

# REVISTA

# SODEBRAS

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 8 - Nº 86 - Fevereiro/ 2013  
ISSN - 1809-3957

## ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL  
Nesta edição

A TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NA GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE SEGURANÇA NO BRASIL O caso SiViU: um sistema para gestores municipais – Farid Nourani; Maria Isabel C. De Freitas; Maria Cecília V. S. Carneiro .....	03
UM ALGORITMO PARA GERAÇÃO DO ELEMENTO REPRESENTATIVO DO CONCRETO COM AGREGADOS GRAÚDOS EM FORMATO ELÍPTICO - Pianezzer, G. A.; Balbo, F. A. N.; Kaviski, E.; Gramani, L. M.; Teixeira, M. R .....	11
ENRIQUECIMENTO DE PÃO COM PIRACUÍ DA ESPÉCIE ( <i>Liposarcus pardalis</i> ) - Francisca Das Chagas Do A. Souza; Adriana Bezerra Da Costa.....	16
SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÉSTERES DERIVADOS DO ÓLEO DE SOJA - Samuel Mendes Da Nóbrega; Edesio Luiz Simionatto; Daniela Moser; Dilamara Riva Scharf; Rafael Gerber Neves .....	20
SUSTENTABILIDADE E O MODELO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA INTERFACE A SER CONSIDERADA - Francielle Zancanaro Weschenfelder; Mário Antonio Alves Da Cunha .....	24
ESTUDO DA REAÇÃO DE OXIDAÇÃO DE ETANOL SOBRE CATALISADORES POROSOS TRIMETÁLICOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS ELETROQUÍMICAS - Cláudia. V. G. G. Miranda; Isaide De A. Rodrigues; Fernanda De Almeida Nunes .....	28
AVALIAÇÃO DA EXPANSIBILIDADE TORÁCICA ATRAVÉS DA CIRTOMETRIA EM INDIVÍDUOS EM UM SHOPPING NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM/PA- Xavier S S; Lobato M L B; Farias R G; Melo L O S; Carvalho D S A S C; Oliveira A M; Melo W O S; Janahú L T A .....	33

PREVALÊNCIA DE ENTEROPARASIToses EM CRIANÇAS INTERNADAS EM UNIDADES PEDIÁTRICAS DE HOSPITAIS EM PELOTAS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL-NOTA PRÉVIA - Isis Almeida De Almeida; Maria Elisabeth Aires Berne; Marcos Marreiro Villela .....	36
ESTUDO DA DINÂMICA DE UMA MESA XY PARA TESTE FUNCIONAL DE TECLADOS - Etevaldo Dos Santos Costa; Marcio Abud Marcelino; Francisco Antonio Lotufo .....	39
ESTUDO DA PRODUÇÃO DE AMILOGLICOSIDASE POR ASPERGILLUS AWAMORI POR DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS - Fabiano Rodrigues De Souza; Sônia Maria Da Silva Carvalho; Leonor Alves Da Silva Oliveira; Nei Pereira Jr; Marcio A. Da Silveira; Ana Paula M. R. Bastos; Spartaco A. Filho .....	46
PROPOSTA PARA SUBSTITUIÇÃO DE MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA POR MOTOR SÍNCRONO COM ÍMÃS PERMANENTES - Paulo Henrique Nicoletti; Marcio Abud Marcelino; Francisco José Grandinetti .....	51
BISCOITOS PRODUZIDOS COM RESÍDUO DA PUPUNHA (BACTRIS GASIPAES KUNTH): AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAL - Margarete De Sá Soares; Elizabeth Batista Gomes; Jaime Paiva Lopes Aguiar; Lucia Kiyoko Ozaki Yuyama; Francisca Das Chagas Do Amaral Souza .....	58
ESCOLARIZAÇÃO INDÍGENA TUPINAMBÁ: UMA ANÁLISE DA PRÁTICA DOCENTE NA COMUNIDADE ITAPOÃ DE OLIVENÇA, ILHÉUS – BAHIA - Marcella Gomez Pereira; Maria De Fátima S.S Oliveira; Christiana Cabicieri Profice; Emerson Antônio Rocha .....	63
TRANSMISSÃO SIMPLEX POR FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA DE MEDIÇÕES DE POTENCIAIS ELÉTRICOS EM SISTEMAS DE ALTA TENSÃO - Amauri Dos Santos; Marcio Abud Marcelino; Pedro Paulo Leite Do Prado .....	69
IMOBILIZAÇÃO CELULAR DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE PARA FERMENTAÇÃO DE MATERIAL AMILÁCEO DE BATATA DOCE - Ana Fátima Cardoso; Fabiano R. De Souza; Márcio A. Da Silveira; Nei Pereira Jr ..	77
VERTICAL SEGREGATION OF <i>SERRAPINNUS PIABA</i> AND <i>SERRAPINNUS HETERODON</i> (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) IN A RIVER STRETCH IN NORTHEASTERN BRAZIL - Luis Artur Valões Bezerra; Ronaldo César Gurgel Lourenço; Jorge Iván Sánchez-Botero .....	81
UMA VISÃO DOS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - Luis Carlos Machado; Ângelo Márcio Oliveira Sant'anna .....	86
IDENTIFICAÇÃO QUÍMICA E MICROESTRUTURAL DE FERRITAS UTILIZADAS NA ELETROELETRÔNICA - Érika Aparecida Da Silva; Rodrigo Pinto De Siqueira; Teófilo Miguel De Souza .....	94
LÓGICA MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL COMO INSTRUMENTO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DA MATEMÁTICA - Nilton Miguel Da Silva; Abel Rodolfo Garcia Lozano; Jurema Rosa Lopes .....	99

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



## A TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NA GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE SEGURANÇA NO BRASIL

### O caso SiViU: um sistema para gestores municipais

FARID NOURANI, MARIA ISABEL C. DE FREITAS, MARIA CECÍLIA V. S. CARNEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS, IGCE  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, UNESP  
RIO CLARO, SP  
{faridn;ifreitas;mcsaenz}@rc.unesp.br

**Resumo** - Este trabalho descreve os resultados de um estudo sobre o uso da tecnologia de informação em órgãos relacionados à segurança pública no Brasil. Assim, são apresentadas algumas iniciativas do setor público, bem como da sociedade civil, discutindo a necessidade e a importância desta tecnologia como uma ferramenta de apoio a tomada de decisões em políticas públicas de segurança. Particularmente, apresenta-se o SiViU, um sistema de informação sobre violência urbana, desenvolvido com intuito de prover aos administradores públicos municipais uma ferramenta de apoio em suas tomadas de decisão no controle de níveis de violência urbana.

**Palavras-Chave:** Tecnologia de Informação. Políticas Públicas. Sistemas de Informação. Gestão Pública.

**Abstract** - This paper describes the results of a study on the use of information technology in agencies related to the public safety in Brazil. Thus some initiatives of public sector, as well as civil society, are introduced and discussed the need and importance of this technology as a tool to support decision making in public safety policies. Particularly, we present the SiViU, an information system on urban violence, developed with the aim of providing municipal administrators a tool to support their decision-making in controlling levels of urban violence.

**Keywords:** Information Technology. Public Policy. Information Systems. Public Management.

#### I. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as Tecnologias de Informação (TI) se configuraram como a mola propulsora do desenvolvimento. Entretanto, o desenvolvimento, o aprendizado e o acesso a essas tecnologias ocorreram de maneira desigual em diversos setores da sociedade [1].

No setor público brasileiro, o processo da incorporação e utilização das tecnologias de informação e comunicação, avançou a passos mais lentos, reprimido pela lentidão da reforma administrativa.

Com o avanço acelerado do uso de sistemas de banco de dados, sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão nas organizações privadas e o consequente aumento indiscutível da qualidade da administração e do lucro das empresas, em países desenvolvidos, o setor público resolveu lançar mão desses recursos em todas as áreas de gestão. Surgiu, então, o termo *Governo Eletrônico* ou *e-Gov* e as correspondentes aplicações ([2], [3], [4]). Estes sistemas, além de facilitar a execução das responsabilidades do governo, contribuem para a sua maior democratização [5].

No Brasil, é somente a partir dos meados da década de 80, que começa surgir o uso mais frequente de sistemas computacionais em alguns setores da administração pública. Por exemplo, no Estado de São Paulo, considerado o estado mais desenvolvido do país, é somente a partir de setembro de 2001, que a Secretaria da Segurança Pública, por força da lei, é obrigada a usar sistemas computacionais para registro e gerenciamento de dados criminais, e lança oficialmente o Sistema de Informações Criminais (Infocrim), destinado a controle e produção de estatísticas de criminalidade, em todas as cidades paulistas [6].

Porém, em administrações municipais a carência em TI é mais acentuada, o que tem comprometido a qualidade de decisões tomadas, principalmente em políticas públicas sociais.

#### II. TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NA ESFERA DO ESTADO BRASILEIRO

Como menciona Ferreira em [4], é necessário que o Estado veja a informação como um recurso de gestão e desenvolvimento para o país, sendo de suma importância a participação direta da sociedade nas decisões políticas e na gestão dos serviços públicos, bem como o livre acesso do cidadão à informação pública.

Assim, a informação se torna um redutor de incertezas e pode viabilizar a elaboração, implantação e avaliação de políticas públicas de maior eficácia e eficiência, uma vez que possibilita análise melhor da complexidade social das demandas e contradições dessas políticas.

No contexto do Estado, a informação está voltada para a análise da realidade social e consequente elaboração, aplicação e controle de políticas públicas que promovam o bem-estar da coletividade [4].

No Brasil, já está em vigor, a partir de 16 de maio de 2012, a lei de Acesso a Informação, o que representa um avanço considerável e pode trazer notáveis benefícios para a sociedade como um todo e para a gestão pública como consequência.

Entretanto o caminho percorrido até este avanço foi bastante tortuoso e longo. Há mais de três décadas atrás, em 1975 foi criado o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, com o intuito de estabelecer uma política nacional de informação, ideia recorrente na evolução dos serviços informacionais no país [7].

Contudo, naquele tempo, em razão da situação política do país, não houve avanços significativos nesta área, ao menos no sentido de disponibilizar informações públicas, a

fim de fomentar discussões e articulações que pudessem promover maior bem-estar social. Pois, indubitavelmente, isto iria elevar o nível da transparência do Estado, o que não era de interesse dos dirigentes.

