históricos de 100 docentes, cada um deles com 10 informações (atributos) e de suas respectivas classificações (sugestão para: aumentar, diminuir ou manter a carga horária, visando a saúde e bem-estar dos mesmos). Com a utilização do processo KDD (Knowledge Discovery in Databases ou Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados), primeiramente os atributos foram codificados e, em seguida, na etapa de Data Mining (ou Mineração de Dados), foram utilizadas duas técnicas para o Reconhecimento de Padrões. Estas técnicas, Redes Neurais Artificiais (RNAs) e da Função Discriminante Linear de Fisher (FDLF), tiveram as suas acurácias comparadas, apresentando 91,35% e 72,12%, respectivamente. Desta forma, a especialista (fonoaudióloga da escola) terá um respaldo adicional, através das RNAs para o problema aqui analisado, para o seu diagnóstico quanto a classificação de novos padrões (docentes).

Palavras-chave: Processo KDD, Mineração de Dados, Redes Neurais Artificiais, Função Discriminante Linear de Fisher.

I. INTRODUÇÃO

A saúde pode ser entendida como o estado dinâmico de equilíbrio entre os seres humanos e o seu meio físico, biológico e social, compatível com as atividades funcionais. A saúde no trabalho, de forma análoga, é um estado de equilíbrio entre o trabalhador e os meios de produção com os quais ele interage (PACHECO *et al.*, 2005).

Segundo Rua *et al.*, 2010, são muitos os trabalhos que exigem ritmo acelerado, horas extras não remuneradas, pressão hierárquica, instabilidade no emprego, uso excessivo da voz, dentre outros, provocando fadiga, sofrimento mental, estresse, desmotivação, anulando a capacidade de raciocínio e de criatividade do trabalhador.

A voz é um importante instrumento de comunicação e, para os docentes, ocupa lugar de destaque, já que influencia a relação entre o professor e os alunos. Segundo Jardim (2006), várias pesquisas têm mostrado prevalência de disfonia em professores. Esses resultados reforçam a necessidade de melhorias nas condições ambientais e organizacionais das escolas, além da análise de fatores externos as mesmas.

Existem muitos fatores de risco para a voz, para os quais os docentes estão suscetíveis, dentre os quais se podem destacar os seguintes: a não hidratação do organismo e falar em ambientes secos e empoeirados; falar com

ataques vocais bruscos; tossir excessivamente ou pigarrear; falar em ambientes ruidosos ou abertos (competição vocal); utilizar tom grave ou agudo demais; falar excessivamente durante quadros gripais ou crises alérgicas; dentre outros.

Assim, a orientação preventiva sob supervisão médica e fonoaudiológica se tornam fatores imprescindíveis para a saúde vocal dos docentes. Além disso, as atividades mais indicadas para quem utiliza a voz profissionalmente são, dentre outras, a natação, caminhadas, ginástica sem impacto, exercícios de alongamento e ioga, onde não há nenhuma movimentação violenta que causaria tensão muscular nas regiões do pescoço, ombro, tórax e costas.

O objetivo principal desse trabalho é encontrar uma técnica capaz de classificar o grau de distúrbio vocal de um docente com a maior precisão possível, a partir de dados coletados de docentes já preliminarmente classificados. Deste modo, ter-se-á um respaldo adicional ao diagnóstico da especialista na área, no caso, a fonoaudióloga, em cumprir para com o interesse da escola de prevenir e/ou detectar precocemente possíveis disfonias em seus docentes.

Buscando alcançar esse objetivo, foram utilizadas duas técnicas já bastante consagradas na literatura, as Redes Neurais Artificiais (RNAs) e a Função Discriminante Linear de Fisher (FDLF), com a intenção de comparar seus resultados, verificando qual elas oferece o menor percentual de erros, ou seja, a que apresenta o melhor desempenho em realizar tal classificação.

II. ASPECTOS GERAIS SOBRE A FONOAUDIOLOGIA

O objetivo da fonoaudiologia é a manutenção ou o retorno a uma função vocal normal, e para isto todas as causas devem ser analisadas. Segundo Behlau e Pontes (1995), a voz é produzida na laringe que, por sua vez, é constituída por pregas vocais; assim, ao inspirar, o ar entra nos pulmões e as pregas vocais se afastam e ao expirar, o ar sai dos pulmões e, passando pela laringe, põem em vibração as pregas vocais.

Nesse momento, é produzido um som de pequena intensidade que vai ser amplificado nas cavidades de ressonância (laringe, faringe, boca e nariz) e se transformando nos diversos sons da fala através dos movimentos dos órgãos miofuncionais (boca, língua, lábios, bochechas, mandíbula, dentes e palato). Assim sendo, para que o som seja produzido com boa qualidade, há necessidade da integridade dos sistemas respiratório e

digestivo, assim como de toda musculatura envolvente neste processo.

Além destes aspectos, a carga afetiva também influencia na alteração da voz e, deste modo, cada pessoa possui uma qualidade vocal individual e, portanto, algumas pessoas são mais suscetíveis às disfonias do que outras. A voz é adquirida e vai se formando através de nosso crescimento físico e emocional. Segundo Pinho (1997), muitos profissionais utilizam a voz de forma inadequada em sua profissão, podendo danificar os tecidos da laringe e produzir um distúrbio vocal. Por isso, orientações sobre o mecanismo de produção da voz, noções de higiene e técnica vocal são indispensáveis para auxiliar esses profissionais na manutenção da qualidade da própria voz.

Dessa forma, é importante determinar o comportamento vocal do professor, as situações de abuso vocal e os possíveis agentes prejudiciais à voz, assim como a influência de fatores psicológicos e de estresse, pois todos esses dados são importantes para a orientação e o tratamento das alterações vocais.

III. COLETA DE DADOS

Os dados utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidos junto a uma instituição de ensino da cidade de Curitiba, PR, cuja fonoaudióloga forneceu os critérios de 100 docentes, já avaliados e, consequentemente, já classificados. O objetivo da escola é de, através da análise dos dados de cada docente, determinar o seu grau de distúrbio, podendo sugerir a carga horária que lhe será mais adequada.

No quadro 1, mais adiante, têm-se os 10 critérios e suas respectivas variáveis, utilizados pela escola para a classificação da gravidade de distúrbios vocais de seus docentes. A pontuação contida na terceira coluna deste quadro 1, definida pela fonoaudióloga da escola, varia de zero (menor impacto sobre a voz) até 7 (maior impacto). A forma atual utilizada pela fonoaudióloga para a classificação do distúrbio vocal do docente, apresentada no quadro 2, é de acordo com a soma acumulada pela pontuação.

A fim de se tentar obter um desempenho mais apurado das técnicas utilizadas (RNAs e FDLF), os critérios contidos no quadro 1 foram tratados de duas formas. Na primeira, os 10 critérios definem as “entradas” para as técnicas, cujos valores estarão variando de 0 a 7; na segunda, as variáveis são, primeiramente, transformadas em coordenadas binárias que formarão, então, as “entradas” para as técnicas, conforme dados ilustrativos de um exemplo contidos na quarta coluna do quadro 1. Assim, se o docente possui “tempo de docência” (critério 8) “de até 5 anos ou acima de 20 anos”, ele terá uma pontuação igual a “2” como entrada para o primeiro caso; já para o segundo caso, ele terá uma entrada igual a “1”.

Já com relação às saídas (“valores desejados” ou grupos ou classes, na aplicação de ambas as técnicas, RNAs e FDLF), apresentadas no quadro 2, trabalhou-se de diversas formas, visando o melhor desempenho possível para as mesmas.

Tais formas estão detalhadas a seguir:

- apenas uma saída pertencente ao intervalo (0; 1). Neste caso, os padrões pertencentes ao grupo 1 (“caso leve”), deverão ter uma saída

pertencente ao intervalo (0; 0,25); ao grupo 2 (“caso leve a moderado”), saída no intervalo [0,25; 0,5); ao grupo 3 (“caso moderado”), saída no intervalo [0,5; 0,75) e ao grupo 4 (“caso grave”), saída no intervalo [0,75; 1);

- da mesma forma, com apenas uma saída pertencente ao intervalo (0; 1), mas com diferente interpretação. Neste caso, a saída contida no intervalo de (0; 0,5), indicará que o docente se enquadra em um dos quatro grupos e a saída contida no intervalo de [0,5; 1), que se enquadra nos demais três grupos. Neste caso, ambas as técnicas deverão ser aplicadas quatro vezes, uma para cada grupo de classificação. Posteriormente, ao se testar um novo padrão, o mesmo deverá ser testado quatro vezes (uma vez para cada grupo) e pertencerá ao grupo que fornecer o maior valor (o mais próximo de “1”);

- análoga ao caso 2 anterior, mas com duas saídas. Neste caso, a saída (1 0) indicará que o docente se enquadra em um dos quatro grupos e a saída (0 1), que se enquadra nos demais três grupos;

- com quatro saídas. Já neste último caso, os padrões pertencentes ao grupo 1 deverão ter uma saída do tipo (1 0 0 0); ao grupo 2, (0 1 0 0); ao grupo 3, (0 0 1 0) e ao grupo 4, (0 0 0 1).

IV. METODOLOGIA

Com a finalidade de analisar, discriminar e classificar esses dados foi aqui utilizado o processo *KDD* (*Konowledge Discovery in Databases*, ou seja, Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados) que, segundo Fayyad *et al.* (1996), é composto de cinco etapas: seleção dos dados; pré-processamento e limpeza dos dados; transformação dos dados; Mineração de Dados (*Data Mining* ou reconhecimento de padrões - principal etapa do processo *KDD*); interpretação e avaliação dos resultados, conforme figura 1.

Quadro 1 - Critérios (Atributos) e suas respectivas variáveis utilizadas pela escola.

Critério	Variáveis	Pontuação para as Variáveis	Variáveis com codificação binária
1. Fatores de risco	1. Ausentes	0	0
	2. RGE / ou suspeita de RGE	3	1
	3. Atopia / ou suspeita de atopia	3	1
	4. Tabagismo	3	0
2. Medidas de Prevenção: aquecimento vocal e ingestão de água	5. Cumpre os 2	0	0
	6. Cumpre só 1	1	1
	7. Cumpre nenhum	2	0
	8. Não necessita / Alta fonoterápica	0	0
3. Fonoterapia	9. Realiza regularmente	1	1
	10. Interrupção / Realiza irregularmente	3	0
	11. Não realiza, apesar da indicação	5	0
4. Sintomas vocais	12. Ausentes	0	1
	13. Não associados a patologia	3	0
	14. Associados a patologia	5	0
5. Patologia	15. Ausente	0	0
	16. Adquirida	3	1
	17. Congênita	5	0
	18. Não necessita	0	1
6. Cirurgia	19. Indicada, mas não realizada	4	0
	20. Realizada há menos de um ano	3	0
	21. Realizada há mais de um ano	2	0
	22. até 25 horas/aula	1	0
7. Carga horária total atual (semanal)	23. de 26 a 35 h/a	2	1
	24. de 36 a 45 h/a	4	0
	25. de 46 a 55 h/a	5	0
	Acima de 55 h/a	7	0
8. Tempo de docência	26. Até 5 anos ou acima de 20	2	1
	27. 6 a 19 anos	1	0
	Não	0	1
9. Outra profissão da voz – não docente (exemplo: cantor)	Uso profissional da voz esporádico	1	0
	Uso profissional da voz frequente	4	0
	28. Sim	0	1
10. Uso de microfone	29. Não	1	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2 - Pontuação utilizada pela escola (classificação atual)

Pontuação	Classificação	Sugestão de carga horária
0 a 10	Caso leve	Aumentar até 10 h/a
11 a 15	Caso leve a moderado	Aumentar até 5 h/a
16 a 25	Caso moderado	Manter carga horária
26 ou mais	Caso grave	Reduzir carga horária

Fonte: Dados da pesquisa.

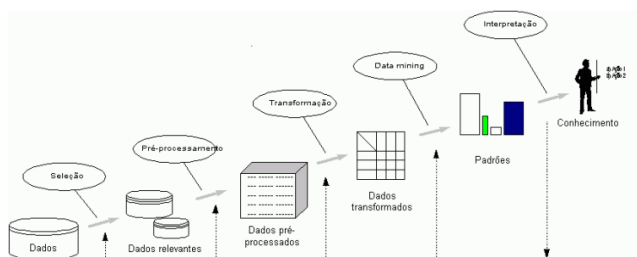


Figura 1 - Etapas do Processo KDD. Fonte : Fayyad *et al.*, 1996.

Segundo Lemos, Steiner e Nievola (2005), o processo de KDD começa com o entendimento do domínio da aplicação e dos objetivos finais a serem atingidos. A partir dessa etapa, os dados são selecionados de acordo com os critérios definidos; na etapa de pré-processamento ou limpeza dos dados, são removidas as informações julgadas desnecessárias. Os dados pré-processados devem ainda passar por uma transformação que os armazena adequadamente, facilitando o uso das técnicas de *Data Mining*. Para o presente trabalho, as três primeiras etapas do processo KDD já foram detalhadas na seção 3 anterior, onde já se realizou a seleção e a limpeza dos dados, assim com a sua codificação (binária).

Após estas etapas chega-se à fase de *Data Mining*, que começa com a escolha das ferramentas (algoritmos) a serem utilizadas, escolha essa que depende fundamentalmente do objetivo do processo de KDD: classificação, agrupamento, associação ou outras dos padrões. Essas ferramentas deverão procurar por padrões no comportamento dos dados.

Como o presente trabalho objetiva a classificação de padrões, na etapa de *Data Mining* foram utilizadas duas técnicas, conforme já comentado: a FDLF e as RNAs. Estas duas técnicas tiveram seus desempenhos comparados, com o objetivo de se utilizar, a técnica com melhor acurácia para a classificação de novos padrões.

Ao final do processo, o sistema de *Data Mining* gera um relatório das descobertas, que será interpretado pelos analistas, no caso a fonoaudióloga da escola; após essa interpretação é que se encontra conhecimento. Vale salientar que a utilização de tais técnicas tem por objetivo fornecer um respaldo adicional aos especialistas das mais diversas áreas, detentores de toda a experiência e intuição.

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS (RNA)

Baseado nos estudos do cérebro, nas ideias de redes de neurônios e nos modelos dos neurônios, foram propostas as estruturas de redes neurais, ou redes de neurônios artificiais. No entanto, uma RNA pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento, enquanto o cérebro de um mamífero possui bilhões de neurônios (OLIVEIRA, 2002).

Segundo Tonsig (2000), as primeiras informações sobre neurocomputação surgiram em 1943, em artigos do neurofisiologista Warren McCulloch, do Instituto Tecnológico de Massachusetts e do matemático Walter Pitts, da Universidade de Illinois. Ambos fizeram uma analogia entre células nervosas vivas e o processo eletrônico, simulando o comportamento do neurônio natural, no qual o neurônio possuía apenas uma saída, que era uma função da soma de valor de suas diversas entradas, conforme ilustrado na figura 2.

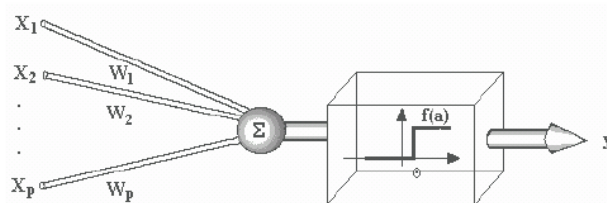


Figura 2 - Neurônio Artificial projetado por MCCulloch e Pitts. Fonte: Tonsig, 2000.

Na figura 2, o vetor x representa um conjunto de p entradas, que multiplicado por um vetor peso w nos fornece o produto $p = x w$, aplicado aos canais de entrada do neurônio. A função de ativação, $F(x)$, que produz o sinal de saída y do neurônio (binária ou contínua) é dada pela expressão (1):

$$y = F\left(\sum_{i=0}^p x_i w_i\right), \text{ para } x_0 = 1 \text{ e } w_0 = \theta \quad (1)$$

onde o parâmetro θ é o bias ou vício, que aumenta o número de graus de liberdade disponíveis no modelo, permitindo que a RNA tenha maior capacidade de se ajustar ao conhecimento a ela fornecido.