As primeiras iniciativas do poder público neste sentido se consolidam através do Programa Sociedade da Informação, resultado da discussão promovida pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, realizada em 1996 ([8], [9]).

A partir daí, o Governo Federal começou a promover, de forma institucional, o uso das novas tecnologias de comunicação na esfera social, estatal e privada [4]. O que se esperava desse programa era elevar o número de cidadãos conectados à Internet, possibilitando grande acesso à informação, inclusive a informação produzida pelo Estado e disponibilizada em *sites* governamentais.

Rumo a uma nova e sólida redemocratização, sempre há necessidade de grandes mudanças e profundas reformas conceituais e ideológicas, bem como, e principalmente, na reorganização da máquina estatal e de seus procedimentos operacionais.

Entretanto, grandes reformas sempre exigem dois ingredientes de suma importância: planejamento e tempo. Infelizmente, a cultura sócio-política brasileira ainda não conseguiu assimilar, muito menos implementar, planejamentos em longo prazo. Encontrar exemplos de planejamento ao longo prazo, na história política brasileira, é algo bastante desafiador.

Em partes, isto pode ser em razão de escassez de recursos, mas principalmente, é em função da visão imediatista, que predomina o pensamento da grande maioria dos gestores públicos, com muitas manifestações também no setor privado. Outros autores também corroboram com esta tese, como por exemplo, Luiz Eduardo Soares, quando afirma em [10]: “Dada a contradição, no Brasil, entre o ciclo eleitoral (bienio, posto que os detentores de cargos executivos engajam-se, necessariamente, nas disputas para as outras esferas federativas) e o tempo de maturação de políticas públicas de maior porte e vulto (aquelas mais ambiciosas, que exigem reformas e ferem interesses, provocando, em um primeiro momento, reações negativas e efeitos desestabilizadores), torna-se oneroso, politicamente, arcar com o risco das mudanças, e, portanto, do ponto de vista do cálculo utilitário do ator individual, torna-se irracional fazê-lo.”

Em grande parte é em função deste paradigma que muitas boas ideias não se tornam frutíferas, na esfera das instituições públicas brasileiras, até mesmo no seio das academias, onde isto se torna até um paradoxo, uma vez que são elas que ensinam ao mundo como se deve planejar.

No caso de planos e projetos do governo brasileiro na área de segurança pública, não houve uma exceção à regra. O enfoque de análise deste trabalho foi direcionado à área de segurança pública em função da extrema carência dos órgãos públicos deste setor no Brasil, em relação à utilização de ferramentas de TI em seu processo de tomada de decisão, conforme pesquisa realizada em municípios de médio porte do estado de São Paulo [11].

### III. TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NA SEGURANÇA PÚBLICA

A implantação de sistemas informatizados e a consequente racionalização operacional e administrativa oriunda do seu uso competente representam a forma pela qual a informação pode ser corretamente administrada e empregada em prol da melhor manutenção de segurança

para a população. Neste trabalho são apresentadas algumas iniciativas do Governo Federal e do Governo do Estado de São Paulo quanto à implementação e utilização de sistemas de informação específicos ao uso em órgãos de segurança pública.

#### A. Algumas Iniciativas do Governo Federal

1) *INFOSEG*: é uma rede de informações, coordenada pela Secretaria Nacional de Segurança Pública, no âmbito do Ministério da Justiça. Este sistema reúne dados oriundos de bases da segurança pública, da justiça e de sistemas de fiscalização, fornecidos pelos Estados e por alguns órgãos do governo federal, mantendo a autonomia da gerência dos dados com o órgão detentor da informação.

O sistema pode fornecer informações sobre Inquéritos Policiais, Processos, Armas de Fogo, Veículos, Condutores, Mandados de Prisão, entre outras. A Rede disponibiliza informações por meio da internet em âmbito nacional, utilizando um índice onde é possível acessar informações básicas de indivíduos. O detalhamento dessas informações é acessado, a partir de uma consulta inicial no índice, diretamente nas bases estaduais de origem. Estas informações são atualizadas automaticamente, em tempo real, à medida que as bases de origem sofrem alterações em seus estados de origem.

Atualmente o sistema também permite ao usuário da Rede INFOSEG, de acordo com seu perfil, o acesso direto às bases do SINARM (Serviço Nacional de Armas), RENACH (Registro Nacional de Carteira de Habilitação) e RENAAM (Registro Nacional de Veículos Automotores). A fim de poder disponibilizar para cada usuário somente as informações necessárias de acordo com a sua função, dentro de sua instituição, foram criados perfis de usuário.

2) *AFIS*: Sistema Automatizado de Identificação de Impressões Digitais (Automated Fingerprint Identification System) é um sistema usado para comparar uma impressão digital, ou mesmo alguns fragmentos, com as impressões digitais armazenadas em sua base de dados, a fim de identificar o indivíduo a quem pertence a impressão digital.

Na área de identificação de criminosos, estes sistemas têm provado a sua eficácia e estão se tornando recursos obrigatórios nos departamentos policiais do mundo inteiro. Em 1979 foram instalados dois sistemas desta natureza nos Institutos de Identificação da Bahia e de São Paulo, com a ideia de criação do RIC (Registro de Identificação Civil), que permitiria unificação do sistema de identificação nacional. Contudo, pouco tempo depois foram descontinuados, em razão de problemas provocados por falta de manutenção, decorrente da falta de vontade política.

A proposta inicial do RIC era unificar em um só número todos os registros de identificação existentes nos estados e na União. O tema chegou a ser discutido em 2004 por vários setores do governo, mas a ideia não vingou. Finalmente, após 13 anos de protelação, o novo Registro de Identificação Civil (RIC), foi regulamentado no dia 06 de maio de 2010, com a publicação do decreto nº 7166, assinado pelo Presidente da República. O RIC modifica a identidade do cidadão brasileiro, com um processo informatizado que ajuda a evitar falsificações e torna mais rápida o compartilhamento de dados sobre uma pessoa em todo o território nacional.

O sistema AFIS brasileiro foi desenvolvido sob a coordenação da Polícia Federal, através do Instituto

Nacional de Identificação (INI), com suporte tecnológico da empresa Atech Tecnologias Críticas. Com o novo software, as polícias Civil e Federal e o Ministério Público, de qualquer ponto do País, poderão inserir informações sobre os criminosos, como também obter dados sobre um possível suspeito. Todo o processo é feito em tempo real. O governo federal denominou essa integração de SIN (Sistema de Identificação Nacional).

A implantação do AFIS criminal agiliza a conclusão das perícias papiloscópicas, identificando de forma instantânea a impressão digital de possíveis suspeitos, deixadas em objetos ou nas cenas dos crimes. O programa realiza automaticamente a leitura e a comparação dos fragmentos de impressões digitais.

Existe a ideia de usar o sistema, também, nos setores da sociedade civil, sempre que for necessária a identificação pessoal dos indivíduos. Assim, o Brasil passará a contar com mais um dispositivo para evitar fraudes previdenciárias, sonegação fiscal, eleitoral e até mesmo crimes considerados comuns, como falsidade ideológica.

3) *SINESPJC*: Sistema Nacional de Estatísticas de Segurança Pública e de Justiça Criminal, é uma base de dados alimentada continuamente com estatísticas de segurança pública e justiça criminal de todo o Brasil. A principal motivação do seu desenvolvimento foi a criação de conhecimento que promova a integração das organizações de segurança pública, facilitando ações de planejamento nesta área.

Sua gestão é de responsabilidade da Coordenação Geral de Pesquisa e Análise da Informação, da Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) e conta com o trabalho de gestores estaduais que têm a responsabilidade de enviar e validar os dados sistematicamente. O sistema possibilita realização de diversas estatísticas sobre a segurança pública, tanto sobre a ocorrência de crimes como também sobre a infraestrutura dos órgãos de segurança e a sua atuação. As estatísticas podem ser usadas por órgãos governamentais, sejam a nível federal, estadual ou municipal.

Convém ressaltar algumas características deste sistema que merecem consideração e reflexão. A coleta de dados é realizada, baseada em procedimentos manuais, podendo ser empregados mecanismos automatizados, nos estados que possuem infraestrutura avançada em informática a serviço dos setores de segurança. A responsabilidade da coleta é dos gestores locais que enviam os dados. Apesar de terem sido estabelecidos critérios mínimos para assegurar uma qualidade aceitável nas estatísticas, não há mecanismos para garantir que estes critérios sejam obedecidos. Mesmo porque, alguns destes critérios, como por exemplo, a cobertura de coleta de dados, envolvem questões não triviais e facilmente podem confundir ou desestimular a sua observância.

Este sistema somente coleta dados de uma parte dos municípios brasileiros cuja população é superior a 100 mil habitantes. Mesmo assim, não são coletados todos os dados e sim, os dados de um conjunto definido de temas.

Entretanto, mesmo diante destas questões, a existência deste sistema pode ser justificada em razão de sua contribuição relevante no sentido de disseminar a cultura de valorização e uso das estatísticas, intensificar o uso das tecnologias de informação em prol da administração pública eficiente e viabilizar e elevar a transparência da máquina pública, proporcionando o melhor exercício da democracia.

## *B. Algumas Iniciativas do Governo do Estado de São Paulo*

A Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, através do Departamento da Inteligência da Polícia Civil (DIPOL), tem investido grandes esforços no desenvolvimento de infraestrutura adequada para que a polícia paulista possa desempenhar adequadamente as suas responsabilidades no novo cenário da sociedade moderna, respondendo à altura de suas necessidades e exigências.

A seguir são apresentados alguns sistemas desenvolvidos e às vezes adquiridos e adaptados pela DIPOL, através da sua Divisão de Tecnologia da Informação e em alguns casos em parceria com a PRODESP.

4) *RDO*: Registro Digital de Ocorrências é um sistema eletrônico de coleta de dados que permite registrar a ocorrência policial com detalhamento maior do ato criminoso, mais completo do que o antigo Boletim de Ocorrências, de onde as estatísticas policiais são derivadas como um subproduto [12].

A criação do RDO foi motivada em função da Resolução SSP-SP 160 e do Sistema de Informações Criminais, o Infocrim, uma vez que a fonte primária dos dados deste sistema é o registro dos Boletins de Ocorrências policiais (BO).

Portanto, concomitantemente com o desenvolvimento do Infocrim, em 1999, iniciou-se também o desenvolvimento do RDO, pela DTI da SSP. O RDO começou a ser implantado, nas principais cidades do estado, desde 2002, em substituição ao antigo IDP, programa de Informatização de Delegacias de Polícia. O RDO também informatizou os Termos Circunstanciados<sup>1</sup> (TC) – elaborados em crimes de menor potencial ofensivo – e outras atividades de Polícia Judiciária, como a requisição de perícia, a intimação e termos de declaração.

Baseado nos BO e TC, registrados e armazenados pelo RDO, o Infocrim consegue mapear os delitos ocorridos e apontar as localidades com maior incidência criminal, o que auxilia o poder público na decisão de suas políticas públicas e fornece informações adequadas para cada tipo de operação policial.

5) *Infocrim*: Em setembro de 2001, a SSP do Estado de São Paulo lança oficialmente o Sistema de Informações Criminais (Infocrim) para ser implantado nos principais centros urbanos do estado. Inicialmente o Infocrim foi implantado somente no Capital Paulista e aos poucos foi sendo levado a outros municípios do estado.

O objetivo principal do Infocrim é fornecer estatísticas criminais e informações georreferenciadas precisas sobre o comportamento da criminalidade em municípios paulistas. Estas informações podem ser apresentadas aos usuários na forma de relatórios, listagens e até mesmo mapas [6].

O Infocrim permite aos usuários agrupar as informações criminais por variáveis como Natureza Criminal, Logradouros (endereço da ocorrência criminal), Objetos, Período, Áreas Administrativas, além de permitir a visualização de Boletins de Ocorrência e a busca de palavras

<sup>1</sup> Termo Circunstanciado de Ocorrência (TCO) é o registro de um fato tipificado como infração de menor potencial ofensivo (crimes de menor relevância) feito pela PM diretamente nas ruas, dispensando as partes e a PM de se deslocarem até uma delegacia para fazer o registro.

existentes nos históricos dos Boletins de Ocorrência ou pessoas envolvidas nas ocorrências.

Em 2007, uma nova ferramenta do Infocrim foi disponibilizada a um grupo restrito de usuários. Esta ferramenta, chamada de Sistema Inteligente de Mapeamento de Suspeitos (SIMS) auxilia o trabalho dos policiais paulistas na identificação e localização de suspeitos de crimes seriais. Ele integra as bases do próprio Infocrim, do Disque-Denúncia, do DHPP e do Fotocrim (Base Informatizada de Fotografias Criminais da Polícia Militar).

A Polícia Civil utiliza o RDO e o Infocrim na busca de suspeitos que têm a mesma forma de atuação, cruzando dados desses e de outros sistemas inteligentes. Com base no mapa da criminalidade, elaborado pelo Infocrim, a Polícia Militar produz o Plano de Policiamento Inteligente (PPI) de todas as unidades policiais, com a função de definir o roteiro de cada viatura depois de pesquisar os dados armazenados nos computadores. Quando o PPI é determinado, os policiais recebem o Cartão de Prioridade de Patrulhamento (CPP), desenvolvido para orientar a patrulha na área para onde o plano foi elaborado.

6) *ÔMEGA*: Ômega é um sistema automatizado de investigação policial, que reúne dados de diversas bases de dados da área de segurança e facilita o trabalho do agente policial na elucidação dos casos criminais e identificação de criminosos.

Este sistema começou a ser desenvolvido em 2003, por uma empresa brasileira, sob a supervisão e recomendação da DIPOL de São Paulo e consegue integrar outras 12 bases de dados, permitindo consultar, simultaneamente, informações de cadastros: civil, criminal, armas, veículos roubados e furtados, Junta Comercial, Disque Denúncia, Delegacia Eletrônica (boletins de ocorrência e inquéritos policiais), DETRAN, incluindo Certificado de Registro de Veículo, Carteira Nacional de Habilitação e multas.

O sistema permite ainda acessar informações e mapas georreferenciados sobre crimes, disponibilizados pelo Infocrim, além do sistema de identificação biométrica Phoenix, que traz importantes dados, como impressões digitais, gravação de voz e fotos de suspeitos em várias dimensões.

De fato, este sistema representa um avanço significativo para o aparato policial, que não pode mais desempenhar adequadamente suas atribuições sem o auxílio e suporte da tecnologia. Aliás, é necessário que as polícias de todo Brasil tenham sistemas desta natureza, integrados entre si.

Entretanto, o ideal seria que todos possuísem um mesmo sistema, com infraestrutura suficiente para permitir acesso a qualquer registro ou informação policial de qualquer lugar do país. Isto, não somente facilitaria a integração de dados, o que aumentaria inúmeras vezes a capacidade de investigação da polícia brasileira, como reduziria drasticamente os gastos em desenvolvimento e manutenção de sistemas diferentes, bem como no treinamento de policiais.

7) *ALPHA*: é o sistema de gerenciamento digital de documentos civis e criminais da SSP-SP. O Alpha foi projetado com a finalidade específica de digitalizar, armazenar, gerenciar e disponibilizar as fichas de identificação do Instituto de Identificação Ricardo Gumbleton Daunt (IIRGD) e da Superintendência da Polícia

Técnico-Científica (SPTC), ligados à Secretaria de Segurança Pública de São Paulo.

O objetivo do Sistema Alpha é aperfeiçoar e agilizar a verificação de fichas de identificação, ou seja, possibilitar a todos os policiais, espalhado por Distritos Policiais em todos os municípios paulistas, acesso via Intranet da Polícia às imagens das fichas decadastrais de todos os cidadãos com RG emitido em São Paulo. Em outras palavras, substituir a consulta ao arquivo físico de quase 50 milhões de fichas pela consulta remota ao acervo digitalizado.

O trabalho de digitalização do acervo começou em 2004 e a empresa encarregada (por meio de licitação) teve o prazo de um ano para digitalizar todo o acervo civil, à resolução de 240dpi. Assim, todas as fichas de identificação (cerca de 50 milhões) do IIRGD passaram a serem disponíveis *online*, com o tempo máximo de localização em torno de 7 segundos.

Além disso, o mecanismo de armazenamento é do tipo *WORM (Write Once Read Many)*, que impede a alteração da imagem digitalizada, e se baseia na tecnologia *CAS (Content Addressed Storage)*, que endereça a informação através de meta-dados, por meio de *templates*, o que proporciona o tempo de resposta reduzido.

8) *PHOENIX*: O Sistema Phoenix reúne impressões digitais, gravações de voz, fotografias e outras características de criminosos, facilitando a sua identificação.

O sistema Phoenix, originalmente desenvolvido na Itália, entrou em funcionamento no estado de São Paulo a partir de 2004 e é composto por um computador, uma cadeira, dois espelhos, um medidor de altura e várias máquinas fotográficas que servem como um *scanner* corporal.

Quando é feito a detenção de um criminoso, todos os seus dados são registrados no sistema e, logo depois, o detento é levado ao equipamento, onde são tomadas e armazenadas diversas fotografias no sistema, incluindo detalhes de tatuagens e cicatrizes, impressão digital, medida da altura e gravação da voz do detento. O sistema também permite a confecção de retrato falado com maior precisão, nitidez e rapidez.

Todas as informações são armazenadas em um banco de dados centralizado, localizado no Data Center (Centro de Processamento de Dados) da DIPOL em São Paulo. Até início de 2010 o sistema já contava com cerca de 100 mil registros. Todas as Delegacias Seccionais do Estado têm acesso ao sistema Phoenix, através da Intranet da Polícia Civil.

Com as informações armazenadas no sistema, o policial consegue filtrar detalhes e procurar o autor do crime, através de quaisquer características disponíveis, como por exemplo, altura, tipo físico, cor do olho, tipo de cabelo, impressão digital, cicatrizes e o desenho de alguma tatuagem. Com as imagens armazenadas, a vítima pode comparar e tentar identificar o criminoso.

O sistema pode ser integrado ao Fotocrim (o cadastro eletrônico de fotografias de criminosos, desenvolvido e mantido pela Polícia Militar do estado de São Paulo) e ao sistema AFIS, aumentando a sua capacidade de identificação de criminosos.

### *C. Algumas Iniciativas da Sociedade Civil*

Diante da escalada preocupante da violência, muitos trabalhos de pesquisa, com aplicações práticas, têm sido

realizados no intuito de auxiliar os agentes públicos responsáveis pela área, no desempenho de sua função de controle e redução dos níveis de violência. A grande maioria destes trabalhos se concentra no campo da aplicação de novas tecnologias da informação a serviço da gestão do conhecimento sobre os fenômenos da violência e criminalidade.

Neste trabalho, a título de exemplo, foram escolhidas três iniciativas a serem apresentadas: o sistema Terracrime, o sistema Wikicrimes e o SiViU (Sistema de Informação sobre a Violência Urbana).

Estas iniciativas diferem em sua essência, filosofia e nível de atuação, mas todas são bastante interessantes e bem sucedidas e se baseiam principalmente na disponibilização do uso da Tecnologia da Informação, tendo muitos pontos em comum.

9) *Terracrime*: é um software livre, desenvolvido em conjunto pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI)<sup>2</sup>, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelo Laboratório de Estatística Espacial (LESTE)<sup>3</sup>, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com apoio da SENASP, do Instituto Nacional de Tecnologia da Informação (ITI)<sup>4</sup> e do Escritório das Nações Unidas para Drogas e Crimes (ENUDC)<sup>5</sup>.

A ideia inicial do Terracrime originou-se do *software* TerraView, desenvolvido em conjunto por INPE e LESTE, utilizando a biblioteca de recursos de geoprocessamento TerraLib desenvolvida pelo INPE [13]. Posteriormente, o projeto ganhou a atenção do Governo Federal e então nasceu o Terracrime, lançado oficialmente pelo Ministério da Justiça em dezembro de 2003, para ser distribuído gratuitamente a qualquer cidade brasileira que tiver interesse em seu uso.

O software TerraView foi construído com o objetivo de oferecer à comunidade um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados. Além disso, serve como um software para exemplificar a utilização da biblioteca TerraLib.