Todo o conhecimento de uma RNA está armazenado nas sinapses que são os pesos atribuídos às conexões entre os neurônios. Segundo Tatibana e Kaetsu (2009), 50 a 90% do total de padrões deve ser separado para o treinamento da RNA, escolhidos aleatoriamente para que a rede realmente "aprenda" as regras. O restante dos dados só é apresentado à RNA na fase de testes, a fim de averiguar a capacidade de generalização da rede, ou seja, o quanto a rede, de fato, "aprendeu".

Ainda segundo Tatibana e Kaetsu (2009), existem seis passos necessários para o desenvolvimento de aplicações utilizando RNAs. Os dois primeiros passos do processo para o treinamento de RNAs são, conforme já comentado, a coleta de dados relativos ao problema e a sua separação em um conjunto de treinamento e um conjunto de testes.

O terceiro passo é a definição da configuração da rede, que pode ser dividida em três etapas: seleção do paradigma neural apropriado à aplicação, determinação da topologia da rede a ser utilizada - o número de camadas e o número de unidades em cada camada - e a determinação de parâmetros do algoritmo de treinamento e funções de ativação. Este passo tem um grande impacto no desempenho do sistema resultante.

O quarto passo é o treinamento da rede. Nesta fase serão ajustados os pesos das conexões, onde geralmente, seus valores iniciais são números aleatórios uniformemente distribuídos, em um intervalo definido. Uma escolha adequada dos valores iniciais dos pesos da rede pode diminuir o tempo necessário para o treinamento; por outro

lado, a escolha errada destes pesos pode levar a uma saturação prematura.

O treinamento deve ser interrompido quando a rede apresentar uma capacidade apropriada de generalização e quando a taxa de erro for suficientemente pequena, ou seja, menor que um erro admissível. Assim, deve-se encontrar um ponto ótimo de parada com erro mínimo e capacidade de generalização máxima.

O quinto passo é o teste da rede, onde o seu desempenho é uma boa indicação de seu desempenho real. Durante esta fase, o conjunto de teste é utilizado para determinar o desempenho da rede com padrões que não foram utilizados durante o treinamento. Finalmente, com a rede treinada e avaliada (testada), pode-se integrá-la em um sistema do ambiente operacional da aplicação. Esse é o sexto passo, integração.

São muitos os modelos de RNAs, dentre os quais pode-se citar: o Perceptron, Redes Lineares e Redes de Múltiplas Camadas, que são as mais comuns, e outras como Redes de Base Radial, Redes Recorrentes, Redes de Hopfield, Redes de Kohonen e Redes Construtivas. O modelo que foi utilizado neste trabalho foi o das Redes de Múltiplas Camadas.

As Redes de Múltiplas Camadas ou, também chamadas, Redes *Feed-Forward* (alimentadas para a frente), formam um sistema artificial composto de células elementares – neurônios – organizadas em camadas sucessivas que são conectadas entre si. Elas foram criadas generalizando a regra de aprendizagem de Windrow-Hoff para redes de múltiplas camadas e funções de transferência diferenciáveis não-lineares. Podem ser treinadas com o algoritmo de treinamento *back-propagation*, dividido em duas fases: as propagações *forward* e *backward*, sendo que os vetores de entrada e saída são usados para treinar a rede até que ela possa aproximar uma função que classifique os vetores de entrada de maneira apropriada.

Essas redes frequentemente usam função de transferência sigmoideal, que gera saídas no intervalo (0, 1) para entradas variando no intervalo $(-\infty, +\infty)$ e, em geral, possuem três camadas: a camada de entrada, onde os padrões são apresentados à rede; a camada intermediária ou oculta, onde é realizado o processamento, e a camada de saída, que apresenta os valores de saídas da rede.

Cada uma destas camadas é totalmente conectada à camada seguinte e à anterior. O sinal que chega à camada de entrada se propaga, camada a camada, até a saída. Os valores de saída para cada um dos padrões são comparados com os valores desejados para os padrões e o erro E é calculado. Com base no valor do erro, os pesos da rede são ajustados.

Dessa forma, os parâmetros que caracterizam uma rede multicamada são os seguintes: número de camadas, número de neurônios por camada, escolha dos valores iniciais para as conexões (pesos), tipo de funções de ativação dos neurônios e valores iniciais aos parâmetros α (taxa de momento) e γ (taxa de aprendizagem), assim como a forma de ajuste destes dois parâmetros.

A propriedade mais importante das RNAs é a habilidade de aprender a partir de seu ambiente e, com isso, melhorar o seu desempenho. Modelos de RNAs podem lidar com dados imprecisos e situações não totalmente definidas. Uma rede treinada tem a habilidade de generalizar quando é

apresentada à entradas que não estavam presentes nos dados já conhecidos por ela.

FUNÇÃO DISCRIMINANTE LINEAR DE FISHER (FDLF)

O método estatístico abordado nesse trabalho, a FDLF, pode ser apresentado da seguinte forma: dadas duas populações de observações multivariadas com uma certa dimensão n , a idéia de Fisher foi transformar estas observações multivariadas em observações univariadas tal que estejam separadas tanto quanto possível. Deve-se determinar variáveis que melhor discriminem esses grupos, utilizando essas variáveis para criar funções discriminantes que serão utilizadas para alocar novos indivíduos, objetos ou observações no grupo mais adequado (a função discriminante otimiza a alocação de novos padrões). Outro fator importante é que esse método é de fácil cálculo, pois utiliza a combinação linear das observações multivariadas para criar as observações univariadas.

Segundo Johnson e Wichern (1998), foi Ronald A. Fisher que introduziu a terminologia "discriminar" e "classificar" no primeiro tratamento moderno dos problemas de separação de conjuntos na década de 30. O objetivo básico do método de Fisher é separar populações, além de também poder ser usado com o propósito de classificar. Esse método pode ser usado tanto para duas populações quanto para diversas populações.

V. RESULTADOS

De cada docente (padrão) foram obtidas as 10 informações (critérios) contidas no quadro 1 e, a partir destas, 33 variáveis (2ª. coluna do quadro 1). Dentre os 100 docentes, nenhum apresentou o critério 9 ("outra profissão da voz – não docente"), nem o critério 7 ("acima de 55 h/a") e, deste modo, os mesmos foram retirados. Desta forma, têm-se nove critérios e 29 variáveis.

Os algoritmos (RNA e FDLF) foram programados no *MATLAB* e, em ambas as técnicas foi utilizado o procedimento de avaliação *holdout*, que separa dois terços dos dados para o treinamento das técnicas e um terço para os testes das técnicas. Além disso, a amostragem foi estratificada, assegurando que cada grupo seria representado de forma proporcional nos dois conjuntos de dados (treinamento e teste).

Ao mesmo tempo, com a finalidade de avaliar as técnicas utilizadas, calculou-se a Taxa Aparente de Erro (APER) para cada um dos resultados apresentados. Segundo Mendes, Fiúza e Steiner (2010), essa taxa é definida como sendo a fração das observações no treinamento amostral referente ao reconhecimento errôneo pela função obtida, e deve ser interpretada como a proporção de observações classificadas incorretamente. Essa taxa é calculada pela Matriz de Confusão que apresenta a situação real das observações nos grupos comparando-a com o reconhecimento apresentado pelo modelo encontrado.

Para o treinamento das RNAs foi utilizando o algoritmo *back-propagation* e foram desenvolvidas oito redes, alterando o nº de neurônios das camadas de entrada, escondida e de saída. Serviu-se apenas de uma camada escondida, pois segundo o Teorema de Kolmogorov (KRÖSE e VAN DER SMAGT, 1993), uma RNA com

apenas uma camada oculta pode calcular uma função arbitrária qualquer a partir dos dados fornecidos.

Foram utilizados dois tipos de entradas: nove entradas, referente aos nove critérios e 29 entradas, que se referem às variáveis; redes de uma saída, duas saídas e quatro saídas (conforme já explicitado na seção anterior) e, a camada oculta com número de neurônios variando de zero a 20 neurônios, tendo-se assim quatro testes (testes de I a IV no quadro 3 a seguir).

O treinamento da FDLF foi feito de forma semelhante. Neste caso, foram desenvolvidos dois programas, um para o caso de duas amostras (dois grupos a serem discriminados) e outro para mais de três amostras (utilizado para o caso de discriminação dos quatro grupos). Desta forma, foram realizados aqui, dois testes (testes V e VI no quadro 3).

Em ambas as técnicas, os melhores resultados foram encontrados no caso de se ter dois grupos a serem discriminados, conforme se pode observar no teste IV para as RNA e teste VI para a FDLF, no quadro 3. Esse quadro mostra os melhores resultados de todos os treinamentos realizados, especificando a topologia, as classes, o número de neurônios nas camadas de entrada, escondida e de saída, e o percentual de acerto em cada simulação.

Quadro 3 - Melhores Resultados obtidos através das duas técnicas utilizadas.

TÉCNICA	TESTE	CLASSES	NEURÔNIOS			% DE ACERTO
			ENTRADA	OCULTA	SAÍDA	
RNAs	I	1; 2; 3; 4	29	6	1	75
	II	1; 2; 3; 4	9	16	4	60,71
	III	1 e 2,3,4	9	16	1	96,15
	III	2 e 1,3,4	29	12	1	88,46
	III	3 e 1,2,4	29	7, 9, 15	1	57,69
	III	4 e 1,2,3	9	0	1	92,31
	IV	1 e 2,3,4	29	0	2	100
	IV	2 e 1,3,4	9	5	2	96,15
	IV	3 e 1,2,4	9	12	2	80,77
	IV	4 e 1,2,3	9 e 29	4, 10, 11, 13, 18, 19, 20 e 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 17, 18	2	88,46
FDLF	V	1; 2; 3; 4	9	-	4	57,14
	VI	1 e 2,3,4	9	-	2	84,62
	VI	2 e 1,3,4	9	-	2	53,85
	VI	3 e 1,2,4	9	-	2	69,23
	VI	4 e 1,2,3	9	-	2	80,77

Fonte: as autoras.

VI. CONCLUSÕES

Como se pode observar no quadro 3, as RNAs e a FDLF apresentaram um melhor desempenho nos testes IV e VI, respectivamente, ou seja, ao se ter dois conjuntos a serem discriminados. Conforme já mencionado, estes dois testes foram realizados em quatro etapas: 1) separou-se os padrões em dois grupos (um grupo contendo os padrões da 1ª. classe (“Caso Leve”) e o outro contendo os padrões das demais três classes, 2ª., 3ª. e 4ª. classes); 2) em seguida, separou-se novamente os padrões em dois grupos (um contendo os padrões da 2ª. classe (“Caso Leve a Moderado”) e o outro contendo os padrões das demais três classes, 1ª., 3ª. e 4ª. Classes. E assim procedeu-se para as outras duas etapas.

Para cada uma destas quatro situações do teste IV (RNA; melhores resultados dentre as duas técnicas abordadas), os pesos foram devidamente registrados. Assim, ao se apresentar um novo padrão (docente) com as suas respectivas 29 variáveis devidamente codificadas, teremos que avaliar cada uma destas quatro situações para este docente, verificando em qual delas o seu percentual será

maior. Tal situação, que fornecer o maior percentual será, então, a classe deste novo padrão. A acurácia média será de 91,35%, obtido pela média das acurácias do teste IV do quadro 3.

Como esses resultados do quadro 3 foram satisfatórios conclui-se que as técnicas aqui apresentadas podem ser utilizadas com segurança pela fonoaudióloga da escola, auxiliando a mesma na classificação dos docentes quanto aos distúrbios vocais. Assim, tem-se um respaldo adicional quanto a decisão/sugestão se os docentes poderão aumentar, manter ou diminuir sua carga horária de trabalho.

Pode-se tornar este estudo, em um trabalho futuro, mais abrangente, realizando a avaliação dos riscos do uso da voz na ação profissional como um todo, não só para o âmbito da docência.

VII. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a instituição de ensino pelo fornecimento dos dados e pelo interesse no desenvolvimento deste trabalho, em especial, à fonoaudióloga Sônia Maria Arns Guimarães; ao Dr. José Francisco Klas, à Dra. Silvana Maria S. Matias e à Dra. Tânia Mary Hoehne.

VIII. REFERÊNCIAS

- BEHLAU, M. e PONTES, P. Avaliação e Tratamento das Disfonias. São Paulo, SP: Lovise, 1995.
- FAYYAD, U.M.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P.; UTHURUSAMY, R. Advances in Knowledge Discovery & Data Mining. AAAI/MIT, 1996.
- JARDIM, R. Voz, trabalho docente e qualidade de vida. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública), UFMG, Belo Horizonte, 2006.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey, Prentice-Hall, inc., 1998.
- KRÖSE, B. J. A.; VAN DER SMAGT, P. P. An Introduction to Neural Networks. Amsterdam, University of Amsterdam, 1993.
- LEMOES, E. P.; STEINER, M. T. A.; NIEVOLA, J. C. Análise de Crédito Bancário por meio de Redes Neurais e Árvores de Decisão: uma aplicação simples de Data Mining. RAUSP – **Revista de Administração da USP**; v. 40, n. 3, p.225-34, 2005.
- MENDES, K. B.; FIUZA, R. M.; STEINER, M. T. A. Diagnosis of Headache using Artificial Neural Networks. **International Journal of Computer Science and Network Security**, v. 10, n. 7, p. 172-178, 2010.
- OLIVEIRA, C. Redes Neurais. Disponível em <http://www.lem.ep.usp.br/Pef411/~Cristiano%20Oliveira/CristianoOliveira/Paginas/RedesNeurais.htm>. Acesso em 29 de dezembro de 2009. São Paulo, SP: 2002.
- PACHECO, W.; PEREIRA JR, C.; PEREIRA, V.L.S.V.; PEREIRA FILHO, H.V. A Era da Tecnologia da Informação e Comunicação e a Saúde do Trabalhador. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 3, n. 2, p. 114-122, 2005.
- PINHO, S. M. R. Manual de higiene vocal para profissionais da voz. Carapicuíba, SP: Pró-Fono, 1997.
- RUA, M. P. A.; MACEDO, R. B.; SELEME, V. B.; CERQUEIRA, M. L. W. Transtornos Traumáticos Cumulativos em Bancários. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 8, n. 2, p. 60-67, 2010.

TATIBANA, C. Y; KAETSU, D. Y. Uma Introdução às Redes Neurais. Disponível em <http://www.din.uem.br/~ia/neurais/>. Acesso em: 25 de maio de 2009.

TONSIG, S. L. Redes Neurais Artificiais Multicamadas e o Algoritmo Backpropagation. 2000. Disponível em <http://funk.on.br/esantos/doutorado/INTELIG%CANCIA%20ARTIFICIAL/T%C9CNICAS/REDES%20NEURAS/Redes%20Neurais%20Artificiais%20Multicamadas/Backp.PDF>. Acesso em 15 de junho de 2010.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: As autoras são as únicas responsáveis pelo material incluído no artigo.



INTEGRANDO ENGENHARIA ELÉTRICA E DESIGN – SENDES/UFPE

SÍLVIO DINIZ DE LOURENÇO JUNIOR^{1,2}; HEITOR SCALMBRINI COSTA^{1,3};
ALBERES VASCONCELOS CAVALCANTI^{1,2}.

1 – LABORATÓRIO SENDES – SOLUÇÕES EM ENERGIA E DESIGN,
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO; 2- NÚCLEO DE DESIGN
CAA/UFPE; 3 – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, UFPE.

e-mail: sjrdiniz@ufpe.br

Resumo - Este artigo descreve a experiência de professores e técnicos que criaram, no Curso de Design do Campus de Caruaru - Universidade Federal de Pernambuco, uma abordagem interdisciplinar de ensino e pesquisa, envolvendo Design e Engenharia e introduzindo novos conceitos e práticas para a melhoria da eficiência no uso de materiais, processos e de novas fontes de energia.

Palavras-chave: Engenharia, Design, Ensino.

I. INTRODUÇÃO

A publicação dos relatórios do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (em inglês, IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) confirmou que o aquecimento global não é apenas um processo cíclico da natureza de aquecimento/esfriamento, mas sim consequência das ações humanas que têm contribuído significativamente para o aumento das emissões de CO₂ (dióxido de carbono), CH₄, (gás metano) além de outros gases. Estes gases, denominados GEE (Gases de Efeito Estufa), são produzidos devido ao uso intensivo dos combustíveis fósseis, as práticas e tipos de agricultura adotada, aos desmatamentos e queimadas desregradas nas florestas e ao consumo crescente de energia elétrica nas cidades.