O TerraView manipula dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens), ambos armazenados em SGBD relacionais ou geo-relacionais existentes no mercado, incluindo ACCESS, PostgreSQL, MySQL e Oracle.

O Terracrime, muito semelhante ao Infocrim, trabalha com dados coletados a partir de registro de boletins de ocorrências policiais e mapas digitais e georreferenciadas da cidade. Portanto, para o seu uso, a cidade deve ter infraestrutura necessária em termos de TI, isto é, ter um sistema automatizado de registro de ocorrências e mapas digitais atualizadas. Infelizmente, isto não é a realidade de grande maioria das cidades brasileiras.

A partir dos dados das ocorrências policiais, o Terracrime possibilita diversas consultas georreferenciadas sobre os dados, criando mapas diversos que podem focar diferentes aspectos da criminalidade. A grande vantagem do software, a exemplo dos demais do gênero, é a visualização das informações no mapa e possibilidade de realizar diversas análises estatísticas.

No caso do Terracrime, o diferencial está no fato de ser gratuito e possuir tecnologia nacional de ponta, com

constante apoio das instituições de pesquisa que o desenvolveram. De fato, o software gêmeo do Terracrime, o Terraview está em contínuo aprimoramento, sendo liberada recentemente a sua nova versão (3.5.0) com mais recursos<sup>6</sup>.

10) *Wikicrimes*: é uma iniciativa inovadora e interessante, que permite a qualquer cidadão registrar ocorrências de crime ou violência, diretamente no mapa disponibilizado no portal do sistema. O software foi desenvolvido pelo grupo da Célula de Engenharia de Conhecimento da Universidade de Fortaleza<sup>7</sup>.

A filosofia que norteia o Wikicrimes é a filosofia da enciclopédia Wikipedia, onde todo e qualquer indivíduo pode participar na construção do conhecimento. No caso do Wikicrimes todos podem participar de forma colaborativa, compartilhando informações sobre ocorrência de crimes, fazendo um mapeamento que pode beneficiar a todos, sabendo qual região é mais segura e onde é mais perigoso, por exemplo [14].

A principal motivação do Wikicrimes é combater a subnotificação de ocorrências de crimes, resultado de um sentimento de descrédito da população em relação à máquina pública de segurança e justiça. Apesar de não conter dados oficiais da criminalidade, o sistema permite a identificação de zonas perigosas, alertando o cidadão e orientando os órgãos públicos no planejamento de suas ações. O sistema tem uma interface simples, intuitiva e colaborativa, facilitando o seu uso por pessoas leigas.

Na sua página principal, o sistema pode disponibilizar diversas informações dinâmicas, desde estatísticas criminais sobre a área mostrada, até mapas temáticos e diversos indicadores relacionados à criminalidade. Além disso, o usuário dispõe de diversas ferramentas, tanto para fazer o registro de ocorrências e inserir os dados relativos a eles, como para fazer consultas ou visualizar estatísticas. O sistema permite que o usuário defina um filtro para realização de sua busca ou então solicite que seja notificado sobre alertas do sistema, através de um *e-mail*. O Wikicrimes também oferece diversos recursos de navegação em mapas e operações de *zoom*.

11) *SiViU*: Este sistema foi desenvolvido pelo GestaFUV (Grupo de Estudo e Análise de fenômenos Urbanos da Violência) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da UNESP, Campus de Rio Claro, SP. Como este sistema é uma das principais contribuições deste trabalho, será apresentado resumidamente na próxima seção.

#### IV. SIVIU – SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE VIOLÊNCIA URBANA

O SiViU é um sistema de informação com recursos de Tecnologias de Informação Geográfica. A sua base de dados contém dados provenientes de registros de ocorrências policiais, inquéritos policiais, registros e laudos do IML, registros de óbitos, além de dados pessoais das vítimas e agressores. Ele foi projetado para realizar análises estatísticas da criminalidade e mapeamento criminal.

O principal objetivo do desenvolvimento do sistema foi disponibilizar uma ferramenta simples e útil para os gestores municipais, a fim de auxiliá-los no seu processo de tomada de decisão em políticas públicas de segurança. Pois, a grande

<sup>2</sup> <http://www.dpi.inpe.br/>

<sup>3</sup> <http://www.est.ufmg.br/leste/>

<sup>4</sup> <http://www.iti.gov.br>

<sup>5</sup> <http://www.unodc.org/unodc/index.html>

<sup>6</sup> Ver o site <http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>

<sup>7</sup> Maiores informações sobre o projeto e demais iniciativas do grupo podem ser obtidos no site <http://www.wikinova.com.br/>.

maioria dos sistemas apresentados na seção anterior, é de uso restrito dos diversos órgãos policiais, não sendo acessível facilmente por agentes administrativos municipais.

Em função deste objetivo, levando em consideração a escassez de recursos financeiros de administrações municipais brasileiros, o SiViU foi desenvolvido para ser um software gratuito. Assim, para o seu desenvolvimento foi utilizado a versão 6.0 da Java e o *framework Spring*. O *Spring* é uma ferramenta de desenvolvimento orientado a objeto, sendo gratuito e de código aberto. A escolha do *Spring* se deu em razão de sua simplicidade de uso e por oferecer um conjunto de recursos adequados e fáceis de usar para desenvolvimento de aplicações *Web*.

Para implementação da base de dados do SiViU utilizou-se o SGBD PostgreSQL em conjunto com o PostGIS, a fim de permitir manipulação de dados geográficos. Para realizar mapeamento das ocorrências de violência optou-se por utilizar os mapas do sistema Google Maps (Google Maps API<sup>8</sup>). A opção por estes mapas é basicamente fundamentada em 3 questões.

A primeira questão diz respeito à disponibilidade dos mapas. No início do desenvolvimento do SiViU, enfrentou-se uma grande dificuldade para obter um mapa georreferenciado da cidade de Rio Claro.

Considerando o objetivo do desenvolvimento do sistema, que visa a sua implantação em administrações municipais de cidades médias, a dificuldade de obter um mapa georreferenciado da cidade pode comprometer a viabilidade de sua implantação. Desta forma, neste quesito, a opção por mapas do Google Maps representa uma solução muito adequada, uma vez que eles sempre estão disponíveis e a sua utilização é livre para sistemas com licença livre.

Outra questão, bastante relevante, é relacionada ao conjunto de recursos já disponíveis por *Google Maps API*, para gerenciamento e manipulação de mapas. Com isto, o esforço de programação e desenvolvimento é reduzido consideravelmente, sem abrir mão da qualidade e eficiência.

A terceira questão, não menos importante, diz respeito aos recursos visuais que os mapas da Google Maps contem, como detalhes de praças, parques, rios, áreas verdes, pontos de referência, tipos de vias, etc. Quando se faz mapeamento do resultado de uma consulta, é interessante ter maior conjunto de informações visuais no mapa para ajudar o usuário a fazer uma análise mais pertinente, com base na maior variedade de informações.

A estrutura funcional do SiViU, mostrado na Fig. 1, é constituída de um Banco de Dados, uma Interface de Usuário, um Módulo de Manipulação de Dados, um Módulo de Consulta e um Módulo de Configuração. Cada módulo foi desenvolvido com diversas funcionalidades voltadas para ambiente *Web*.

A principal característica do banco de dados do SiViU, que é o seu diferencial, é o fato de ser estático. Ou seja, uma vez que os dados são inseridos no banco, não sofrem mais alterações ou exclusões. Esta é basicamente uma das importantes características de Armazéns de Dados (Data Warehouses), no qual os dados são armazenados com o objetivo único de proporcionar consultas e realização de estatísticas.

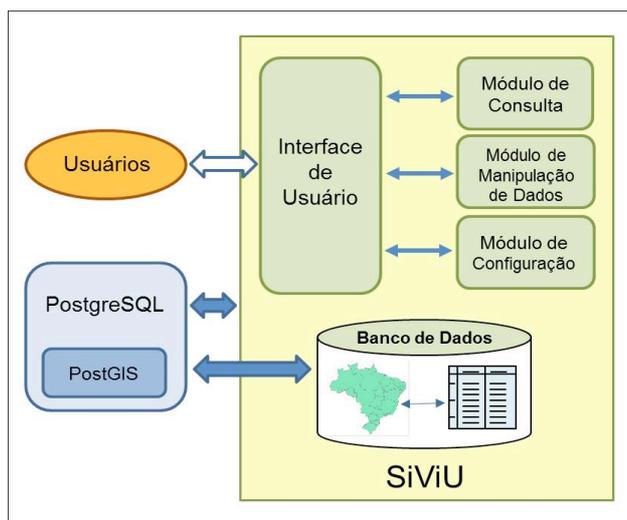


Figura 1 - A estrutura funcional do SiViU

Outro diferencial da base de dados do SiViU é o seu protocolo de coleta de dados. Este protocolo faz a integração entre as diversas fontes de dados originais, eliminando eventuais inconsistências entre seus dados (Fig. 2). As fontes originais de dados são: Registros de Ocorrências Policiais, Registros de Inquéritos Policiais, Registros e Laudos do Instituto Médico Legal (IML) e Registros de Óbitos de cartórios civis.

O Módulo de Manipulação de Dados agrega todos os programas desenvolvidos para inserção, exclusão e alteração de dados, armazenados no banco de dados do sistema. Para cada um dos objetos do banco de dados há um programa responsável pelo armazenamento e manipulação de dados deste objeto. Os recursos deste módulo podem ser usados ocasionalmente para realização de eventuais alterações e/ou visualizações de registros isoladamente, para fins de manutenção do sistema.

Este sistema incorpora algumas das características de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilitam armazenamento e manipulação de dados georreferenciados, além de mecanismos que permitem realizar análises estatísticas sobre estes dados. Assim, o SiViU ajuda o gestor público a obter uma visão global e sistêmica sobre a violência em cada região ou setor geográfico da cidade, o que lhe proporciona maior e melhor conhecimento para tomar medidas estrategicamente mais eficazes para cada área.

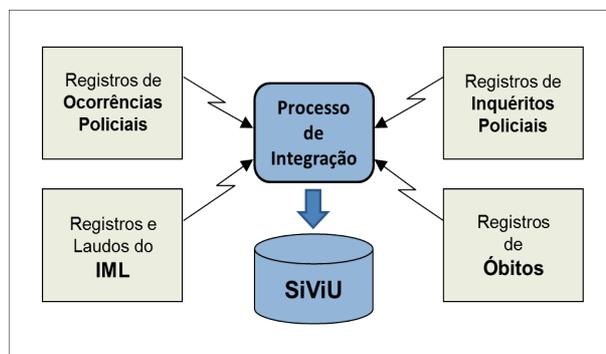


Figura 2 - A integração de dados no SiViU

<sup>8</sup> <http://code.google.com/intl/pt-PT/apis/maps/index.html>

Os resultados das consultas realizadas no SiViU podem ser apresentados de duas formas: plotados em mapas, realizando um mapeamento criminal sobre as ocorrências filtradas; ou em forma de gráficos, quando o usuário busca por informações estatísticas através do filtro aplicado.

Devido à grande variedade de dados armazenados no sistema, as possibilidades de combinação de parâmetros para estabelecer um filtro de busca são numerosas.

De maneira geral pode-se buscar o perfil de agressores ou de vítimas, dentro de um determinado período e distribuir as frequências em termos de características pessoais do indivíduo, como sexo, idade, cor da pele, grau de instrução, poder aquisitivo, etc.

Também é possível buscar estatísticas sobre a frequência de cada tipo de ocorrência (homicídio, suicídio, latrocínio, acidente, etc.), combinadas com tipo de arma utilizado, além de suas frequências em determinados horários do dia ou dias de semana, feriados, finais de semana, meses do ano ou, ainda, relacioná-las com a profissão da vítima ou do agressor, mapeando-as por determinadas áreas da cidade.

O usuário também pode interagir com o sistema, escolhendo um ponto no mapa (“clcando” com mouse) e visualizar as ocorrências registradas até uma determinada distância em torno daquele ponto. A distância também pode ser definida pelo usuário. Outra possibilidade seria visualizar as ocorrências próximas a um ponto de referência, como por exemplo, um bar, um clube noturno ou qualquer outro ponto de interesse, previamente armazenado no sistema.

## V. CONCLUSÕES

A construção de uma sociedade menos violenta e mais democrática implica na participação de todos os seus setores e segmentos, além de uma maior consciência dos seus agentes sociais e ações solidárias, tanto no nível individual quanto institucional.

Nesse sentido, a informação assume grande importância quando surge como um direito da sociedade e não como um produto de uso privado de instituições públicas, sejam elas científicas, burocráticas, administrativas ou de comunicação.

Uma das características marcantes das grandes mudanças na sociedade atual tem sido o potencial das tecnologias de informação e comunicação. Em se tratando da segurança pública, o uso das potencialidades e dos recursos dessas tecnologias, além de ser extremamente importante, se torna obrigatório, dada a complexidade do problema em si e da estrutura pública necessária para satisfazer as demandas de segurança de uma sociedade mais consciente e mais exigente.

A modernização científico-tecnológica dos órgãos de segurança pública e das administrações municipais aumenta sobremaneira a eficiência e eficácia do seu trabalho, permitindo um melhor planejamento de políticas públicas e a consequente melhoria do convívio social e desenvolvimento da sociedade.

Esta modernização, necessariamente, compreende a implantação de sistemas de informação que possam produzir o conhecimento necessário para uma gestão mais democrática e eficaz do complexo problema de segurança pública.

Neste contexto, vale ressaltar algumas considerações importantes, que podem contribuir na compreensão dos fatores decisivos deste processo de modernização. A primeira questão é o temor à transparência. Tradicionalmente a cultura política brasileira sempre considerou a informação como uma propriedade do

governo, cujo acesso pela população representaria uma ameaça à sua estabilidade.

Na conjuntura atual da era da informação e do mundo globalizado, é necessário que o Estado veja a informação como um instrumento de gestão e desenvolvimento e permita, não somente o acesso da população a todo tipo de informação pública, como também a participação direta da sociedade nas decisões políticas e na gestão dos serviços públicos.

Outra questão é a falta de integração entre dados públicos. Isto ocorre em muitos casos, quando em nome da proteção aos dados, setores públicos impedem a integração de diversas bases de dados, provocando, por um lado, a ineficiência dos procedimentos do setor e, por outro lado, desperdício considerável de recursos públicos.

Somente no setor da Segurança Pública existem dezenas de base de dados em formatos diferentes, implantados com tecnologias diferentes, sem nenhuma preocupação em sua integração, e tudo isto nas instituições públicas, dentro de um mesmo estado, e muitas vezes sob comando de uma mesma secretaria. Como é o caso de base de dados da Polícia Civil, da Polícia Militar e da Polícia Técnico-Científica, sem mencionar outras secretarias do setor, como a da Justiça e a da Administração Penitenciária.

Soma-se a esta “Torre de Babel” de bases de dados, a falta de integração dos sistemas desenvolvidos, e em desenvolvimento, país afora. Cada Estado tem procurado resolver à sua maneira a necessidade, e às vezes, a exigência legal, de prover recursos da tecnologia de informação e comunicação para seus órgãos de Segurança Pública.

Vale ressaltar, que o ideal, no contexto atual da sociedade brasileira, seria dispor de um sistema informatizado único para o setor da segurança pública de todo o país, ainda que fosse constituído por um conjunto de aplicativos heterogêneos, integrados por meio de um protocolo adequado e funcional. Isto seria um dos requisitos naturais e essenciais de uma solução tecnológica inteligente, considerando a extensão territorial do Brasil, com suas dificuldades inerentes de comunicação e cooperação, e a organização igualitária e homogênea da máquina policial brasileira.

Além disso, uma solução homogênea para todo o país representaria uma boa economia de recursos materiais e humanos, sem mencionar a grande vantagem da interligação de todas as instituições brasileiras do setor de segurança e o benefício que isto poderia trazer para a população.

Numa tentativa de contribuir para solucionar a falta de integração de dados, em uma escala muito menor, o SiViU oferece uma solução para amenizar um dos problemas provocados por falta de integração dos dados oficiais sobre mortes violentas, quando integra e confronta os dados de diversas fontes, das quais se alimenta. Esta solução constitui um diferencial significativo do SiViU, enquanto que deveria ser um padrão e exigência básica de todos os sistemas do gênero.

Na área da segurança pública no Brasil, o processo de modernização já se iniciou e certamente ajudará o setor a orientar suas políticas e operações de forma mais eficiente, trazendo maior benefício para a sociedade, de agora em diante. Entretanto, o mesmo ainda não ocorre nas administrações municipais de pequenas e médias cidades, onde vive a maioria da população brasileira [15]. Nestas cidades, os gestores públicos carecem de sistemas de informação especialmente desenvolvidos para apoiá-los em seus processos decisórios.

Assim, a contribuição deste trabalho com o desenvolvimento do SiViU, se dá no sentido de prover às

administrações municipais uma ferramenta útil para o processo decisório em políticas públicas, contribuindo para a criação de uma cultura baseada na valorização e uso de dados estatísticos em decisões tomadas pelos gestores municipais, os quais estão em contato mais próximo com a população e precisam ter um conhecimento mais apurado sobre a realidade de todos os fenômenos que agem sobre a sua população local, em especial os relacionados à violência.