É necessário ter consciência de que o desenvolvimento urbano deve implicar na preservação máxima do ambiente natural, e que envolve uma série de soluções nas várias atividades e setores, para que se tenham condições de qualidade ambiental. Hoje 80% da população mundial se concentram nas cidades, onde ocorrem 75% do consumo energético mundial, e se verifica os maiores níveis de desperdícios, de emissões, e de produção de resíduos.

A preocupação com o planeta, em nível local e mundial, é hoje uma necessidade. Algumas das decisões que as sociedades vão precisar tomar dependerão de uma solidariedade global. Decisões e atitudes, principalmente de como adaptar as mudanças já em curso, são de caráter regional, local e até individual. Mas, de qualquer maneira, tem-se que enfrentar o assunto de mudanças climáticas com ações sensatas e rápidas, ou falhar como outras sociedades falharam no passado.

É neste contexto que se discute o papel do profissional de Design frente às questões sociais, ambientais e tecnológicas da sociedade moderna. Historicamente, com a implantação do primeiro curso superior de Design no Brasil

na década de 50, adotou-se a expressão “desenhista industrial” para designar o profissional que desenha, esboça e projeta algo que pode ser reproduzido em escala industrial. Naquela época era proibido designar cursos em universidades nacionais utilizando palavras estrangeiras. Mesmo mantendo em uso atualmente “desenhista industrial”, o termo inglês “designer” é utilizado para o profissional que trabalha na área de Design. Hoje existem mais de 100 cursos de Design no Brasil, sendo onze bacharelados no Nordeste (sediados em suas capitais, com a exceção de Campina Grande - PB e Caruaru -PE), e seis Cursos em funcionamento na região Norte. Os demais estão espalhados no País, concentrados na região Sul e Sudeste.

Nos dias atuais o conceito de ECODESIGN, termo usado de forma crescente se baseia na redução do uso de recursos não renováveis em projetos de lugares, produtos e serviços, minimizando assim o impacto ambiental. Os princípios que norteiam este conceito estão expressos na: escolha de materiais de baixo impacto ambiental: menos poluentes, não-tóxicos ou de produção sustentável ou reciclado; eficiência energética utilizando fontes de energia renovável e processos de fabricação e consumo com menos energia; de qualidade e durabilidade com produtos que tenham longa vida útil e funcionem melhor a fim de gerar menos lixo; e soluções a partir da reutilização ou reaproveitamento de materiais.

Portanto, associado a estas preocupações universais, um grupo de profissionais do Curso de Design do Campus de Caruaru da Universidade Federal de Pernambuco, criaram uma área de abordagem interdisciplinar, em Design e Engenharia. Com a introdução de conceitos e práticas de efficientização e de utilização de novas fontes de geração de energia elétrica, objetivando introduzir práticas didático-pedagógicas que aliem a inovação tecnológica às soluções do designer. Neste artigo é relatada a experiência, em início de atividades, do grupo SENDES-Soluções em Energia e Design nas atividades de ensino, pesquisa e extensão.

II. BREVE CARACTERIZAÇÃO DO CURSO DE DESIGN DA UFPE-CAMPUS CARUARU

- Histórico

O Curso de Design no Campus de Caruaru da Universidade Federal de Pernambuco foi criado oficialmente em 2005, iniciando suas atividades no primeiro semestre de 2006. O Curso em Design oferece ênfases em

Design de Moda, Design de Produto e Design Gráfico. A titulação conferida é a de Bacharel em Designer, com ênfase na área do trabalho de conclusão do curso. Com periodicidade semestral, o ingresso é feito via vestibular. Atualmente são oferecidas 80 vagas para cada semestre (40 diurna e 40 noturna), e a duração do Curso é de 4 anos: 8 semestres.

- Projeto Pedagógico

A formação preconizada pelo Curso para o designer é pluridisciplinar, centrada no desenvolvimento da criatividade, da autonomia, da flexibilidade e da polivalência, condições necessárias ao exercício da atividade em equipes multidisciplinares ou isoladamente. O curso prevê a formação de um profissional generalista, altamente capacitado, com condições de atuar nas suas ênfases (produto, gráfico e moda) e embasado na prática projetual, suporte fundamental do “fazer” do designer. Tal prática conjuga a inovação e a subjetividade do processo de criação, o domínio dos mecanismos de projeto e do conhecimento dos materiais e processos, além de estabelecer uma estreita relação com os setores produtivos, externos ao meio teórico.

Os fundamentos da teoria do Design baseiam-se no fato de que é em sua natureza uma área interdisciplinar e integrativa. O caráter integrativo encontra-se na interseção dos diversos campos do saber tais como: ciências sociais, ciências humanas, ciências biológicas, ciências da saúde, ciências exatas, entre outras. O designer hoje tem um novo papel nas mudanças da sociedade, pois possui a responsabilidade em gerar novos artefatos inteligentes, com consciência ambiental e conseqüentemente influenciando positivamente nas transformações desta sociedade.

No curso de Design suas ênfases são desenvolvidas de forma integrada ao longo dos oito semestres do curso, a partir de grupos de estudo teóricos e teórico-práticos compartilhadas, com o objetivo de formar um designer integralista que possa facilmente transitar entre as ênfases do curso.

- Organização Curricular

O Currículo do Curso de Design abrange uma seqüência de grupos de estudo e atividades de caráter obrigatório e de caráter eletivo, distribuídos ao longo do curso. Os componentes curriculares ou grupos de estudo propostos contemplam quatro eixos de conhecimento: Design e Sociedade, que aborda o estudo das relações com a comunidade sob a ótica da antropologia, da sociologia, da economia, da informação; Design e Ciência, que trata dos sistemas de utilização e aborda o estudo das relações sujeito-objeto sob a ótica da psicologia, ergonomia, biologia, física; Design e Tecnologia, que trata dos sistemas de produção e de representação e abordam os estudos das tecnologias de materiais, métodos de produção, inovação e representação; e, Design e Estética, que trata dos sistemas de configuração e aborda o estudo da forma sob aspectos artísticos e filosóficos.

Os trabalhos de cada componente curricular são orientados a problemas de Design, e os conhecimentos necessários à prática profissional são trabalhados de acordo com os problemas estudados. Devido ao enfoque dado, estes grupos de estudo reúnem um corpo de conhecimento que pode envolver um ou mais docentes, necessários à resolução do problema proposto naquele semestre. O problema

estudado não será fixo, podendo ser retirado ou acrescentado outro, de acordo com as propostas e sugestões, ou conhecimento dos docentes, permitindo uma maior flexibilidade e agilidade na estrutura curricular.

A organização curricular do Curso de Design divide-se, conceitualmente, no Ciclo Básico que abrange um semestre com componentes curriculares de nivelamento das linguagens, e dois semestres que compreendem os fundamentos do Design independente da ênfase. A partir do quarto ao sexto semestre, durante o Ciclo de Conteúdo Específico, o discente inicia a definição de sua ênfase, culminando a sua decisão durante o último ano do Curso, Ciclo Teórico-Prático, onde desenvolve o Projeto de Graduação em Design (PGD), e se delimita a habilitação do discente. Os três ciclos distintos totalizam 155 créditos que representam 3.210 horas-aula.

Na integralização curricular, está prevista a apropriação de créditos para Atividades Complementares e Componentes Eletivos Livres que, se constituem em componentes curriculares enriquecedores do perfil do discente. Estes possibilitam o reconhecimento de habilidades, conhecimentos e competências do discente, inclusive adquiridas fora do ambiente acadêmico. Neste podem ser incluído estágios, atividades em pesquisa e extensão, publicações, etc, e podem ser cumprida em qualquer instância do curso.

- Das Interações com a sociedade

Ao preparar novos perfis profissionais aptos a responder às necessidades da sociedade, o Curso de Design propõe-se a contribuir para a efetiva interação entre a universidade e a sociedade, através do desenvolvimento de ações extensionistas em parcerias com empresas privadas, organizações governamentais e não governamentais.

Nesta dimensão, o Curso constitui-se em uma interface entre a Universidade e empresas do Estado de Pernambuco, órgãos públicos e organizações não governamentais, objetivando o desenvolvimento de ações e programas que venham a promover a busca dos valores que constituem o Design brasileiro.

III. O SENDES

No início de 2008, professores e técnico do Núcleo de Design criaram um grupo de pesquisa e desenvolvimento de soluções intitulado SENDES - Soluções em Energia e Design. Este visa atuar em três vertentes:

Energia e Design: Nesta área estão concentradas pesquisas e o desenvolvimento de produtos a base de materiais renovados e/ou reciclados que utilizam como fonte de energia elétrica a energia solar fotovoltaica;

Lighting Design: Nesta área são pesquisadas e desenvolvidas soluções para iluminação de interiores, exteriores e móveis;

Design Informacional: Nesta área são realizadas pesquisas e o desenvolvimento de sistemas informacionais aplicados em ambientes reais e virtuais dos produtos (esta vertente não será abordada).

Neste artigo aprofundaremos a intervenção do SENDES nas atividades de ensino, pesquisa e extensão, baseada no paradigma energético do futuro, que consistirá na utilização de fontes energéticas renováveis e no uso eficiente da geração distribuída de energia, possuindo mecanismos inteligentes de gestão da demanda. Os

consumidores serão mais informados e participativos, pois além de utilizar fontes energéticas menos agressoras ao meio ambiente, poderão assumir o papel de produtores de energia (micro-geração).

No SENDES a intervenção do Design consiste na aplicação metodológica no desenvolvimento de produtos, que inicia desde a identificação das necessidades dos usuários e do mercado até o desenvolvimento pleno do produto. Segundo Kaminski (2000) e Baxter (2000) no desenvolvimento de um produto o designer deve-se preocupar com as necessidades (do usuário, do produto e do ambiente), com os requisitos (técnicos, materiais, etc), e com os resíduos que serão gerados pelo processo de produção e pelo próprio produto. Com isso, a intervenção realizada visa contribuir com os fatores apontados pelos autores acima citados, além de realizar uma análise do entorno do Campus de Caruaru/UFPE, visando identificar os materiais disponíveis para o desenvolvimento dos produtos.

Na área de energia, são desenvolvidas propostas de aplicação das energias renováveis, em particular a tecnologia solar fotovoltaica, contribuindo assim na disseminação desta tecnologia, e por conseqüente na redução de custos de seus componentes, principalmente dos módulos fotovoltaicos.

Um ponto comum observado nas áreas de atuação do SENDES é o compromisso social, com o estudo e análise da viabilidade de desenvolvimento, de produção e/ou de manutenção de produtos, para as comunidades de baixa renda, podendo assim gerar renda a estas comunidades/indivíduos. Outro ponto é a auto-sustentabilidade destes produtos, isto é, a preocupação constante na independência energética e na máxima redução de resíduo produzido.

- Objetivos

Dentre os objetivos gerais do SENDES podem ser mencionados:

Contribuir para a criação da cultura da eficiência energética e do uso da energia solar para o desenvolvimento social igualitário e de preservação da natureza;

Desenvolver o ECODESIGN visando à melhoria da eficiência energética de produtos para a iluminação (interna, externa e móvel) e pequenos negócios, com a utilização de produtos renovados, reciclados;

Conceber e propor arranjos de geração de renda com melhoria da eficiência energética de produtos, aparelhos/equipamentos (pequenos negócios);

Propor soluções com novos produtos que utilizam fontes energéticas renováveis, como a eletricidade solar;

Instalação de módulos fotovoltaicos conectados a rede elétrica no Departamento de Design;

Adequação da montagem de módulos solares nos telhados e/ou fachada das edificações a partir da metodologia do Design;

Desenvolver a educação em energia, levando os estudantes adotar uma cultura de eficiência energética e de uso de novas fontes de energia em sua atividade profissional de designer.

IV. ATUAÇÃO DO SENDES

- Ensino

Estão sendo oferecidos aos discentes três grupos de estudo: Design renovando a partir da energia, na vertente de

Lighting Design, Energia potencializando pequenos negócios, e Energia e Design.

No grupo de estudo, Energia potencializando pequenos negócios é trabalhada a geração ou o redesign de pequenos negócios, como tal, é considerado um empreendimento pessoal de baixa escala e investimento, em sua grande maioria informal, visando atender a uma demanda específica e gerar o sustento familiar. A partir da identificação de uma demanda conjunta, os discentes desenvolvem produtos que se baseiam nas necessidades dos usuários, utilizando materiais renovados ou reciclados, e usando como fonte de energia a eletricidade solar.

Como exemplo, é possível apresentar o Projeto Recarreco¹ (figura 1), desenvolvido como uma base para carregamento rápido de pilhas e baterias em terminais integrados, eventos, etc. Neste projeto os alunos reaproveitaram um carrinho descartado para transporte de caixas, um guarda-sol, de verões passados, caixas de madeira para acondicionar os equipamentos necessários ao funcionamento do sistema e placa solar para alimentar o sistema.



Figura 1. Projeto Recarreco.

No grupo de estudo, Design renovando a partir da energia, é trabalhado a iluminação (interna, externa e móvel) utilizando materiais renovados e/ou reciclados e energia solar. O objetivo deste grupo é maximizar a capacidade de iluminação do produto e sua eficiência energética. São utilizados LEDs² como fonte luminosa devido a seu baixo consumo e alto rendimento. Como exemplo, é possível apresentar a luminária de túnel³ (figura 2), que utiliza materiais renovados (descartes de tubulação de PVC, lentes de vidro e arames) associados à eletricidade solar.

¹ Projeto desenvolvido pelos alunos Inabel Tavares e Kleber Lopes, sob orientação dos professores Heitor Scalabrini e Silvio Diniz.

² LED (*Light Emitting Diodes*) é um diodo emissor de luz que pode consumir até 90% menos energia que os modelos convencionais de iluminação, pode durar até 100 mil horas, não emite radiação ultravioleta nem infravermelha e possuem um tamanho extremamente compacto.

³ Projeto desenvolvido pelo aluno Hobedes Alves, sob orientação dos professores Heitor Scalabrini e Silvio Diniz.



Figura 2. Luminária de túnel.

No grupo de estudo Energia e Design é apresentado aos discentes os conceitos básicos de energia, de luz, de eletricidade, como realizar avaliações em sistemas existentes e até mesmo como montar pequenos sistemas elétricos. Outro ponto aprofundado no grupo de estudo é a utilização de fontes renováveis de energia, com o enfoque na energia solar fotovoltaica. O aluno desenvolve um pequeno projeto elétrico e/ou luminotécnico que poderá ser implementado em produtos dos outros grupos de estudo citados.

Nos três grupos de estudos é utilizada a metodologia projetual descrita em Lourenço Junior *et al* (2009) que permite aos discentes o desenvolvimento de um produto com foco no usuário, e posteriormente a sua integração nas atividades de iniciação científica, ou mesmo as atividades extensionistas desenvolvidas no SENDES.

- Pesquisa

As atividades desenvolvidas visam incentivar o desenvolvimento sustentável de produtos, tendo como princípio básico o uso racional de matéria-prima e de energia, seja na alimentação do produto ou no seu desenvolvimento. Neste contexto tem-se utilizado a energia solar fotovoltaica como fonte de eletricidade nos trabalhos em curso.

Na vertente *Lighting Design*, estão sendo desenvolvidos estudos com enfoque na fonte luminosa, formas de reflexão e no desenvolvimento de soluções integradas para iluminação de interiores e de áreas externas. O enfoque na fonte luminosa é a utilização de diodos emissores de luz (LEDs), procurando identificar as suas vantagens e desvantagens em diferentes aplicações. Além disso, estão sendo realizados testes com dispositivos eletrônicos que permitam que o LED funcione com tensões de 110 e 220 V, e com reguladores que possibilitam a variação da intensidade luminosa.

Ao tratar as formas de reflexão, devido a sua importância na difusão da luz, são analisados diferentes

tipos e formas de refletores/difusores que melhor se adequem aos LEDs, e assim melhorem a luminosidade e reduzam o consumo. Visando disponibilizar uma solução integrada, principalmente com o meio ambiente, estão sendo realizados estudos de luminárias com uso de materiais renovados e reciclados. .

Na vertente de Energia e Design, o SENDES está desenvolvendo pesquisas e projetos que possam gerar renda e qualidade de vida para integrantes do mercado informal. Neste, o desenvolvimento projetual consiste na adequação mercadológica, na viabilização técnica, na integração ergonômica e auto-sustentável. Tais diretrizes permeiam aos produtos desenvolvidos uma “humanização”, isto é, a integração sinestésica entre o humano, o produto e o meio ambiente. Atualmente, encontra-se em desenvolvimento uma anuncicleta (publicidade móvel) e um carrinho de suco de frutas. Para tal, utiliza-se a metodologia projetual proposta por Lourenço Junior *et al* (2009), culminando no desenvolvimento de um modelo funcional e posteriormente prototipado.