## VI. REFERENCES

- [1] Helena M. M. Lastres, “Informação e conhecimento na nova ordem mundial”, In: *Ciência da Informação*, vol. 28, num. 1, pp. 72-78, IbiCT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, 1999. Disponível em: [http://dici.ibict.br/archive/00000190/01/Ci\[0\].Inf-2004-366.pdf](http://dici.ibict.br/archive/00000190/01/Ci[0].Inf-2004-366.pdf). Acesso em julho/2009.
- [2] Aires J. Rover, “Introdução ao Governo Eletrônico no Brasil”, In: A J ROVER. (Org.), “Governo eletrônico e inclusão digital”, Florianópolis: Boiteux, 2009. Disponível em: [www.infojur.ufsc.br/aires/arquivos/introducao%20governo%20eletronico.pdf](http://www.infojur.ufsc.br/aires/arquivos/introducao%20governo%20eletronico.pdf). Acesso em maio/2009.
- [3] RIBEIRO, Sheila M. Ribeiro, “Governo Eletrônico: um novo paradigma de gestão das políticas públicas”, Buscalegis, UFSC, 2009. Disponível em: <http://www.buscalegis.ufsc.br/revistas/files/journals/2/articles/30779/public/30779-32950-1-PB.pdf>. Acesso em maio/2010.
- [4] Rubens da Silva Ferreira, “A sociedade da informação no Brasil: um ensaio sobre os desafios do Estado”, *Ciência da Informação*, vol. 32, num. 1, pp. 36-41, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v32n1/15971.pdf>. Acesso em julho/2010.
- [5] Hélio S. Ramos Júnior e Aires J. Rover, “Democracia eletrônica na sociedade da informação”, In: XVI Congresso Nacional do CONPEDI, 2007, Belo Horizonte. XVI Congresso Nacional do CONPEDI: Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito, Florianópolis, Fundação Boiteux, 2007. Disponível em: [http://www.infojur.ufsc.br/aires/arquivos/conpedi\\_democracia-helio-aires.pdf](http://www.infojur.ufsc.br/aires/arquivos/conpedi_democracia-helio-aires.pdf). Acesso em julho/2010.
- [6] Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, “Infocrim: Nova Versão”, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.observe.org.br/observegov/Observatorio/Trabalho/TrabalhoVisualiza.aspx?idItem=274&idModulo=14315>. Acesso em julho/2010.
- [7] Antonio Miranda, “Políticas e planejamento de sistemas de informação no Brasil: um caminho tortuoso”, In: Anais do IV CINFORM – Encontro Nacional da Ciência da Informação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Junho 2004. Disponível em: [http://www.cinform.ufba.br/v\\_anais/palestras/antoniomiranda.pdf](http://www.cinform.ufba.br/v_anais/palestras/antoniomiranda.pdf). Acesso em julho/2010.
- [8] Tadao Takahashi, “Sociedade da Informação no Brasil – Livro Verde”, Programa Sociedade da Informação (SocInfo) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/18878.html>. Acesso em julho/2010.
- [9] Jorge Werthein, “A sociedade da informação e seus desafios”, *Ci. Inf.*, vol. 29, num. 2, Brasília, maio/ago. 2000, pp. 71-77. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v29n2/a09v29n2.pdf>. Acesso em julho/2010.
- [10] Luiz Eduardo Soares, “A política nacional de segurança pública: histórico, dilemas e perspectivas”, *Estudos Avançados*, vol. 21, num. 61, São Paulo, Set./Dez. 2007, pp. 77-97. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000300006&script=sci\\_arttext&tlng=in](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000300006&script=sci_arttext&tlng=in). Acesso em julho/2010.
- [11] Farid Nourani, “Sistema de informação sobre violência urbana (SiViU) como apoio à tomada de decisão em políticas públicas de cidades médias”, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2010. Disponível em: [http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2010/nourani\\_f\\_dr\\_rela.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2010/nourani_f_dr_rela.pdf).
- [12] Coordenação de Análise e Planejamento da Secretaria de Segurança Pública, “Estatística de criminalidade: manual de interpretação”, Secretaria de Segurança Pública, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.ssp.sp.gov.br/estatisticas/downloads/manual.pdf>. Acesso em junho/2010.
- [13] Gilberto Camara, Lúbia Vinhas, Karine Ferreira, G. R. Queiroz, R. C. M. de Souza, A. M. V. Monteiro, M. T. Carvalho e Ubirajara M. de Freitas, “TerraLib: An open-source GIS library for large-scale environmental and socio-economic applications”, In: B. Hall, M. Leahy (Org.), “Open source approaches to spatial data handling”, 1 ed., Berlin, Springer Verlag, 2008, pp. 247-270. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/TerraLib-OSBook.pdf>. Acesso em julho/2010.
- [14] Vasco Furtado, Leonardo Ayres, Marcos de Oliveira, Eurico V. C. Caminha, D’ORLEANS, Johnatas D’Orleans e Mairon Belchior, “Collective intelligence in law enforcement - the WikiCrimes system”, *Information Sciences*, Vol. 180, No. 1, Special Issue on Collective Intelligence, 2 Jan. 2010, pp. 4-17. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&udi=B6V0C-4WYJSNP-2&user=10&coverDate=01%2F02%2F2010&rdoc=I&fmt=high&orig=search&sort=d&docanchor=&view=c&acct=C000050221&version=1&urlVersion=0&userid=10&md5=c1166f6c198bafadf16a2389559b66d2](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&udi=B6V0C-4WYJSNP-2&user=10&coverDate=01%2F02%2F2010&rdoc=I&fmt=high&orig=search&sort=d&docanchor=&view=c&acct=C000050221&version=1&urlVersion=0&userid=10&md5=c1166f6c198bafadf16a2389559b66d2). Acesso em julho/2010.
- [15] Farid Nourani, Maria Cecília V. S. Carneiro, and Maria Isabel C. de Freitas, “Tecnologias de informação geográfica no apoio à tomada de decisão em políticas públicas de controle da violência”, *LEVS*, vol. 8, Dezembro 2011. Disponível em: <http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/levs/article/view/1659/0>

## VII. COPYRIGHT

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



## UM ALGORITMO PARA GERAÇÃO DO ELEMENTO REPRESENTATIVO DO CONCRETO COM AGREGADOS GRAÚDOS EM FORMATO ELÍPTICO

PIANEZZER, G. A.<sup>1</sup>; BALBO, F. A. N.<sup>1</sup>; KAVISKI, E.<sup>1</sup>; GRAMANI, L. M.<sup>1</sup>; TEIXEIRA, M. R.<sup>2</sup>

1 – UFPR; 2 – CAMTUC/UFPA  
guilherme.pianezzzer@hotmail.com

**Resumo** – O concreto na escala mesoscópica é considerado um material bifásico composto de argamassa e agregados graúdos. Um modelo para geração do elemento representativo do concreto é proposto. Neste modelo, cada agregado é aproximado por uma elipse, cujas dimensões são obtidas a partir da curva granulométrica do material. Para a geração alguns cuidados com o posicionamento dos agregados elípticos são necessários. Assim, a intersecção entre os agregados também é considerada. Por conta disto, faz-se uma discussão de como tratar a detecção de colisão das elipses geradas no algoritmo desenvolvido, sem considerar os testes de carregamento, o qual foi deixado para um trabalho futuro.

**Palavras-chave** - Elemento Representativo do Concreto. Intersecção de Elipses. Detecção de Colisão.

### I. INTRODUÇÃO

Inovações metodológicas em modelagem e simulação dos materiais é uma das buscas essenciais para trazer um aprimoramento no desenvolvimento de novos materiais e o aperfeiçoamento dos já existentes. Percebendo isto, a Fundação Nacional de Ciência e Tecnologia dos Estados Unidos emitiu um relatório denominado SBES (*Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science*) (SCIENCE, 2006), relatando a importância do desenvolvimento da área de ciência e tecnologia, principalmente no desenvolvimento dos materiais.

Em especial, obras marcantes da sociedade se beneficiam com este tipo de estudo. Conta-se nessas obras, as barragens de usinas hidrelétricas, como a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE Tucuruí) e a Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHE Itaipu), que são sustentadas por mais de 20 milhões de metros cúbicos de concreto (TEIXEIRA, 2011).

Para preservar este tipo de estrutura é necessário compreender e modelar modelos mecânico-matemático, também conhecidos como modelos constitutivos, que descrevem o comportamento tensão-deformação do material. Entretanto, tais modelos se baseiam em leis físicas complexas que envolvem um número elevado de variáveis e que se tornam inviáveis computacionalmente.

Esta complexidade se torna mais evidente ao observar as características que o concreto possui na escala mesoscópica. Para essa escala, o concreto é considerado como um material bifásico composto por argamassa e agregado graúdo (CALLISTER, 2006) e cada interação existente entre os agregados e a argamassa deve ser processada computacionalmente. Porém, mesmo sendo um

grande desafio, os avanços nessa área são expressivos e crescentes, em relação a estudos em que o concreto era visto na escala macroscópica, como um material homogêneo.

Vários trabalhos que exploraram este desafio e que representam este avanço na área podem ser citados, como Bazant, Tabbara e Kazemi (1990), Wittmann, Roelfstra e Sadaouki (1984), Wang, Kwan e Chan (1999), Wriggers e Mofteh (2006) e mais recentemente Teixeira (2011). No geral, a possível solução para este problema tem sido desenvolvida a partir da criação de um elemento representativo do concreto que tem, na sua composição, agregados com diversas formas e tamanhos.

Nos últimos anos, evidenciado pelo Science (2006), surgiu a necessidade de remodelar problemas computacionais a partir de outras escalas de grandeza. A tirania das escalas (*"The Tyranny of Scales"*), termo cunhado pelos autores do relatório, tem se tornado um desafio aos modelos de simulação que ultimamente estão sofrendo alterações para considerar e compreender as variações encontradas em cada escala específica.

O objetivo deste trabalho é discutir e gerar computacionalmente os agregados graúdos em formato elíptico, a partir da curva granulométrica do material. O conteúdo deste artigo está desenvolvido através de mais algumas seções. Na seção 2 são discutidos alguns conceitos essenciais para a compreensão do trabalho, assim como uma revisão bibliográfica de trabalhos envolvendo a geração dos agregados. Na seção 3 discute-se o algoritmo de geração de agregados e alguns desafios encontrados em sua implementação. A seção 4 apresenta os resultados obtidos e a comparação com aqueles encontrados na literatura.

### II. BREVE REVISÃO DE LITERATURA

#### II.1- Características do Concreto

O concreto é um material muito utilizado como material de construção por conta da sua boa relação custo-benefício, apresentando uma boa durabilidade e resistência (WRIGGERS e MOFTAH, 2006). Na construção civil, ele é amplamente utilizado nas fundações, em colunas, em vigas, em lajes, em paredes e em outros elementos. Dentre os seus pontos positivos pode-se citar a excelente resistência a água, a facilidade com a qual elementos estruturais de concreto podem ser obtidos através de uma variedade de formas e tamanhos e a sua rápida disponibilidade para o uso.

Além disto, o concreto foi um fator decisivo na elaboração de famosas estruturas ao longo do nosso país,

como o Cristo do Corcovado no Rio de Janeiro, a Ponte do Galeão na Baía de Guanabara, a ponte sobre o Rio das Antas no Rio Grande do Sul, a Usina Hidrelétrica de Itaipu na fronteira entre Brasil e Paraguai, a Usina Hidrelétrica de Tucuruí em Tucuruí, entre outras (VASCONCELOS, 1985).

O concreto é um material poroso, heterogêneo, que pode ser estudado em diferentes escalas: Nanoscópica, microscópica, mesoscópica e macroscópica (TULIO, 2001). Neste estudo será considerada a escala mesoscópica, que é uma escala com dimensões maiores que a das moleculares, de modo que o domínio possui propriedades macroscópicas, mas com dimensões menores que a dimensão macroscópica (TEIXEIRA, 2011).

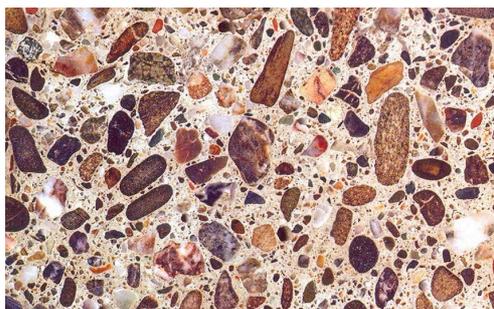


Figura 1- Heterogeneidade do Concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008)

Quando analisada a mesoestrutura ( $\approx 10^{-3}$  m) do concreto, percebe-se a presença de dois constituintes: a pasta de cimento endurecida (Argamassa) e as partículas de agregado graúdo, como podem ser observadas na Figura 1. Na análise também se percebe a presença de vazios e defeitos de aderência que justificam a heterogeneidade do concreto.

Para estudar o comportamento do concreto é preciso lidar com esta heterogeneidade e para isso surge a necessidade de criar um elemento de concreto representativo. Com este elemento representativo é possível estudar as tensões e deformações, resultantes dos efeitos que o concreto está sujeito, como a retração, a fluência e as tensões de carregamento.