Outro enfoque pesquisado é a aplicação e montagem dos sistemas solares em residências/edificações, pois cada vez mais instalações fotovoltaicas são conectadas diretamente na rede elétrica em áreas urbanas. Atualmente, estima-se em 7,7 GW a potência instalada e aproximadamente 1,5 milhões de casas atuando como produtores independentes de energia elétrica. Segundo Costa *et al* (2009b), verifica-se que a maior parte das edificações são adequadas à instalação de módulos fotovoltaicos. Com isso, estão sendo realizados estudos de soluções aditivas e integrativas nos telhados, fachadas e coberturas das edificações a partir de conceitos básicos relacionados à instalação/montagem de sistemas fotovoltaicos. Visando assim, identificar as melhores soluções para a montagem e manutenção destas instalações.

- Extensão

Nesta área de atuação o SENDES promove, semestralmente, a Mostra de Design, Energia e Informação no Campus de Caruaru da UFPE que permite apresentar a comunidade os trabalhos realizados pelos discentes, contando ainda com palestras de profissionais sobre temas correlatos aos projetos.

Com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão da UFPE, está sendo difundindo o projeto Cidades Solares, adequando-o a realidade local, e buscando tornar Recife e Caruaru os primeiros municípios pernambucanos a integrarem esta iniciativa. Nascida na Austrália, esta iniciativa, tem por objetivo criar uma rede de cidadãos, agentes governamentais e não governamentais, fabricantes de equipamentos, financiadores e outros grupos sociais que impulsionem o uso da energia solar, e por consequência incentivando o desenvolvimento sustentável.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento no uso de produtos e serviços a atividade do designer tem se tornado cada vez mais importante e mais responsável. A partir do estímulo à pesquisa e à geração de novas soluções, surgem novos materiais e processos que ajudam a reduzir o custo de produção e o consumo de matéria prima e energia. Tais fatores demonstram que a necessidade de ensinar aos

usuários como utilizar e até mesmo descartar os produtos desenvolvidos é primordial.

Observando este perfil de usuários, as atuais Diretrizes Nacionais dos cursos de graduação em Design, ratificam a importância da reflexão sobre as questões supracitadas e principalmente à questões ambientais no ensino superior. Mas estas preocupações permeiam os aspectos epistemológicos da conscientização sobre o papel do designer no século XXI. A consciência dos paradigmas do conhecimento, da historicidade e da evolução da sociedade humana, conformam o agir projetual e o senso crítico, corroborando o desenvolvimento sustentável à mera substituição de matérias primas e processos.

A partir deste contexto, o SENDES propõe em inserir os conceitos de sustentabilidade para provocar e instigar a reflexão sobre as questões ambientais e tecnológicas na formação acadêmica dos seus discentes. Para tal, atua conjuntamente no tripé acadêmico (ensino, pesquisa e extensão), visando constituir e influenciar positivamente a prática profissional do designer em direção ao progresso mais justo e solidário, e ambientalmente sustentado.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Projeto Pedagógico do Curso de Design. Núcleo de Design/Centro Acadêmico do Agreste-Campus de Caruaru, Universidade Federal de Pernambuco. abr. 2008.

BAXTER, M. **Projeto de produto:** Guia prático para designers de novos produtos. Tradução: Itiro Iida. 2. ed. São Paulo: Editora Bluche, 2000. 260 p.

COSTA, H. S.; LOURENÇO JUNIOR, S. D.; COSTA NETO, G.; SANTOS, L. C. A. Iluminação com “leds” e energia solar fotovoltaica, **Trabalho Submetido ao 5^o Congresso Internacional de Pesquisa em Design-CIPED, Bauru-SP, 10 a 12 de outubro de 2009a.**

COSTA, H. S.; VEDOVA, D. C. D.; LOURENÇO JUNIOR, S. D.; COSTA NETO, G. Montagem e integração de sistemas fotovoltaicos nas edificações, **Trabalho submetido ao V Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis-ELECS, Recife-PE, 28 a 30 de outubro de 2009b.**

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo Produtos Planejamentos Criatividade e Qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. 132 p.

LOURENÇO JUNIOR, S. D.; VERAS, A. C. S.; COSTA, H. S.; COSTA NETO, G. Desenvolvendo produtos com foco no usuário, **Trabalho Submetido ao 4^o Congresso Internacional de Design da Informação, Rio de Janeiro, 9 a 12 de setembro de 2009.**

VII. COPYRIGHT

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



GESTÃO DE RISCOS NO TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS E A NORMA NBR/IEC 31010

RAÍSSA OLIVEIRA MARQUES¹; VANDERLEY DE VASCONCELOS²
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR – CDTN/CNEN
¹rom@cdtn.br; ²vasconv@cdtn.br

Resumo - Este artigo apresenta o processo de gerenciamento de riscos, desenvolvido com base nas Normas NBR/IEC 31010 e NBR/IEC 31000, aplicado ao transporte de produtos perigosos. Devido ao crescente desenvolvimento tecnológico e consequente aumento do número de acidentes no transporte de produtos perigosos que podem acarretar danos à população, ao meio ambiente, além dos prejuízos materiais, é importante o desenvolvimento de técnicas e metodologias para a redução, eliminação ou prevenção de perigos. O objetivo deste estudo é a aplicação da gestão de riscos no transporte de materiais perigosos utilizando-se as etapas estruturadas pela Norma NBR/IEC 31010.

Palavras-chave: Gestão de Riscos. Produtos Perigosos.

I. INTRODUÇÃO

Os acidentes industriais ocorridos nos últimos anos são causados, principalmente, pelo surgimento de novas tecnologias, aumento do número de matérias-primas e insumos utilizados, evolução de processos e criação de novos produtos (Schenini *et al.*, 2006). Estes acidentes têm contribuído para despertar a atenção do governo, das empresas e da sociedade para a importância do desenvolvimento de técnicas para análise e gerenciamento de riscos.

O risco pode ser expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento e a probabilidade de ocorrência associada (ABNT, 2009). A gestão de riscos é baseada na segurança de processos e instalações, para garantir a segurança dos trabalhadores e contribuir para a redução de perdas, na saúde, onde se analisa a gravidade das consequências para os seres humanos fora do ambiente de trabalho, e no meio ambiente, cujo foco é nos impactos gerados nos ecossistemas (GALVÃO FILHO e NEWMAN, 2001). Para auxiliar nesta tarefa, são utilizadas técnicas que devem ser escolhidas em função da causa do acidente, quantidade de material, condições de liberação e local do acidente.

O crescimento econômico conduz ao aumento do consumo de produtos perigosos e à necessidade de serem transportados dos parques de produção para o mercado consumidor. Material perigoso é toda substância encontrada na natureza ou produzida por qualquer processo que, por suas características físico-químicas, represente risco para saúde das pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente (ANTT, 2004).

O risco devido ao transporte dos resíduos perigosos depende não só do tipo, estado físico e quantidade do material como também do modo de transferência, das

condições ambientais e da via de transporte e seu estado de conservação.

Diante dos riscos inerentes a esse tipo de atividade, este artigo propõe a aplicação do processo de gestão de riscos baseado nas Normas NBR/IEC 31010 e NBR/IEC 31000. O gerenciamento dos riscos envolvido no transporte de materiais perigosos visa auxiliar a priorização das medidas adotadas para redução, prevenção e controle dos riscos.

II. PRINCÍPIOS E DIRETRIZES DA GESTÃO DE RISCOS

A gestão de riscos consiste no desenvolvimento de atividades para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos (ABNT, 2009). São aplicadas técnicas para identificação, análise e avaliação dos riscos que afetam a segurança, a saúde, os bens materiais e o meio ambiente.

O gerenciamento de riscos é utilizado como um instrumento para mitigação, controle ou eliminação de perigos presentes no ambiente operacional. É um processo que busca a garantia de segurança e confiabilidade dos processos. Utiliza técnicas e metodologias a fim de estabelecer as ações que devem ser priorizadas na busca da minimização da probabilidade de ocorrência de eventos indesejáveis e da magnitude de seus efeitos.

Existem diversas abordagens possíveis para a implementação do gerenciamento de risco associado a uma determinada atividade. Este artigo avalia o processo de gestão de riscos, estruturado pela Norma NBR/IEC 31010 (ABNT, 2012), aplicado à atividade de transporte de produtos perigosos. O processo consiste das seguintes etapas (Figura 1):

- comunicação e consulta;
- estabelecimento do contexto;
- processo de avaliação de riscos o qual abrange a identificação, análise e avaliação de riscos;
- tratamento de riscos;
- monitoramento e análise crítica.

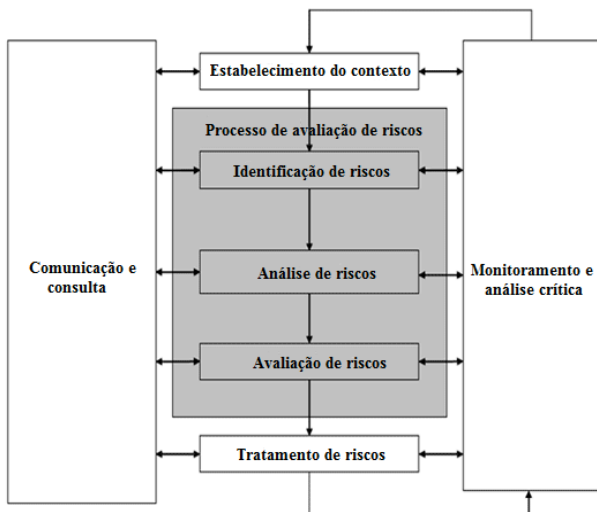


Figura 1 – Processo de Gestão de Riscos
Fonte – ABNT, 2012

II.1 COMUNICAÇÃO E CONSULTA

A comunicação e a consulta são processos contínuos e iterativos conduzidos para fornecer, compartilhar ou obter informações e se envolver no diálogo com as partes interessadas no processo de gerenciamento de riscos.

O plano de comunicação deve ser feito por uma equipe multidisciplinar a fim de auxiliar no estabelecimento do contexto e na tomada de decisões, devendo se estender a todo o processo de gestão de riscos. Nesta fase, devem ser realizadas reuniões, relatos, análises de acidentes e consultas a banco de dados.

II.2 ESTABELECIMENTO DO CONTEXTO

O estabelecimento do contexto constitui na determinação dos parâmetros externos e internos que devem ser levados em consideração na política de gestão de riscos, a fim de facilitar o estabelecimento do escopo da atividade e a definição dos níveis e critérios dos riscos.

II.3 PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

O processo de avaliação de riscos é um processo que abrange a identificação, a análise e a avaliação dos riscos propriamente dita. Nesta etapa, são utilizadas técnicas as quais devem ser selecionadas com base na complexidade da sua aplicação, objetivos do estudo, disponibilidade de recursos e informações, grau de incerteza dos dados, quantidade de detalhes sobre o processo, tipo de risco e magnitude de suas consequências.

II.3.1 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS

Para a implementação da avaliação de riscos, inicialmente é feito um detalhamento das fases do projeto a fim de identificar quais situações podem acontecer e afetar o alcance dos objetivos do sistema ou da organização. A identificação dos riscos possibilita a definição de suas causas e análise de suas consequências. A Lista de Verificação (*Check-List*), a Técnica de Incidentes Críticos (TIC) e o *What-If* (WI) são metodologias comumente utilizadas nesta fase.

Check-List é uma técnica simples de avaliação qualitativa que não requer grande quantidade de recursos. É um método para identificar os eventos responsáveis pela ocorrência de riscos através da consulta a uma lista, código ou norma de itens preestabelecidos criados a partir da experiência com processos similares. A lista de verificação deve ser selecionada de modo a abordar todo o escopo da atividade.

A Técnica de Incidentes Críticos é um procedimento qualitativo que utiliza a análise do histórico de incidentes críticos ocorridos e entrevistas com pessoas que possuem experiência sobre o processo. Seu principal objetivo é determinar os eventos que contribuem para a ocorrência de acidentes.

What-If é uma técnica de avaliação qualitativa que examina as respostas do sistema a falhas de equipamentos, erros humanos e condições anormais de operação através da utilização de um conjunto de frases de comando. Devem ser respondidas questões do tipo "O que... se...?" em combinação com os comandos para simular situações indesejadas que podem ocorrer durante o processo. O sucesso da aplicação desta técnica está diretamente ligado ao grau de conhecimento e à experiência da equipe. Por não ser tão sistemática, é normalmente utilizada como complemento à Lista de Verificação a fim de garantir uma melhor análise dos potenciais riscos.

II.3.2 ANÁLISE DE RISCOS

A análise dos riscos consiste em examinar os fatores que geraram o evento indesejável, identificado na etapa anterior. Através do entendimento da natureza do risco é possível determinar sua probabilidade de ocorrência, suas consequências e efeitos adversos, a fim de medir o nível do risco. A partir desta análise, é possível propor medidas que eliminem ou controlem estes riscos.

Os principais objetos desta etapa compreendem:

- estimar a probabilidade de um dado risco ocorrer a partir de dados históricos de processos e instalações similares ou prever a probabilidade através da utilização de técnicas e metodologias e da experiência de especialistas;
- analisar os impactos causados pela ocorrência de um evento indesejável e identificar os mais significativos, tomando o cuidado de não excluir aqueles de pequenas magnitudes, mas que ocorrem com grande frequência;
- determinar, entre os controles existentes para um risco em particular, os de maior eficácia, dado o nível de risco estimado;
- analisar as incertezas dos dados disponíveis e das metodologias utilizadas, a fim de uma melhor interpretação dos resultados da análise de riscos.

Diversos métodos podem ser adotados para a análise dos possíveis danos materiais, aos seres humanos e ao meio ambiente. Entre eles podem ser destacados: *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Análise Preliminar de Perigos* (APP) e *Hazard and Operability Studies* (HAZOP).

A FMEA envolve um estudo detalhado do sistema a fim de identificar os modos e mecanismos de falha e analisar seus efeitos, registrando os resultados em um formulário. O desenvolvimento da FMEA consiste em:

- definir o escopo e objetivos do estudo;
- selecionar a equipe;
- compreender cada etapa do processo ou componente;
- analisar os parâmetros que podem afetar a operação;
- compreender os resultados de falhas;
- selecionar e priorizar as melhorias que podem ser implantadas através da eliminação, mitigação ou controle das causas e consequências;
- documentar os resultados.

A APP é uma técnica de avaliação qualitativa desenvolvida normalmente na fase de projeto quando poucas informações estão disponíveis. Lista os perigos presentes no sistema possibilitando que estes possam ser identificados e eliminados ou controlados enquanto o projeto é realizado. É feito o preenchimento de uma planilha para prever a magnitude das consequências, severidade (desprezível, marginal, crítica ou catastrófica), probabilidade de ocorrência (muito improvável, improvável, ocasional, provável ou frequente) e valor do risco (crítico, sério, moderado, menor ou desprezível).

O HAZOP consiste em uma avaliação qualitativa que, através do detalhamento de cada etapa do projeto, identifica os caminhos pelos quais podem ocorrer falhas. É guiado por palavras-guia que são aplicadas a cada variável do processo, gerando os desvios do desempenho esperado, os quais são analisados em relação às suas causas e consequências. O HAZOP requer uma equipe multidisciplinar a qual é determinante para o sucesso da aplicação do método, pois é responsável por revisar o projeto buscando evidenciar os riscos potenciais e propor soluções para tratá-los.

II.3.3 AVALIAÇÃO DE RISCOS

A avaliação de riscos tem como objetivo comparar os níveis de risco com os critérios de risco definidos quando o contexto foi estabelecido, a fim de determinar a significância do nível e do tipo de risco (ABNT, 2012). A definição da magnitude do risco contribui para decidir se e como deve ser feito o seu tratamento.

Através do uso de dados estatísticos de acidentes e da análise da magnitude de suas consequências, é possível medir a extensão do problema e determinar a confiabilidade do sistema. Entre as técnicas utilizadas estão a Análise de Árvore de Falhas, a Análise de Árvore de Eventos e a Análise por Diagrama de Blocos.

A Análise de Árvore de Falhas é uma ferramenta gráfica que parte de um evento indesejável (evento topo) e busca determinar as relações lógicas de falhas de componentes e erros humanos que possam contribuir para a ocorrência deste evento. Pode ser utilizada qualitativamente, possibilitando a identificação das causas do evento topo, e quantitativamente, para calcular a probabilidade de ocorrência deste evento indesejável. O evento topo a ser analisado é definido e desenvolvido até suas causas primárias. Quando probabilidades de ocorrência são atribuídas a estes eventos base, é possível quantificar a probabilidade do evento topo.

As Árvores de Eventos são estruturas na forma de árvores binárias que partem de um evento iniciador, por exemplo, um evento indesejável resultante de uma falha, e modelam os possíveis acidentes subsequentes. A

determinação dos cenários potenciais após o evento iniciador permite uma análise qualitativa e, ao associar probabilidades de falhas a cada evento, é feita uma estimativa quantitativa da frequência de ocorrência da sequência de eventos. Assim, é possível explorar suas consequências e analisar a importância das várias sequências de falhas, isto é, dos vários cenários de acidentes, auxiliando na determinação e priorização das ações que devem ser tomadas para reduzir os riscos.

A Análise por Diagrama de Blocos utiliza fluxogramas em blocos cuja principal vantagem é a simplificação da análise dos sistemas. É uma técnica aplicada em sistemas constituídos por poucos componentes, onde são calculadas as probabilidades de falha ou de sucesso destes.

II.4 TRATAMENTO DE RISCOS

Após a avaliação dos riscos, devem-se escolher as medidas a serem tomadas frente aos riscos a fim de reduzi-los. O controle dos riscos pode ser preventivo, evitando a ocorrência de acidentes ou minimizando seus efeitos, ou corretivo, quando os acidentes já aconteceram.

O tratamento de riscos envolve selecionar e priorizar ações pertinentes para reduzir a probabilidade de ocorrência dos eventos indesejáveis, suas consequências, ou ambas, e a implementação destas ações (ABNT, 2012).

II.5 MONITORAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA

Esta etapa deve ser executada continuamente ao longo do processo e consiste em monitorar os fatores que podem variar ao longo do tempo causando danos, avaliar se os estudos e técnicas adotados estão sendo aplicados de maneira correta e eficaz e garantir que os resultados esperados estão sendo alcançados.

III. APLICAÇÃO DA GESTÃO DE RISCOS AO TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS

III.1 COMUNICAÇÃO E CONSULTA

É essencial estabelecer mecanismos de comunicação entre todos os funcionários envolvidos no transporte de materiais perigosos para a realização de um planejamento estratégico em todas as etapas de gestão de riscos. Isto facilita a tomada de decisões frente aos riscos, a determinação dos equipamentos de segurança, a escolha das embalagens apropriadas a cada produto perigoso e o estabelecimento de ações de emergência. Para auxiliar nestas decisões, é necessária a consulta a banco de dados e dados históricos de acidentes com transporte de produtos perigosos similares e o estudo de regulamentos de segurança, de trânsito e de transporte.

III.2 ESTABELECIMENTO DO CONTEXTO

➤ Definição dos produtos perigosos que serão transportados

Classificar o produto que está sendo transportado tem enorme importância, pois permite saber suas propriedades físicas, riscos associados ao seu transporte e equipamentos de segurança que devem ser utilizados pela transportadora.

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabelece os critérios para a classificação dos materiais perigosos, dividindo-os nas seguintes classes de riscos (SILVA, 2006):

- Classe 1 – Explosivos
 - Subclasse 1.1 – Substâncias com risco de explosão em massa;
 - Subclasse 1.2 – Substâncias com risco de projeção;
 - Subclasse 1.3 – Substâncias com risco predominante de fogo;
 - Subclasse 1.4 – Substâncias que não apresentam risco significativo;
 - Subclasse 1.5 – Substâncias pouco sensíveis.
- Classe 2 – Gases
 - Subclasse 2.1 – Gases inflamáveis;
 - Subclasse 2.2 – Gases não inflamáveis, não tóxicos;
 - Subclasse 2.3 – Gases tóxicos.
- Classe 3 – Líquidos inflamáveis
- Classe 4 – Sólidos inflamáveis
 - Subclasse 4.1 – Sólidos inflamáveis;
 - Subclasse 4.2 – Substâncias sujeitas a combustão espontânea;
 - Subclasse 4.3 – Substâncias que, em contato com a água, liberam gases inflamáveis.
- Classe 5 – Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos
 - Subclasse 5.1 – Substâncias oxidantes;
 - Subclasse 5.2 – Peróxidos orgânicos.
- Classe 6 – Substâncias tóxicas e infectantes
 - Subclasse 6.1 – Substâncias tóxicas;
 - Subclasse 6.2 – Substâncias infectantes.
- Classe 7 – Materiais radioativos
- Classe 8 – Corrosivos
- Classe 9 – Substâncias perigosas diversas

➤ Escolha dos motoristas e veículos utilizados

Os motoristas devem ser avaliados quanto aos conhecimentos nas legislações de trânsito, de transporte, de segurança e ambiental, preparação no uso de técnicas de manuseio dos produtos perigosos transportados, utilização e cuidado com o veículo e equipamentos da empresa e escolha dos procedimentos adotados em caso de acidentes durante o transporte.

São definidos quantos e quais veículos serão utilizados em função da demanda. Para isto podem ser utilizados *softwares* que possuem banco de dados com todos os veículos da empresa. Assim, é feita a escolha em função do modelo, da capacidade de carga e do estado de conservação do veículo (HEINRICH, 2004).

➤ Caracterização do transporte

Esta etapa envolve o levantamento das informações mínimas para realização do transporte, citadas a seguir (LIEGGIO JÚNIOR, 2008):

- definição da rota;
- origem e destino da carga;
- horários de chegada em cada parada;
- distâncias entre as paradas;
- quantidade do produto transportado por veículo;
- frequência das operações de transporte;
- contratação da transportadora;

- definição dos equipamentos de segurança utilizados durante o transporte de materiais perigosos.

III.3 AVALIAÇÃO DE RISCOS

III.3.1 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS

➤ *Check-List/What-If*

Check-List é um método que utiliza uma lista para verificar os riscos provocados por um processo ou sistema. Para garantir uma análise melhor e mais completa, utiliza-se o *What-If* a fim de identificar as consequências desses riscos. Nas tabelas 1 e 2, são apresentados exemplos da utilização destes métodos para obter os possíveis impactos provocados no meio ambiente pelo transporte de materiais perigosos.

Tabela 1 – Exemplo de aplicação do método *Check-List*

Impacto	Sim	Não
Existem recursos hídricos na área de estudo?	X	
Um acidente poderá provocar uma deterioração da qualidade da água de superfície?	X	
Os recursos hídricos são utilizados para abastecimento de populações?	X	
Os impactos adversos encontram-se igualmente distribuídos entre a população?		X

Fonte – TEIXEIRA JÚNIOR, 1998

Tabela 2 – Exemplo de aplicação do método *What-If*

E se ...	Consequências
... existirem recursos hídricos na área de estudo?	Poderá haver uma deterioração na qualidade da água.
... tais recursos forem utilizados para abastecimento?	Parte ou toda uma população será impedida de utilizar tal recurso natural.
... forem atingidas áreas agricultáveis?	Haverá prejuízos sociais e econômicos, tendo em vista a produção ser a cultura de hortaliças a principal atividade econômica da região.

Fonte – TEIXEIRA JÚNIOR, 1998

III.3.2 ANÁLISE DE RISCOS

➤ Análise Preliminar de Perigos (APP)

A APP lista os riscos associados ao sistema através do preenchimento de uma planilha. São identificados os perigos, suas causas e efeitos, frequência (F), severidade (S) e valor do risco (R), possibilitando a elaboração de medidas preventivas e mitigadoras.

Quanto à frequência, os riscos podem ser classificados em: muito improvável (A), improvável (B), ocasional (C), provável (D) ou frequente (E).

Quanto à severidade, as consequências dos riscos podem ser classificadas em: desprezível (I), marginal (II), crítica (III) ou catastrófica (IV).

A avaliação do risco é feita através da combinação das categorias de frequência e severidade, sendo o valor de risco

classificado em: desprezível (1), menor (2), moderado (3), sério (4) ou crítico (5).

Na tabela 3, é apresentado um exemplo da aplicação da APP para analisar os possíveis perigos que podem ocorrer no transporte ferroviário de produtos perigosos (ALL, 2009).

Tabela 3 – Exemplo de aplicação da APP

Análise Preliminar de Perigos Sistema: ferrovia					
Perigos	Causas	Conseq.	F	S	R
Ruptura vagão-tanque de etanol	Impactos mecânicos no tanque	Bola de fogo, flashfire, UVCE (explosão da nuvem de vapor)	B	IV	3
Furo no costado do vagão-tanque de GLP	Impactos mecânicos no tanque	Incêndio de poça, flashfire, UVCE, danos materiais e pessoais	C	III	3
Furo no costado vagão-tanque de óleo diesel	Sobre pressão por super-aquecimento ou falha operacional	Incêndio de poça, flashfire, UVCE, danos materiais e pessoais	C	III	3
Recomendações: - Manutenção mecânica preventiva da via - Manutenção preventiva nas instalações elétricas/ eletrônicas e sinalizações da via - Aprimorar treinamento e reciclagem dos funcionários - Manter atualizada a brigada de emergência quanto aos treinamentos de atendimento a emergências e primeiros socorros					

Fonte – Adaptado de ALL, 2009

➤ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

A FMEA consiste na elaboração de uma planilha para documentar os modos de falhas de um processo ou produto e analisar seus efeitos, proporcionando a obtenção de ações recomendadas para a eliminação, redução ou prevenção dos riscos.

Na tabela 4, é aplicada a FMEA para o estudo de falhas em tanques que transportam líquidos perigosos (SCHMIDT e SANTOS, 2011).

Tabela 4 – Exemplo de aplicação da FMEA

FMEA de produto Partes de tanques que transportam produtos líquidos perigosos			
Parte afetada	Modo de falha	Efeito de falha	Método de prevenção
Sistema de aquecimento	Corrosão em tubo de maçarico	Vazamento do produto	Medição da espessura
Isolamento térmico	Trincas	Perda de vácuo	Medição do nível de vácuo
Válvula de alívio	Vedação defeituosa	Vazamento do produto	Inspeção e calibração
Quebra-ondas	Trinca em quebra-ondas	Perda da função estrutural	Inspeção visual

Fonte – Adaptado de SCHMIDT e SANTOS, 2011

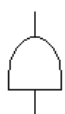
III.3.3 AVALIAÇÃO DE RISCOS

➤ Árvore de Falhas

As Árvores de Falhas são construídas por relações lógicas de falhas que possam gerar o evento topo.

Na tabela 5, são mostrados os principais símbolos utilizados na construção das Árvores de Falhas e seus significados.

Tabela 5 – Símbolos utilizados na construção de Árvores de Falhas

Símbolos	Significados
 Retângulo	Identifica eventos que resultam da combinação lógica de eventos falha
 Círculo	Identifica eventos falha básicos
 Porta AND	Usada quando o evento de saída ocorre somente se todos os eventos de entrada acontecerem
 Porta OR	Usada quando o evento de saída ocorre se pelo menos um dos eventos de entrada acontecer

Na figura 2, é ilustrada uma Árvore de Falhas com fatores que interferem na ocorrência de danos à saúde humana durante o transporte de materiais perigosos.

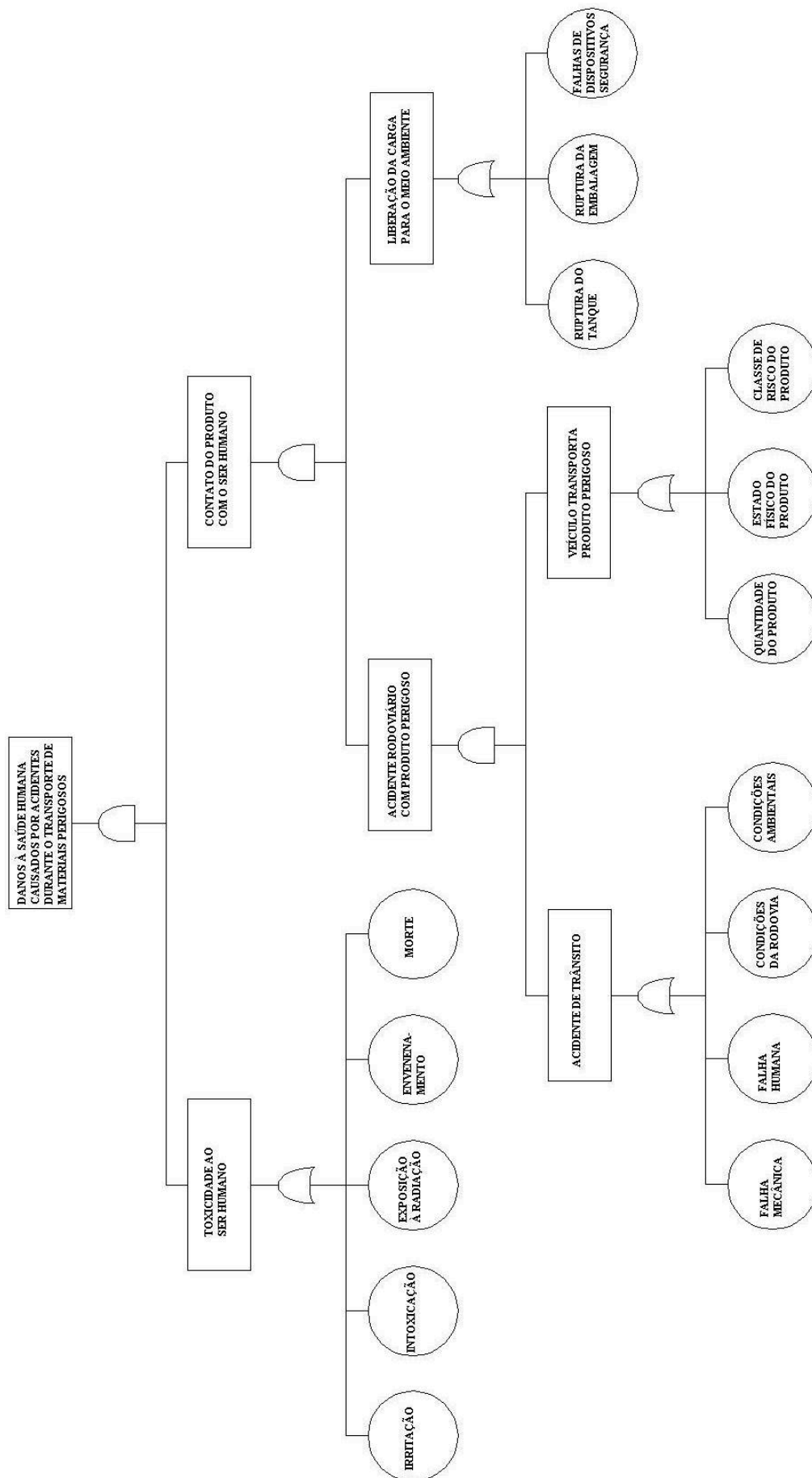


Figura 2 – Exemplo de Árvore de Falhas
 Fonte – Adaptado de TEIXEIRA JÚNIOR, 1998

➤ Árvore de Eventos

As Árvores de Eventos são estruturas que partem de um evento indesejável e desenvolvem sequências de eventos que combinados resultam em acidentes, possibilitando a avaliação de suas consequências.

Na figura 3, é ilustrado um exemplo dos possíveis acidentes provocados pelo vazamento de um líquido inflamável durante o seu transporte (SENNE JÚNIOR, 2003).