Para modelar este elemento representativo, baseia-se na curva granulométrica dos agregados graúdos presentes no concreto.

## II.2 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo

Segundo Pinto (2008), a curva granulométrica de um solo é uma função de distribuição de partículas do solo. Todos os solos contêm partículas de diferentes tamanhos em proporções variadas. Essa função pode ser obtida por peneiramento, para amostras secas ou através do processo de sedimentação dos sólidos no meio líquido.

O objetivo do peneiramento é separar os sólidos, em um solo, baseado em tamanhos. Para isso, utiliza-se uma série de peneiras de abertura de malha conhecidas que ao ser utilizada, determina a porcentagem em peso retida ou passante em cada peneira.

Estudar o solo a partir da sua curva granulométrica permite um melhor aproveitamento de cada material para utilização. Os agregados graúdos, presentes no concreto, também podem ser estudados a partir de sua curva granulométrica. Para a criação do concreto de cimento, agregados finos requerem menos cimento para cobrir os

vazios vistos na mesoestrutura, diminuindo a quantidade de água por unidade de volume no concreto, diminuindo sua permeabilidade e aumentando a resistência ao deixá-lo menos exposto a reações químicas indesejáveis. O concreto utilizado em estradas requer um agregado que apresente uma curva granulométrica com agregados bem graduados, fazendo com que a quantidade de concreto utilizado seja menor (PINTO, 2008).

## II.3 - Geração da Mesoestrutura do Concreto

Os testes de carregamento que mostram o comportamento do concreto em nível mesoscópico requerem a geração de uma estrutura de agregados graúdos, onde a forma, o tamanho e a distribuição dos agregados simulam um concreto real do ponto de vista estatístico.

Segundo Wriggers e Moftah (2006), a geração da configuração aleatória de partículas agregadas deve satisfazer as características básicas do material real. Com este objetivo, a distribuição deve ser tal que as partículas sejam o máximo possível macroscopicamente homogêneas no espaço. A ideia principal deste trabalho é escolher partículas de agregado graúdo de uma fonte, cuja distribuição segue uma certa curva representativa do material e além disso alocar cada partícula seguindo algumas regras de posicionamento, como, por exemplo, não haver intersecção entre os agregados.

Cada forma das partículas depende do tipo de agregado escolhido. Vários meios de caracterizar a geometria dos agregados já foram publicados. Wittman, Roelfstra e Sadaouki (1984) e posteriormente Wang, Kwan e Chan (1999) criaram um método para gerar os agregados graúdos baseando-se na expressão:

$$r \equiv r(\theta) = A_0 + \sum_{j=1}^m A_j \cos(j\theta + \alpha_j)$$

onde  $A_0$  representa o raio médio do agregado obtido a partir da curva granulométrica,  $A_j$  representa a amplitude da frequência,  $\theta$ , de Fourier,  $m$  o total de vértices criado e  $\alpha_j$  o ângulo de fase. O resultado obtido foi a aproximação do agregado por um polígono de  $m$  vértices.

Em trabalhos mais recentes, como Wriggers e Moftah (2006) e Teixeira (2011), cada agregado foi aproximado por um círculo (para o caso 2-D) ou por esferas (para o caso 3-D). Nesses trabalhos, os raios médios dos agregados também foram obtidos a partir da curva granulométrica.

Nesses trabalhos, os testes de carregamento que o concreto está sujeito foram realizados através do método dos elementos finitos (WRIGGERS e MOFTAH, 2006), (WITTMANN, ROELFSTRA e SADAOUKI, 1984) e (WANG, KWAN e CHAN, 1999), ou através do método de Galerkin livre de elementos (TEIXEIRA, 2011).

Este trabalho traz uma mudança na geração dos agregados ao aproximar cada agregado por elipses na representação 2-D.

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia escolhida para a geração do elemento representativo do concreto (RVE) foi obter as dimensões físicas dos agregados que compõem o concreto, a partir de alguma informação estatística (No caso a curva granulométrica e a taxa de área que os agregados ocupam no concreto) e a partir dos agregados gerados, posicioná-los para gerar uma estrutura aleatória para o RVE, o qual permite ser utilizado em testes comuns de engenharia civil (Como o carregamento axial).

Inicialmente, geram-se os agregados a partir das características da curva granulométrica do material analisado. A curva granulométrica é uma amostragem sobre as dimensões dos agregados. Portanto, nesta etapa é possível estimar suas dimensões físicas, através de um teste físico, o que permite aumentar a confiabilidade das dimensões dos agregados. Suas formas são estimadas por figuras geométricas bem conhecidas, como círculos e elipses, o qual são interessantes aproximações para a construção de um modelo mais próximo do real.

Depois de obter informações sobre os agregados, gera-se efetivamente o elemento representativo (RVE), posicionando cada um dos agregados de maneira que satisfaça algumas regras, os quais serão discutidas adiante. Com a geração do RVE, pode-se utilizar o modelo gerado para realizar testes, como o de compressão axial.

A distribuição de tamanhos dos agregados, dado pela sua curva granulométrica, é representada por uma lista de valores discretos para cada abertura da peneira. A tabela a seguir mostra um exemplo de um ensaio realizado para um tipo de agregado, que será adotado neste trabalho.

Tabela 1- Resultado da Análise de Peneiramento (WRIGGERS e MOFTAH, 2006)

Abertura da Peneira (mm)	Porcentagem Total Retida (%)
12.70	0
9.50	23
4.75	74
2.36	100

Sendo  $P(d)$  a porcentagem total retida na peneira de diâmetro  $d$ , pode-se calcular a área de material reservado para a seção específica entre duas peneiras:

$$A_p[d_s, d_{s+1}] = \frac{P(d_{s+1}) - P(d_s)}{P(d_{\max}) - P(d_{\min})} \alpha_p A$$

Onde  $A_p[d_s, d_{s+1}]$  é a área de material reservado para a seção específica entre as peneiras  $d_s$  e  $d_{s+1}$ ,  $A$  é a área total do elemento representativo do concreto e  $\alpha_p$  é a fração de área que os agregados ocupam.  $\alpha_p$  é um parâmetro importante do programa que pode ser moldado a partir de algumas grandezas físicas do concreto, como densidade e massa.

Para o caso de elementos circulares, percebe-se, experimentalmente, que caso o agregado passe por uma peneira  $k$ , mas seja barrado pela peneira seguinte,  $k + 1$ , então o diâmetro do agregado estará contido entre o diâmetro da peneira menor  $d_{k+1}$ , inferiormente e pelo

diâmetro da peneira maior  $d_k$ , superiormente. Portanto, pode-se estimar o diâmetro do agregado através da relação:

$$d = d_{k+1} + \eta(d_k - d_{k+1}),$$

Onde  $\eta$  é um número aleatório uniformemente distribuído entre 0 e 1.

Entretanto, para o caso de elementos elípticos, suas dimensões (semi-eixo maior ( $A$ ) e semi-eixo menor ( $B$ )) não são totalmente determinadas pelo barramento ocasionado pela peneira. Caso o agregado passe pela peneira  $k$ , mas seja barrado pela peneira  $k + 1$ , a única informação que pode-se concluir é que o semi-eixo maior está contido no intervalo entre  $d_{k+1}$  e  $d_k$ . A princípio nenhuma informação sobre o semi-eixo menor pode ser obtida, já que ele pode pertencer ao intervalo entre zero e  $A$ . Para contornar essa dificuldade discute-se a possibilidade de incluir estudos sobre a excentricidade do agregado elíptico, que irá ajudar no aprimoramento do intervalo de  $B$  ao aproximar o limite inferior para um valor mais real.

Os parâmetros que definem as elipses para esta simulação são  $\theta_i$ , que representa o ângulo que o semi-eixo maior faz com a reta que une o centro das duas elipses,  $A_i$  e  $B_i$ , que são respectivamente o semi-eixo maior e o semi-eixo menor,  $C_i$  é o centro da elipse  $i$ . Cada elipse gerada é armazenada através de 5 componentes: Duas componentes com a posição do centro, uma com o tamanho do semi-eixo maior, outra do semi-eixo menor e uma última componente com o ângulo que o semi-eixo maior faz com o sistema de referência.

O algoritmo desenvolvido neste trabalho permite gerar e armazenar os agregados construídos, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 2:

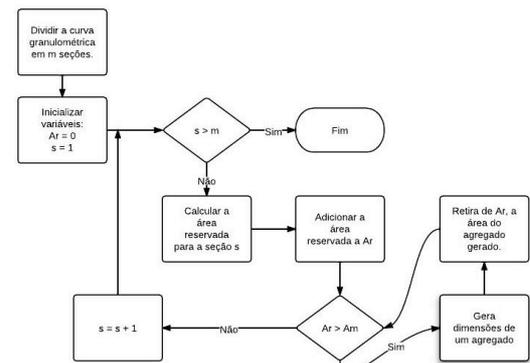


Figura 2 - Algoritmo para geração dos agregados

No algoritmo da Figura 2,  $A_p$  representa a área restante que existe para a geração de agregados e  $A_m$  representa o agregado de área máxima que a seção  $s$  comporta. Portanto, enquanto houver espaço reservado para a criação do agregado elíptico de tamanho máximo daquela seção, o algoritmo o fará. Para os casos discutidos nesse trabalho adota-se  $A_m = \pi d_s^2$ , que representa a elipse de área máxima que pode ser gerado na seção  $s$ .

Após gerar computacionalmente tais agregados, surge a necessidade de posicioná-los. Para isto são consideradas 2 hipóteses:

1. Os agregados devem estar inteiramente contidos no domínio do concreto.
2. Não deve existir intersecção entre os agregados.

Na literatura, o problema de inferir sobre a existência de intersecção entre duas figuras, computacionalmente, também é conhecido como detecção de colisão.

A respeito da hipótese 1, um teste simples é realizado para saber se os agregados estão inteiramente contidos no domínio do concreto. Após isto, um segundo teste é realizado para determinar se a hipótese 2 é satisfeita.

Para detectar as colisões entre os diversos agregados é necessário criar um procedimento que, ao adicionar um novo agregado na matriz de argamassa, verifique se há intersecção entre os elementos. Como os agregados no caso estudado tem a geometria elíptica pode-se pensar em calcular essas intersecções a partir de um sistema de equações que envolva as equações de cada agregado. Entretanto, como este teste será aplicado várias vezes, a resolução dos sistemas de equações possuem um custo computacional elevado. Por conta disto, novos testes, foram realizados.