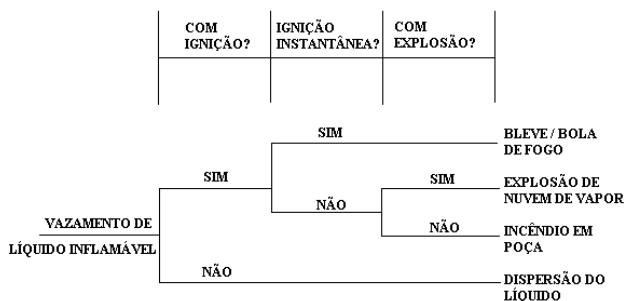


Figura 3: Exemplo de Árvore de Eventos
Fonte: Adaptado de SENNE JÚNIOR, 2003

III.4 TRATAMENTO DE RISCOS

As principais estratégias utilizadas para a redução da frequência e consequências dos riscos causados pelo transporte de materiais perigosos são:

- proibição do transporte de alguns materiais perigosos;
- estudos para identificar pontos da estrada onde ocorrem mais acidentes e propor soluções;
- realização do transporte em horários nos quais há menor incidência de acidentes;
- preferência por rotas em regiões menos povoadas e que não possuam proteção ambiental;
- delineamento de experimentos e testes com os materiais perigosos;
- fiscalização do veículo, da documentação e dos equipamentos de segurança;
- manutenção de um banco de dados atualizado dos acidentes ocorridos durante o transporte de produtos perigosos;
- supervisão de toda a operação, possibilitando o controle de qualquer mudança que possa ocorrer nas medidas de segurança adotadas;
- escolta armada ou não durante o transporte para evitar ocorrência de atos ilícitos.

III.5 MONITORAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA

➤ Monitoramento da frota

O acompanhamento do veículo pode ser feito via rádio ou via satélite. O monitoramento por satélite é realizado através da comunicação móvel de dados entre os veículos e sua base de operação, localizada na empresa. Nas operações via rádio, a operadora de rádio é quem acompanha o transporte. (HEINRICH, 2004)

Esta atividade permite informar sobre a saída e chegada do veículo, paradas realizadas, localização do veículo a fim de verificar se o motorista está cumprindo a

rota definida, condições de segurança e ocorrência de eventos indesejáveis.

➤ Análise do processo de gestão de riscos

Durante o desenvolvimento da gestão de riscos, é importante verificar a adequação das metodologias aplicadas para identificação, análise e avaliação dos riscos, analisar se os equipamentos de segurança estão sendo utilizados de maneira correta, avaliar a eficiência das medidas adotadas para o controle dos perigos e propor medidas para melhorar o processo de gestão de riscos.

IV. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento econômico e consequente aumento de acidentes, torna-se cada vez mais necessária a aplicação da gestão de riscos. Para auxiliar este processo, as Normas NBR/IEC 31010 e NBR/IEC 31000 estabelecem etapas que podem ser utilizadas para diversos sistemas. São obtidos os parâmetros que podem influenciar a ocorrência de perigos e realizadas a identificação, análise e avaliação dos riscos, possibilitando o estabelecimento de ações que os controlem, através de monitoramento e comunicação contínuos ao longo do processo. Técnicas e metodologias, as quais são escolhidas em função da profundidade do estudo, quantidade de informações disponíveis e incerteza dos dados, são utilizadas para facilitar o gerenciamento dos riscos.

A gestão de riscos é essencial para ajudar na tomada de decisões no combate aos riscos e sua necessidade deve-se à preocupação com os danos causados ao ser humano e ao meio ambiente. Além disso, a detecção de riscos no início do processo contribui para a economia de tempo, esforços e custos.

Este trabalho propôs uma abordagem para aplicação da Norma NBR/IEC 31010 para gestão de riscos em atividades de transporte de produtos perigosos. Entre os fatores que contribuem para o sucesso da gestão de riscos estão: a experiência da equipe envolvida no processo, conhecimento dos regulamentos de trânsito, de transporte e de segurança, escolha adequada das metodologias aplicadas, equipamentos de segurança utilizados e monitoramento da frota. O detalhamento da atividade proporciona estudos mais profundos e maior conhecimento das magnitudes dos possíveis acidentes, selecionando as ações que devem ser priorizadas no tratamento de riscos. Após a sua realização, é fundamental o registro das etapas que compõem o transporte de produtos perigosos para auxiliar atividades futuras.

Pode-se concluir que a abordagem proposta pela Norma NBR/IEC 31010 se aplica muito bem aos problemas encontrados para esta atividade e pode contribuir para avaliação de seus riscos e definição das medidas para prevenção, eliminação ou minimização dos riscos. Pretende-se aplicar a metodologia proposta, em um trabalho subsequente, à gestão dos riscos envolvidos no transporte de substâncias radioativas.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CDTN/CNEN, à FINEP e à FAPEMIG pelo apoio.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Resolução nº 420: Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Brasília, 2004.
- AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA SUL S/A (ALL). Estudo de Análise de Riscos. Rio Grande do Sul, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 31000: Gestão de Riscos – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009. 24p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 31010: Gestão de Riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro, 2012. 96p.
- GALVÃO FILHO, João Baptista, NEWMAN, Daniel. Gestão e Gerenciamento de Risco Ambiental I. Revista Banas Ambiental, v. 2, n. 12, jun. 2001. Disponível em: <www.consultoriaambiental.com.br/artigos/gestao_de_risco_ambiental.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2012.
- HEINRICH, Juliana da Silva e Souza. Aplicação da Análise de Riscos a atividades do Transporte Rodoviário de Carga Geral. 2005. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- LIEGGIO JÚNIOR, Marne. Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos: Proposta de Metodologia para Escolha de Empresas de Transporte com Enfoque em Gerenciamento de Riscos. 2008. 192 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- SCHENINI, Pedro Carlos, NEUENFELD, Débora Raquel, ROSA, André Luiz Montagna da. O gerenciamento de riscos no transporte de produtos perigosos. In: SIMPEP, 12, 2006, Bauru.
- SCHMIDT, Silvio José, SANTOS, Antonio José dos. Aplicação de FMEA em Estudo de Falhas em Tanques Rodoviários que Transportam Líquidos Perigosos a Granel. In: CONBREPO, 1, 2011, Ponta Grossa.
- SENNE JÚNIOR, Murillo. Abordagem sistemática para avaliação de riscos de acidentes em instalações de processamento químico e nuclear. 2003. 214 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- SILVA, Eliane Magalhães Pereira da. Implementação de um Sistema Unificado para Gerenciamento de Rejeitos. 2006. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- TEIXEIRA JÚNIOR, Aloisio Arantes. Avaliação do risco potencial de danos à saúde pública devido a acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos no Estado de São Paulo, através do emprego da Árvore de Falhas. 1998. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

VII. COPYRIGHT

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



AUTOMAÇÃO DA REPOSIÇÃO DE MATERIAL NO ABASTECIMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM AUTOMOTIVAS

WILTON NEY DO AMARAL PEREIRA; GERALDO MORETTI LISBOA
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ (UNITAU)

manov@osite.com.br

Resumo - Este artigo apresenta é uma abordagem de utilização Redes Neurais na reposição de peças de linhas de montagem automotivas. A simulação é feita utilizando o software MATLAB/SIMULINK, possibilitando que ocorra de maneira sincronizada em ambiente de situação real sendo ela virtual. Automatizar o sistema de gerenciamento de reposição foi uma opção controlada por AGV's (Automated Guided Vehicle), por plataforma de PLC. Esta abordagem tem o propósito de integrar e gerar economias visíveis na alimentação da linha de montagem, com redução e controle dos estoques, e aumento a qualidade de armazenamento de materiais. Este estudo visa estimular a pesquisa sobre o sistema logístico empresarial, um conhecimento cujo domínio é resultado de velocidade de ação, imprescindível para a competitividade no setor industrial automobilístico.

Palavras-chave: abastecimento da produção, automação de transportador, Matlab.

I. INTRODUÇÃO

No final do século XX e início do XXI as empresas perceberam a importância da logística no cenário nacional e internacional no qual tiveram a capacidade de identificar e executar as melhores mudanças para esse objetivo. É preciso que as empresas integrem tecnologias, aprimorando os processos internos, melhorando e mantendo a qualidade dos produtos e otimizando os custos da logística. Uma empresa ganha vantagem competitiva, quando executa atividades estrategicamente importantes de uma forma mais barata, ou melhor, do que a concorrência.

Dessa forma, a vantagem competitiva de uma organização não pode ser compreendida apenas pela análise da empresa como um todo, e sim pelas inúmeras atividades distintas que esta empresa realiza e que são geradoras de valor. Neste contexto, a automação da atividade logística se torna um importante instrumento para vencer os desafios da competitividade.

O conceito de linha modular responsável pela pré-montagem visa proporcionar uma linha de montagem mais curta e com mais sinergia das competências para os módulos, redução na utilização e do número de ferramentas para a linha principal de montagem, como entre outros benefícios. Neste contexto o operador executa o transporte de peças utilizando empilhadeiras, mini tratores, carrinhos de mão e até macaco-hidráulico nos postos de montagem. Desta forma, é feita a coleta de materiais para o abastecimento: por um sistema de coleta pré-programada de peças, que indubitavelmente teria de ser feita, para não comprometer a montagem final do produto.

planejamento. A articulação de estratégias logística de serviço ao cliente não exige programa ou técnica específica.

Foram identificados pontos críticos neste conceito de montagem principal, o transporte destes itens devia estar sempre em sincronismo com o tipo de produto que esta sendo montado, desta forma evitando estoque excessivo entre os módulos. O problema que deve ser solucionado consiste em adequar a linha de montagem e o volume de peças no setor de linha de montagem fazendo a distribuição correta, e no intervalo de tempo correto.

Este artigo identificou um potencial e uma programação para transportar os conjuntos de peças até seu destino final, no caso, a linha de montagem principal.

Portanto o estudo teve objetivo e inclusão na análise do comportamento dinâmico da linha de subconjuntos na sub-montagem de um produto. Desta forma, visando identificar a capacidade máxima de produção e sincronismo da sublinha de montagem com a linha principal, sempre com o objetivo de minimizar os estoques de produto acabados ou aguardando a liberação.

Outra avançada medida derivada de criação e implantação da simulação do abastecimento da linha de montagem, diversas estações de verificação e autocontrole assegurando a igualdade de cada etapa no processo utilizando em um programa, de simulação feita utilizando o software MATLAB/SIMULINK apropriado para justificar o processo de retorno da viabilidade do projeto.

Dessa forma a implantação de um sistema de abastecimento, fornece aos colaboradores da empresa que durante o processo de trabalho, podem agir numa eventual necessidade de correção ou ajuste no abastecimento de linha de montagem, converte o processo e até inclui no final do projeto a simulação da situação real dentro do Software, realizando um profundo estudo de análise sobre este modelo industrial, podem ser aplicado em qualquer outra indústria que utilizara o processo de abastecimento de linha de montagem.

II. ESTRATÉGIA LOGÍSTICA

Uma estratégia logística pró-ativa, relacionada a distribuição, frequentemente começa com objetivos de negócio e com requisitos de serviços aos clientes. Vem sendo chamados de estratégias de “ataque” para enfrentar a concorrência. O projeto do sistema logístico remanescente pode, então, derivar dessas estratégias de “ataque”. Cada elo no sistema logístico deve ser planejado com todos os outros em um processo integrado de planejamento logístico. O projeto do sistema de gestão e controle completa o ciclo de

Na estratégia de transportes, as decisões de transporte podem envolver seleção de modal, tamanho de

carregamento, e roteirização e programação. Essas decisões são influenciadas pela distância do armazém até os clientes que exercem influência na localização do armazém. Os níveis de estoque também reagem a decisões de transporte através do tamanho do carregamento. Cada área da decisão está inter-relacionada com as outras e não deve ser planejada sem ao menos considerar os efeitos das compensações.

A distribuição física interna e externa é a parte da logística que é responsável pela movimentação, estocagem e processamento dos pedidos dos produtos finais da organização, ou seja, ela se preocupa com os bens semi-acabados a acabados que a organização oferece para vender. Segundo Martins e Laugen (1998), a forma pela qual se movimenta produtos, componentes ou materiais no recebimento é fundamental para que haja sucesso em todas as demais operações. A produtividade operacional de um armazém se inicia pela correta localização dos acessos. Um conceito importante que devemos observar é o conceito do sistema total mencionado por Ballou (2001), que engloba todos os fatores da distribuição, ele é a soma dos custos de transporte, estoque e processamento de pedidos. O administrador precisa encontrar um modo de balancear todos esses custos para uma melhor distribuição.

III. PRODUÇÃO INFORMATIZADA SEM AUTOMAÇÃO

O processo de logística interna de abastecimento da linha de montagem foi modificado dividindo o fluxo contínuo da produção. Para manter os estoques baixos, a fábrica implantou os AGVs, (*automated guided vehicles*) - veículos automaticamente guiados com capacidade de mover até 10 t- na movimentação de peças durante o processo de montagem.

Este tipo de transportador conhecido também como colhedeira vai distribuindo ao longo do seu percurso contínuo e inalterado - guiado por um cabo de indução magnético embutido no piso se - entregando nos dez postos de trabalho (Figura 1).

Desta forma, os principais conjuntos produzidos na linha de pré-montagem são encaminhados até chegar ao seu posto de montagem juntamente com o kit provenientes do o do local de armazenagem – chamado de supermercado.

O transportador não toma nenhuma decisão para o seu destino, tendo apenas sensores que auxiliam na parada e retomada do movimento ao encontrar um obstáculo na trajetória. É movido a baterias de vida curta e pouca velocidade.

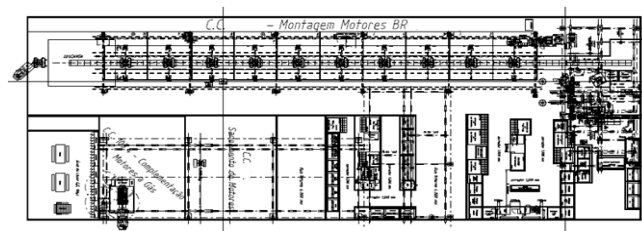


Figura 1 – Mapa da situação real.

IV. MUDANÇAS NA LINHA DE MONTAGEM

Depois de analisado o problema do transportador – lentidão, tomada de decisão simples, etc. - pensou-se na

mudança efetiva da otimização do processo. O motor é montado em cima de um dispositivo de forma de carrossel, onde uma dupla de montadores (trabalhadores) acompanha o motor em toda sua trajetória, sendo responsável pelo mesmo até o despacho para área de testes, movimentando-se junto na velocidade constante do transportador.

Os kits e peças acabadas ficam próximos da linha de trabalho facilitando e promovendo a utilização da ferramenta de controle *just-in-time*. Alguns produtos são montados em paralelo numa estação de trabalho chamada de pré-montagem de conjuntos – sendo importante que estejam bem próximos da linha evitando uma logística inadequada. Para esta sinergia o abastecimento foi organizado em kits de montagem, que são transportados até a linha onde se encaixam com todas as peças para que o montador efetue o seu trabalho. A entrega destas peças e kits de montagem é feito manualmente e por carrinhos que estão dispostos ao longo da montagem, ocasionando uma movimentação excessiva de transportadores nas proximidades da linha. Daí surge a necessidade em atender o programa de produção.

O supermercado funciona como uma central próxima da linha onde é feita a pré-montagem de conjuntos e a armazenagem de pequenas peças acondicionadas em caixas, cestos, e prateleiras.

A linha de montagem possui 10 pontos de montagem com capacidade para em dois turnos produzir em média 50 unidade/dia, com meta de produzir 60 a 80 unidades/dia.

Com a automação pretendeu-se chegar a 80 unidade/dia, com menor índice na redução dos testes de qualidade em cada unidade produzida. O projeto pretende implantar um sistema de automação industrial no abastecimento da linha de montagem visando diminuir a melhoria contínua dos processos, evitando erros da pré-montagem e de montagem, na organização dos kits, viabilizarem processos e custos, para a fábrica.

No processo de automação definiu-se um sistema de gerenciamento com equipamento de movimentação, hardware e acessórios específicos para implantação de AGV's (*Automated Guide Vehicle*) por plataforma clássica de PLC - uma automação integrada ao sistema e redes implantadas para o chão-de-fábrica.

V. REDES NEURAIS

De acordo com Bourg (2004) as redes neurais estão relacionadas a um método de solucionar problemas de inteligência artificial, construindo um sistema que tenha circuitos que simulem o cérebro humano, considerando o comportamento de assertividade e erro.

Sendo assim, as redes neurais artificiais podem ser consideradas como metodologia de resolver problemas característicos da inteligência artificial (BARRETO, 2002). As redes neurais artificiais se diferenciam pela sua arquitetura e pela forma como os pesos associados às conexões são ajustados durante o processo de aprendizado (FERNEDA, 2006), ou seja, são modelos que buscam simular o processamento de informação do cérebro humano. Ferneda (2006) destaca que uma rede neural artificial pode ser vista como um grafo onde os nós são os neurônios e as ligações fazem a função das sinapses, conforme mostra a (Figura 2) a seguir:

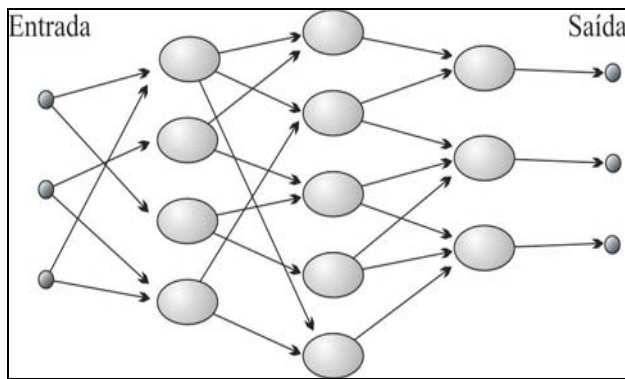


Figura 2 - Representação simplificada de uma rede neural artificial
Fonte: Ferneda (2006)

De acordo com Haykin (2001 p. 46) a arquitetura de uma rede neural restringe o tipo de problema no qual a rede poderá ser utilizada, e é definida pelo número de camadas (*camada única* ou *múltiplas camadas*), pelo número de nós em cada camada, pelo tipo de conexão entre os nós (*feedforward* ou *feedback*) e por sua topologia.

As redes neurais utilizam um *algoritmo de aprendizagem* cuja tarefa é ajustar os pesos de suas conexões (BRAGA; CARVALHO; LUDEMIR, 2000, cap. 2).

Esses algoritmos auxiliam na criação de sistemas especialistas que produzem um gerenciamento de informação controlado e concreto, capaz de auxiliar no abastecimento de linhas de montagem, através de redes neurais, uma vez que possibilita que o usuário tenha o controle das informações.

Conforme Mendes (1997 p. 11) os benefícios advindos da utilização da técnica de sistema especialista são diferentes daqueles obtidos pelos sistemas tradicionais, por tratar-se de sistemas dotados de inteligência e conhecimento. Dentre outras vantagens, podemos destacar: O sistema especialista é capaz de estender as facilidades na tomada de decisão no lugar das pessoas com as atividades de conhecimento especialistas e pode ser distribuídos de forma que o conhecimento dos especialistas seja utilizado por outras pessoas envolvidas nos processo de treinamento e aprendizagem.

Um sistema especialista pode melhorar a sua produtividade e desempenho de seus usuários, considerando-os com um vasto conhecimento em condições normais e demasiadas curto espaço de tempo e simulá-lo.

Os sistemas especialistas podem melhorar a produtividade e desempenho de seus usuários, considerando que com o vasto conhecimento que certamente em condições normais utilizá-lo em situações de que pessoas ficam doentes, sofrem acidentes, tiram férias, etc... E tornam as corporações vulneráveis e dependentes das decisões. Ao registrar o conhecimento de colaboradores nos sistemas especialistas, promovem uma significativa redução no grau de dependência entre empresa e presença física dos colaboradores.

Sistemas especialistas são ferramentas adequadas para o treinamento de grupo de pessoas de foram rápidas, podendo servir após treinamento instrumentos de coleta de informações sobre o desempenho dos treinados obtendo subsídios para reformulação de lições para obtenção de melhor desempenho, além de prestar suporte imediato para os treinados durante a utilização do conhecimento nas realizações de suas tarefas diárias.

Quanto ao modo de treino, as RNA (Redes Neural Artificial) dividem-se, como já referido, em supervisionadas e não supervisionadas, referindo-se este termo à necessidade de registros de valores reais. No caso particular desta rede, o processo de minimização do erro mais utilizado é a retro propagação (e respectivas adaptações).

A retro propagação pode ser aplicada de duas formas, a determinística (*batch learning*) e a estocástica (*incremental learning*). Clarificar estes conceitos é conveniente introduzir as noções de padrão de treino. Para este efeito, atenda-se a que as RNA, as funções(1):

$$e(n) = d(n) - z(n) \quad (1)$$

Em que o índice n varia no intervalo $n = 1, 2, \dots, N$, sendo N o número total de exemplos de treinamento. Para evitar que valores de erro com sinais positivos anulem valores com sinais negativos, toma-se o erro quadrático de cada amostra, levando em consideração todas as saídas da rede (2):

$$E(n) = \frac{1}{2N_s} \sum_{k=1}^{N_s} [e(n)]^2 \quad (2)$$

Para uma análise geral do treinamento utiliza-se a média dos erros quadráticos das amostras de todo o conjunto de treinamento. Esta medida, denominada MSE, é dada por (3):

$$E(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N E(n) \quad (3)$$

Em que, t denota o número de épocas de treinamento. Uma época é contada a cada apresentação à rede neural de todos os exemplos do conjunto de treinamento.

A estrutura básica desse sistema se dá conforma a (Figura 3) a seguir:

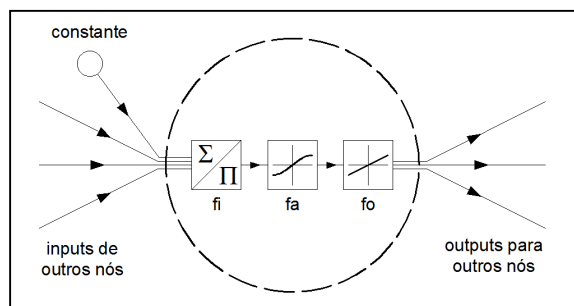


Figura 3 – Conceito de neurônio generalizado

Um neurônio é uma unidade de processamento de informação que é fundamental para a operação de uma rede neural. O diagrama em bloco da (figura 3) mostra o modelo de um neurônio, que forma a base para o projeto de redes neurais (artificiais) (Haykin-1999).

Tal como referido anteriormente, as operações que se realizam dentro do nó de uma RNA podem ser três:

- Função de input (fi) – No caso mais comum corresponde ao somatório dos inputs num único valor real, mas outras concepções, tais como o pia tório, também podem ser aplicadas;

- Função de ativação (fa) – Esta função faz corresponder o resultado da função de inputs a um nível de ativação do nó, variando normalmente entre -1 e 1 ou entre 0 e 1;
- Função de output (fo) – Aplica-se a função de output para produzir um sinal a partir do nível de ativação do nó. Na maioria dos casos esta função não é utilizada, pois o que é transmitido é simplesmente o nível de ativação.

Descrição sumária do estudo tem:

Os dados disponíveis treinaram-se vários modelos de redes neurais artificiais (RNA ou *artificial neural networks* (ANN)), pretendendo simular o comportamento dos equipamentos de fabrica no abastecimento de insumos na linha de montagem da produção.

Não obstante os modelos conexionistas, como as RNA, serem poderosos, para obter um modelo fiável e robusto, e dado que as RNA são um tema que se reveste de alguma complexidade, foram desenvolvidos vários mecanismos de análise e melhoramento dos resultados. Seguiu-se esta óptica, recorrendo à otimização dos modelos aplicando algoritmos genéticos.

Treinado o modelo com qualidade, adequados aos dados disponíveis e com boa capacidade de generalização, procedeu-se à análise e interpretação dos resultados obtidos a seguir no decorrer deste artigo, seguindo-se, posteriormente, a aplicação dos modelos à previsão da degradação da rede no futuro, em função do estado atual e diversos parâmetros normalmente fixados pela entidade gestora.

Para o desenvolvimento dos cálculos deste trabalho utilizou-se unicamente os programas, Microsoft Excel™ e Matlab™ (com *Neural Network Toolbox™* e *Genetic Algorithms Toolbox™*).

A programação foi executada com o ambiente do Matlab™, incluindo ferramenta SIMULINK que promovem a interface entre os vários programas. Pretendeu-se, assim, compilar uma série de ferramentas e procedimentos, que aplicadas numa ordem lógica facilitassem e estruturassem o tratamento de dados e o treino de RNA, não só para problemas semelhantes aos tratados, mas cobrindo um âmbito mais geral. Em síntese, pretende-se que o trabalho exigido ao utilizador se concentre nas áreas que mais interessam: o tratamento e preparação dos dados e a análise de resultados.

Introduzido conceitos sobre as RNA, justificando-se a utilização destas ferramentas. Inclui-se, também, a apresentação de aspectos da evolução histórica, sobretudo das RNA, uma vez que o seu peso neste trabalho o justifica.

Foi levado em consideração o cabo como a síntese da atividade de avaliação de rotina do abastecimento de uma linha de produção e suas tecnologias utilizadas e seguidas de tendências atuais.

Após a introdução às RNA (Figura 4), é dedicado a uma descrição mais prática dos problemas identificados, das soluções encontradas e das metodologias propostas de utilização destas ferramentas, em problemas semelhantes aos estudados.

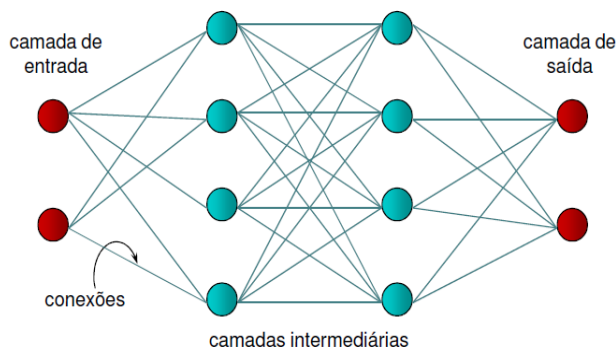


Figura 4 – Modelo de um nó de uma RNA.

VI. MAPAS DE LOCALIZAÇÃO

Para o sucesso da aplicação em um local de supermercado de peças, o ambiente onde estão os transportadores móveis (AGV's – Veículo Auto-Guiado) precisa ter a capacidade de se auto localizar precisamente, utilizando-se para isso um mapa da área a ser implantada.

Localização através de mapas é a técnica em que um transportador usa seus sensores para perceber o ambiente e com essas informações constrói um mapa do local, o qual é comparado com o mapa global do ambiente já armazenado na sua memória. Se o resultado da comparação for positivo, então uma correspondência para o teste foi alcançada e o transportador de peças pode assim calcular sua posição dentro do ambiente (Figura 2).

O mapa da área de circulação do transportador é utilizado neste processo de comparação, com um modelo criado no ambiente virtual no Matlab™ e o ambiente a ser construído pelo próprio transportador em uma navegação, um reconhecimento do local, pode ser assim chamado de *exploração do ambiente a ser avaliado* (Figura 5).

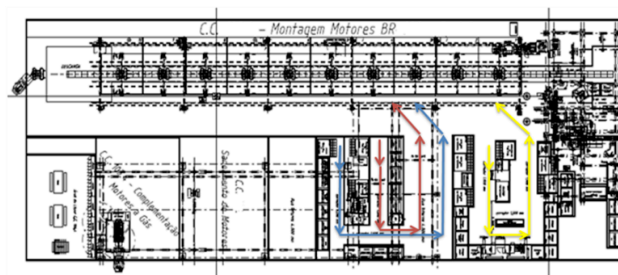


Figura 5 – Caminho para reconhecimento do transportador.

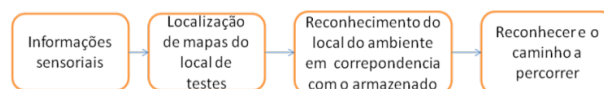


Figura 6 – Fluxo para reconhecimento do transportador.

Por exemplo, um transportador robotizado caso sentir uma parede a 5 metros e se mover 1 metro, ele pode concluir que a parede está agora a 4 metros de distância. A consequência direta é que a relação entre informações adquiridas em lugares diferentes pode ser usada para tirar conclusões que de fato o princípio se concluiu conforme queria deduzir.

A utilização de um modelo do sensor permite detectar entre situações a posição relativa do local implantadas e similares ao do local a ser implantado. Desta forma, se utilizada à necessidade de redes treinadas com diferentes

algoritmos, com parâmetros ou quantidade de neurônios, a fim de alcançar o melhor desempenho nos testes.

AGV tem de ser capaz de se deslocar de uma forma autônoma e realizar uma série de operações de forma a transportar pequenos volumes de um posto de trabalho para o armazém e vice-versa, podendo este ser distribuído. O AGV deve ser flexível, podendo adaptar-se a diferentes ambientes de forma rápida e intuitiva para os utilizadores, não necessitando de grandes alterações ao ambiente envolvente (fios enterrados ou linhas pintadas no chão).

Pretende-se ainda que este seja que de dimensões reduzidas, com velocidade de curva 36 metros por minuto e no percurso de reta 50 metros por minuto e com carga reduz-se em 10% de sua velocidade em todo o percurso com locomoção baixa, de forma a não comprometer perigo à integridade humana que interage no mesmo meio.

VII. SOFTWARE SIMULAÇÃO MATLAB E A IMPLEMENTAÇÃO.

Com a utilização de algoritmos no Matlab realizou-se teste de decisão obtendo-se resultados positivos na intenção do trabalho em local de autonomia, sendo que os testes foram realizados com os algoritmos de simulação - não se utilizou aplicação de transportadores robotizados reais, em virtude dos erros de vários testes durante o processo. Sabe-se que os algoritmos por reforço necessitam interagir bastante com o ambiente real, experimentos de diversas formas e de varias vezes no estado de ação real do sistema, foram executados a fim de observar uma conclusão satisfatória dos algoritmos.

Onde foi baseada a operação de Redes Neurais em testes - o sistema de localização de transportadores de peças robotizados- os experimentos foram desvirtuando do objetivo principal da pesquisa - que era verificar a sensibilidade dos algoritmos na qualidade de movimentação de robôs. Desta forma, com o uso do mapa de probabilidade se reataria a programação de robôs na tomada de decisão no caminho traçado por mapas (Figura7).

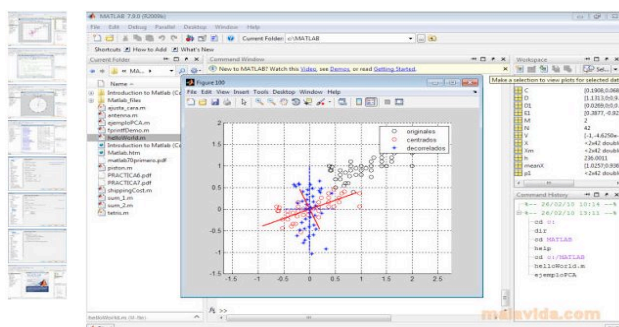


Figura 7– Modelo da Ferramenta Matlab

VIII. CONCLUSÃO

Observou-se que as redes neurais possuem um vasto campo de aplicação e seu conceito já está bastante difundido, tanto na pesquisa quanto nas empresas. Diversos softwares comerciais que empregam redes neurais para resolver problemas. Como foi colocado esse artigo que pouco esforço é dedicado na implementação de redes

neurais em hardware. Finalmente, analisando as características de redes neurais, podemos estar na área da computação que tem um campo amplo para o futuro.

Para atingir o objetivo constatou-se que a melhoria contínua nos processos de chão-de-fábrica deve ser uma constante. Esta pesquisa acadêmica abre a conceito da importância de aplicações da área de automação na logística de suprimentos, coletas e na programação de produção das empresas.

Segundo Ballou (2001, p. 52) “o custo logístico é o segundo maior dispêndio de uma empresa e perde somente para o custo do produto”. Outra visão do processo de transformação e movimentação é fundamental e devem ser um dos focos do negócio: a empresa objetiva estar agregando o máximo valor aos seus produtos. Assim, o fluxo físico deve ser entendido, planejado e executado de forma a criar valor.

Neste contexto a escolha de automatizar o abastecimento do supermercado da linha de montagem se justificou além da relação custo-benefício:

As melhorias aqui propostas mostram que é possível tornar a atividade de programação e controle de produção na aplicação do software de simulação antes de implantar no sistema utilizado nas empresas já padronizada e consistente, contribuindo assim cada vez mais para a sua eficácia.

Na linha de montagem em estudo foram gastos investimentos abaixo dos praticados, pois não ocorreram gastos significativos e tempo de homem/hora em testes e recursos de materiais físicos, que torna o projeto viável no abastecimento de insumos para uma linha de produção e sua implementação.

O índice de remontagens de trabalhos refeitos foi muito baixo, mais do que a linha convencional. Entre 40 e 50% menos erros nos índices de qualidade.

Na análise de variantes entre uma linha convencional e a linha com abastecimento automatizado, que hoje opera com 3 e 4 variantes ainda é necessário ampliar a experiência com 20 variantes do seu abastecimento, por exemplo, observar se o controle automático do abastecimento é 100% eficiente.

IX. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Andreasson, H.; Duckett, T. "topological localization for mobile robots using omnidirectional vision and local features".in proc. iav 2004, the 5th ifac symposium on intelligent autonomous vehicles, 2004.
- Ballou, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de abastecimento: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Barreto, J. M. (2002). Introdução as Redes Neurais Artificiais.
- <http://www.inf.ufsc.br/barreto/tutoriais/Survey.pdf>.
- Braga, A. P., Carvalho, A. C. P. L. F., and Ludemir, T. B. (2000). Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações. Rio de Janeiro: LTC.
- Bourg, David M.; Seeman, Glenn. AI for Game Developers. Sebastopol: O'Reilly. 2004
- Chen, Z.; Birchfield, S. T. "qualitative vision-based mobile robot navigation".ieee international conference on robotics and automation (icra), orlando, florida, 2006.
- Fairhurst, 1988, Fairhurst, M. C.; computer vision for robotic systems an introduction, prentice hall, 1988.

Ferneda, Edberto. Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação. Ci. Inf., Brasília, v. 35, n. 1, p. 25-30, jan./abr. 2006

Haykin, S. (1999).neural networks: a comprehensive foundation. 2ª ed. new jersey: prentice-hall inc. martinez, v. o.; costa, a. h. r. "reconhecimento de marcos visuais como cenas para localização de robôs móveis", 2005.

Martins, P. G.; Laugeni F. B. Administração da produção. São Paulo: Saraiva, 1998.

Mendes, Raquel Dias. Inteligência Artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da Informação. Ciência da Informação: Brasília, v.26,n1, jan/abr.1997,

Rao, R. P. N.; Zelinsky, G. J.; Hayhoe M. M.; Ballard D. H. "eye movements in iconic visual search", vision research, 2002.

Silva, L.L.; Tronco, M.L.; Vian, H.A.;Porto, A.J.V.; "classificação e caracterização de ambientes para navegação de robôs móveis baseada em mapas", xvii congresso brasileiro de automática, juiz de fora, setembro de 2008.

Silva, L.L.; Tronco, M.L.; Vian, H.A.;Porto, A.J.V.; "navegação de robôs móveis através de modelagem de ambientes utilizando rede neural hierárquica",x encontro de modelagem computacional, instituto politécnico/uerj,novembro de 2007.

Tompkins, James A.et.al – facilities planning. 2ª ed. nova iorque: john wiley& sons, 1996

X. COPYRYGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo



RISCOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM RAZÃO DO MODO DE ATUAÇÃO DAS EMPRESAS LIMPA-FOSSA NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.

FERNANDA POSCH RIOS^{1,2}; ERALDO HENRIQUES DE CARVALHO², SIMONE COSTA PFEIFFER²; MARIA ERCILIA LOUZADA².

1 – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS;

2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

fprios@gmail.com

Resumo - O presente estudo foi realizado na Região metropolitana de Goiânia e identificou a atuação das empresas prestadoras de serviços de limpa-fossa na coleta, transporte e disposição final de esgotos não domésticos. Foi feito contato com cada uma das empresas, por meio da simulação de um possível cliente com necessidade de retirar um efluente industrial com volume total de 7 m³, caracterizado pela presença de grande quantidade de matéria orgânica, contaminado com metal pesado e proveniente de um curtume. Verificou-se que 44% das empresas prestadoras de serviços de limpa-fossa realizam a coleta e transporte de esgotos não domésticos, com disposição em locais inadequados, apesar da atuação dos órgãos fiscalizadores do meio ambiente. Ficou demonstrado que o risco de multa e apreensão do caminhão é compensado pelo maior retorno financeiro que esse tipo de serviço garante às empresas. Observou-se uma variação de preços praticados em até 300%.

Palavras-chave: Esgoto não doméstico, Limpa-fossa, Região Metropolitana de Goiânia, Efluente industrial.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta déficits na área de saneamento ambiental com parcelas significativas da sua população sem acesso aos benefícios de água tratada e de rede coletora de esgotos. As condições de vida e de saúde alicerçam as diferenças observadas entre as regiões brasileiras e também, entre os espaços urbanos e rurais. Políticas de saneamento vêm sendo identificadas como prioridades que poderiam constituir um importante fator de equidade social.

A presença de efluentes e resíduos poluentes ou contaminantes gerados em muitas atividades produtivas, desenvolvidas para a subsistência do ser humano, pode interferir na eficiência de um sistema de tratamento de esgoto sanitário. A implantação de atividades produtivas de bens e serviços faz parte do processo de ocupação urbana e expansão das cidades. Na definição do regime de produção de uma atividade econômica é preciso considerar o uso racional da água, o controle de emissão, lançamento e disposição final de efluentes gasosos, líquidos e sólidos, assim como a importância da geração do emprego e renda e desenvolvimento da sociedade.

Mota (2006) atesta que o impacto negativo na vida aquática dos mananciais que recebem os esgotos sanitários ocorre pela presença de microorganismos patogênicos provenientes dos dejetos de origem humana e pelo consumo do oxigênio dissolvido na água para a biodegradabilidade da matéria orgânica ali presente. Quanto ao lançamento de

efluentes industriais, além da matéria orgânica, substâncias químicas tóxicas ao homem e a outros animais podem chegar aos corpos receptores. Os esgotos precisam, portanto ser coletados e ter um destino adequado, para evitar a transmissão de doenças ao homem e minimizar os impactos ambientais.

A empresa Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO), responsável pela promoção do saneamento básico no estado de Goiás, estabelece, por meio do artigo 123 do regulamento dos serviços públicos de água e esgotos sanitários para os caminhões limpa-fossa de empresas prestadoras de serviços e de instituições públicas que: (1) seus efluentes somente poderão ser lançados em pontos definidos de unidades operacionais da SANEAGO; e (2) é permitido o lançamento apenas de efluentes oriundos de fossas de residências, hospitais ou outros caracterizados como esgotos sanitários.

Até o ano de 2004, os caminhões limpa-fossa que atendiam a região metropolitana de Goiânia, despejavam os resíduos coletados na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Parque Atheneu. Em 2003, uma população de 37.766 pessoas era atendida por aquela ETE, além do recebimento diário de uma cota de seis caminhões limpa-fossa, com uma capacidade média aproximada de 8 m³ cada um (SANEAGO, 2003).

O aumento da vazão média diária de entrada na ETE Parque Atheneu e, consequentemente da carga orgânica a ser tratada, aproximou dos limites máximos estabelecidos em projeto para a operação daquele sistema. Essa situação levou a SANEAGO a definir a concentração do recebimento de resíduos provenientes de todos os caminhões limpa-fossa na ETE Hélio Seixo de Britto, – ETE Goiânia.

Por se tratar de outro processo de tratamento, a ETE Goiânia adota o Sistema de Tratamento Primário Quimicamente Assistido, diferentemente do Sistema de lagoas de estabilização adotada na ETE Parque Atheneu, a empresa SANEAGO, prevendo a ocorrência de possíveis dificuldades de operação na ETE Goiânia, estabeleceu medidas restritivas para recebimento de resíduo coletado por caminhão limpa-fossa contendo despejos industriais ou efluentes líquidos com produtos químicos, gorduras, óleos, graxas, tintas, solventes, materiais tóxicos, resíduos sólidos ou outros produtos que poderiam prejudicar o funcionamento daquela estação de tratamento de esgoto.

Sabe-se que o resíduo cujo despejo está proibido na estação de tratamento de esgotos de Goiânia continua sendo produzido diariamente. As medidas restritivas da SANEAGO podem reduzir o campo de trabalho das

empresas e contribuir para a ocorrência do lançamento em locais inadequados.

O presente estudo teve o objetivo de identificar as empresas prestadoras de serviços de limpa-fossa que atendem a região metropolitana de Goiânia e conhecer as alternativas adotadas por elas para a disposição final de esgotos não domésticos, após a definição das medidas restritivas, tomadas pela SANEAGO, relacionadas ao recebimento deste tipo de resíduo.

II. PROCEDIMENTOS

A Região Metropolitana de Goiânia (RMG), conhecida popularmente como Grande Goiânia, é um conjunto urbano constituído de uma cidade principal - Goiânia, capital do estado de Goiás, englobando mais doze municípios: Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Goianápolis, Goianira, Guapó, Hidrolândia, Nerópolis, Santo Antônio de Goiás, Senador Canedo e Trindade, conforme está mostrado na Figura 1. A referida região é atendida por 27 empresas prestadoras de serviços de limpa-fossa.

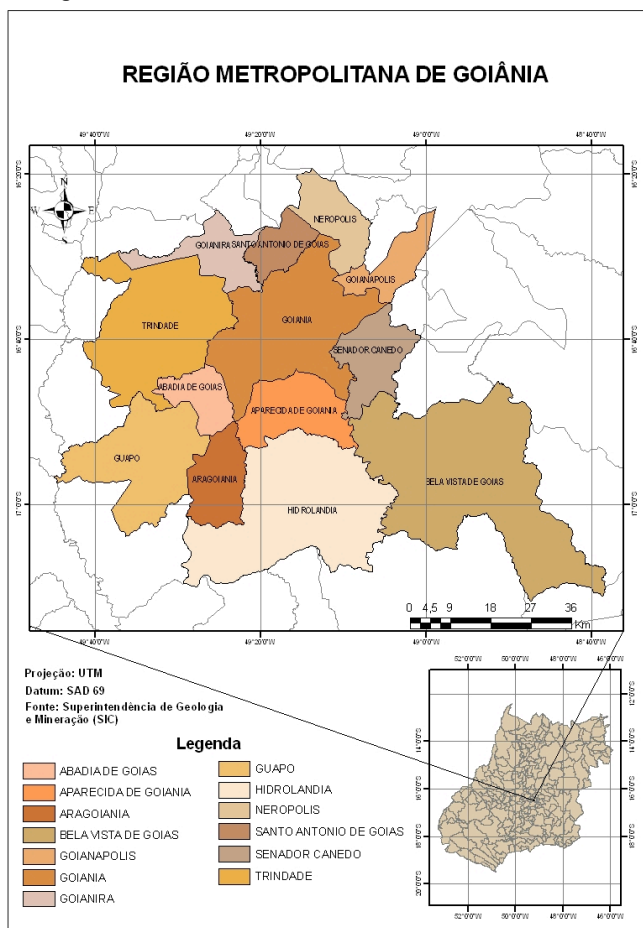


Figura 1 – Mapa da região metropolitana de Goiânia
Elaborado por NOGUEIRA, 2009.

Durante o período de realização da pesquisa foi feito contato com cada uma das empresas, por meio da simulação de um possível cliente com necessidade de retirar um efluente industrial, com volume de 7,0 m³, rico em matéria orgânica, proveniente de um curture e contaminado com metal pesado (nesse caso o cromo).

Para a confiabilidade dos dados obtidos durante a solicitação do serviço foi garantida: (1) cautela em se estabelecer o diálogo com a pessoa realmente responsável pela empresa, descartando conversas com secretárias e demais funcionários; (2) aplicação das questões na mesma ordem para todas as empresas; e (3) esclarecimento, por parte do possível contratado, de todas as características do lodo que se pretendia remover.

As empresas foram indagadas sobre a possibilidade de realização do serviço. Em caso de recusa, o empresário foi questionado se faria a indicação de outra empresa que o realizasse. Foi feita a identificação dos motivos que levam a empresa prestadora de serviços de limpa-fossa a rejeitar os serviços de coleta e transporte de resíduos, com parâmetros fora dos limites toleráveis estabelecidos pela ETE Goiânia, para o recebimento do mesmo, mediante a investigação a respeito: (1) do receio da multa e apreensão do caminhão; (2) da preocupação com o meio ambiente; ou (3) do desconhecimento da existência de local adequado para o tratamento e despejo desse tipo de resíduo.

Em caso de aceite de realização do serviço, a empresa foi questionada a respeito do local de lançamento do lodo coletado, do preço praticado, da preocupação com o meio ambiente, do conhecimento, por parte da empresa, da legislação ambiental e das possíveis penalidades no caso de seu descumprimento.

O diagnóstico da atuação das empresas limpa-fossa na coleta, transporte e destinação final de efluentes e lodos industriais permitiu verificar se as empresas realizam a coleta e buscam locais alternativos, possivelmente impactantes ao meio ambiente, para a destinação final de efluentes e lodos industriais.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os proprietários foram unânimes em afirmar durante as entrevistas presenciais que só realizavam a coleta de esgoto sanitário. Durante a simulação, via telefone, de possível cliente com necessidade de retirar um efluente industrial, declaradamente contaminado com cromo, foi verificado que, de fato, 15 empresas não realizariam a coleta e transporte de material que não atendessem aos padrões estabelecidos pela empresa SANEAGO, mas 12 empresas se dispuseram a realizar o serviço. Esse dualismo percebido sutilmente, durante as entrevistas presenciais, foi o que motivou a realização da simulação de um cliente, de modo a se obter um perfil do comportamento real desses empresários.

A falta de outro local disponibilizado pelos órgãos públicos e autorizado pelos órgãos fiscalizadores do meio ambiente, para a disposição final do resíduo coletado, foi a justificativa dada pelas empresas que rejeitaram o serviço.

Ao confrontar o receio da aplicação de multa e apreensão do caminhão com a preocupação com a preservação do meio ambiente, as 15 empresas entrevistadas foram unânimes em afirmar que a recusa ao serviço era devido ao receio das possíveis consequências da fiscalização.

Quanto ao local de disposição final do efluente coletado pode-se verificar que:

- uma empresa informou ser possível firmar convênio com empresa do ramo de tratamento de efluentes e lodos

industriais, localizada na cidade de Uberlândia (MG), e afirmou ter condições de enviar o efluente para ser tratado lá, desde que o custo de toda essa operação fosse repassado ao gerador;

- uma empresa aceitaria o serviço, mas recusou-se informar o local de disposição final;
- duas empresas assumiram que faziam, cotidianamente, o transporte do lodo de um curtume localizado na saída do município de Trindade (GO) para uma fazenda de localização próxima e de propriedade do referido curtume. Ambas afirmaram ter condições de lançar um adicional de 7m³ de resíduo de outra procedência na fazenda. Declararam, ainda, que esse procedimento é frequente;
- oito empresas assumiram adotar o procedimento de coletar e transportar resíduos cujo recebimento é recusado pela ETE Goiânia e informaram que os resíduos têm como destino final os lixões e aterros dos seguintes municípios: Goianápolis, Teresópolis de Goiás, Trindade, Goiânia, Inhumas, Nova Veneza, Campestre, Palmeiras de Goiás, São Luís dos Montes Belos e Iporá.

Foi possível observar que na cobrança para remoção desse tipo de resíduo, o preço é, no mínimo, quadruplicado em relação ao preço cobrado para a coleta e transporte de volume equivalente de lodo proveniente de esgoto sanitário. A distância do local de disposição final interfere no preço cobrado para a remoção do resíduo. A diferença dos preços praticados entre as empresas pesquisadas para a remoção do mesmo volume de resíduo chegou a 300%. A possibilidade de conseguir um aumento nos lucros é, provavelmente, o principal motivo de a empresa arriscar-se, perante a fiscalização dos órgãos ambientais, para o transporte desse tipo de resíduo.

IV. CONCLUSÃO

Ao final do estudo confirmou-se que o resíduo cujo despejo está proibido na estação de tratamento de esgotos de Goiânia continua sendo produzido diariamente. As medidas restritivas da SANEAGO contribuíram para a redução do campo de trabalho de algumas empresas.

Verificou-se que 44% das empresas prestadoras de serviços de limpa-fossa que atendem a região metropolitana de Goiânia tem realizado o lançamento de esgotos não domésticos em locais inadequados, apesar da atuação dos órgãos fiscalizadores do meio ambiente.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JORDÃO, E. P.; PESSÔA C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005
MOTA, Suetônio – **Introdução à engenharia ambiental**. 4ª Edição. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006. 388p
NOGUEIRA, A. K. Mapa da região metropolitana de Goiânia, 2009. Projeção UTM. DATUM SAD 69. Fonte: Superintendência de Geologia e Mineração, Ago. 2009.

SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A. **Relatórios Mensais de Operação da ETE Parque Ateneu**. Goiânia, 2003.

VI. COPYRIGHT

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

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio técnico e financeiro das seguintes instituições: Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FUNAPE), Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFGOIÁS). E aos funcionários da SANEAGO, AMMA e SEMARH.