Considera-se a elipse representada como:

$$\mathbf{x}^T \mathbf{A} \mathbf{x} = 0$$

onde  $\mathbf{A}$  representa uma matriz simétrica 3 x 3 que guarda os coeficientes da equação geral da elipse, e  $\mathbf{x}$  representa o vetor coluna 3D das coordenadas homogêneas de um ponto no espaço euclidiano de dimensão 2. Pode-se escrever qualquer elipse, definindo a matriz  $\mathbf{A}$  como combinação dos parâmetros que definem a elipse nessa simulação.

Para realizar um teste computacionalmente mais eficiente foi usado como referência o artigo dos autores Choi Y.K. *et al.* (2005) que traz as demonstrações do método descrito abaixo.

No artigo, esses autores demonstram que a existência ou não de colisão, entre uma elipse  $\mathbf{A}$  e outra  $\mathbf{B}$ , pode ser determinada a partir do estudo dos sinais das raízes da equação característica.

Neste trabalho, para facilitar os cálculos, as raízes dessa equação foram obtidos a partir da busca pelos autovalores de  $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}$  que é equivalente a encontrá-la pelo método,  $P(\lambda) = \det(\lambda\mathbf{A} - \mathbf{B})$ . A figura 3 mostra o comportamento da equação característica para alguns casos de elipse.

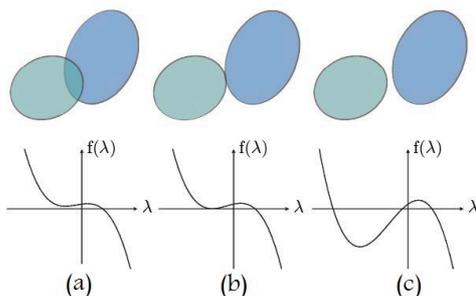


Figura 3 - Comportamento da equação característica (CHOI Y.K. *et al.*, 2005)

O algoritmo para o posicionamento é apresentado na Figura 4. Os parâmetros iniciais deste algoritmo são as medidas do semi-eixo maior e do semi-eixo menor de cada elipse. O algoritmo tenta posicionar cada um das elipses gerando um par de números aleatórios que representa a posição do agregado elíptico no domínio do concreto. Para esse posicionamento, os testes discutidos acima são realizados para saber se os agregados posicionados satisfazem as hipóteses colocadas.

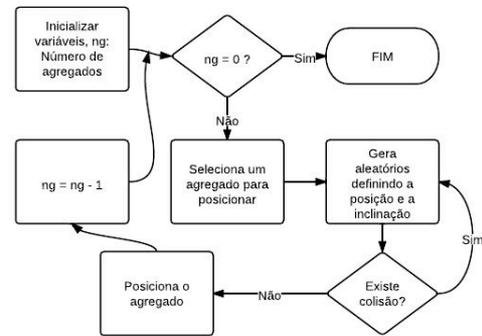


Figura 4- Algoritmo para posicionamento dos agregados

#### IV. RESULTADOS

Pela distribuição obtida nos resultados, pode-se perceber que os padrões obtidos se assemelham a um tipo de padrão encontrado nos materiais feitos de concreto. A aproximação de cada um dos agregados por elipses permite gerar um elemento representativo do concreto que conserva, estatisticamente, suas propriedades.

Nesta etapa inicial do trabalho, encontra-se uma dificuldade em analisar numericamente a semelhança entre este modelo e aquele encontrado na realidade. As análises deste tipo de trabalho acontecem a partir de testes, como o teste de carregamento axial que permite entender o comportamento do material simulado e compará-lo ao comportamento do material real.

Para a implementação desta etapa do trabalho o algoritmo gerador dos agregados foi implementado na linguagem Visual Basic. Net na plataforma Visual Studio .Net. O algoritmo para posicionamento dos agregados foi implementado no software MATLAB versão R2010.

## V. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi de gerar e discutir sobre um algoritmo para geração dos agregados elípticos no domínio do concreto. A partir da curva granulométrica foi possível desenvolver um algoritmo que determina o tamanho de cada agregado e a partir das duas hipóteses discutidas foi possível posicionar os agregados de maneira que eles formassem o elemento representativo de concreto.

Além disto, esse trabalho abre portas para o desenvolvimento de outros modelos 3-D para a representação do concreto, no qual seus agregados podem ser representados por elipsóides. O objetivo final é criar um modelo preciso do comportamento do concreto.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAZANT, Z. P.; TABBARA, M. R.; KAZEMI, M. T. Random particle model for fracture of aggregate of fiber composites. *J. Engng Mech.*, v. 116, n. 8, p. 1686 - 1705, 1990.
- CALLISTER, W. D. Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Editora LTC, 2006.
- CHOI, Y. K.; WANG, W.; LIU, Y. Continuous collision detection for elliptic disks. *HKU CS Tech Report*, 2005.
- ELSHEBY, J. D. The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. *Proceedings of the Royal Society*, A241, p. 376 - 396, 1957.
- KACHANOV, L. M. Introduction to Continuum Damage Mechanics. São Paulo: *Martinus Nijho Publishers*, 1986.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto - Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.
- PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- SCIENCE, S.-B. E. Report of the National Science Foundation Blue Ribbon Panel (NSF). [S.I.], 2006.
- TEIXEIRA, M. R. A contribution to the numerical modeling of the heterogeneity of concrete with the elements free Galerkin method. Tese (Doutorado), São Paulo, 2011.
- TULIO, B. N. Experimental analysis of fracture processes in concrete. *Revista Brasileira de Ciências Mecânicas*, v. 23, p. 545 - 550, 2001.
- VASCONCELOS, A. C. O Concreto no Brasil - Recordes, Realizações, História. São Paulo: Copiare, 1985.
- WANG, Z. M.; KWAN, A. K. H.; CHAN, H. C. Mesoscopic study of concrete i: generation of random aggregate structure and finite element mesh. *Comput*, v. 70, p. 533 - 544, 1999.
- WITTMANN, F. H.; ROELFSTRA, P. E.; SADAOUKI, H. Simulation and analysis of composite structures. *Mater, Sci, Engng*, v. 68, p. 239 - 248, 1984.
- WRIGGERS, P.; MOFTAH, S. O. Mesoscale models for concrete: Homogenisation and damage behavior. Elsevier, v. 42, p. 623 - 636, 2006. ISSN 1631-0721.

## VII. COPYRIGHT

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

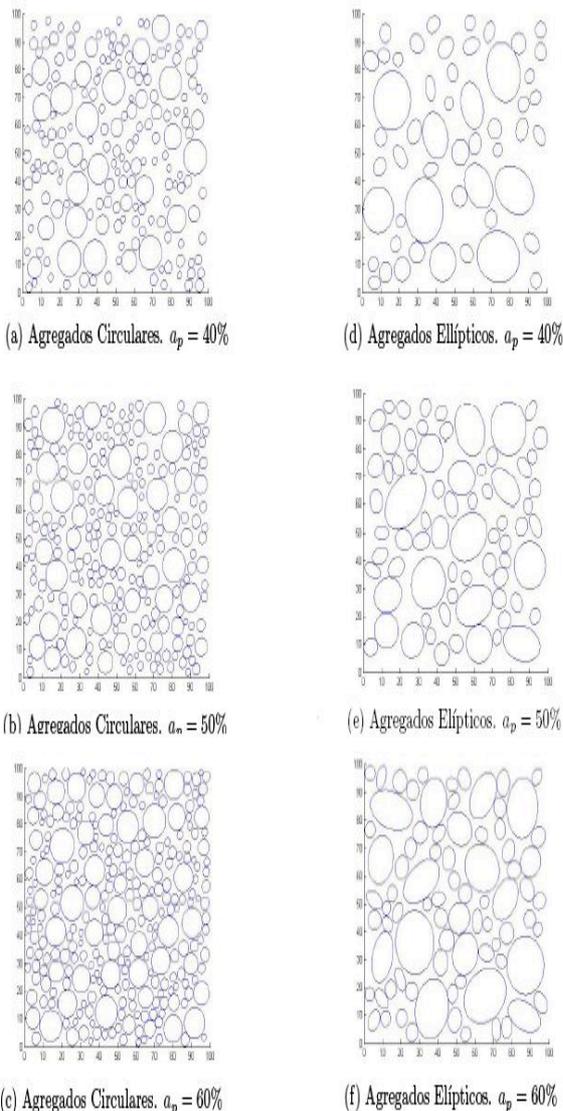


Figura 5 - Estruturas Aleatórias Geradas

O tamanho do elemento representativo do concreto utilizado foi fixado em 10.000 mm<sup>2</sup>, de forma quadrada com lados 100 mm. Alguns exemplos foram gerados. Os resultados estão apresentados na Figura 5.

Na Figura 5, (a), (b) e (c) mostram os modelos gerados computacionalmente aproximando cada um dos agregados por círculos. A área que os agregados ocupam no total do concreto é representada pelo parâmetro  $a_p$ , que nestes exemplos, são de 40% (a), 50% (b) e 60% (c).

A Figura 5 (d), (e), (f) mostra os resultados obtidos aproximando cada um dos agregados por elipses.

Os resultados gráficos obtidos indicam uma similaridade entre o material gerado e o material obtido. Estatisticamente, este RVE representa o material original, o qual apresenta uma heterogeneidade muito grande. A partir de técnicas estatísticas e testes de carregamento é possível expandir essas propriedades para o material como um todo, sem perda de generalidade e de maneira que explore algumas características do material real, como a curva granulométrica e a proporção de agregados no concreto.



## ENRIQUECIMENTO DE PÃO COM PIRACUÍ DA ESPÉCIE (*Liposarcus pardalis*)

FRANCISCA DAS CHAGAS DO A. SOUZA<sup>1</sup>; ADRIANA BEZERRA DA COSTA<sup>2</sup>  
1- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA, AV. ANDRÉ ARAÚJO,  
nº 2936, B. ALEIXO, MANAUS, AM, CEP 690600-001, TEL. (92) 3643- 3275;  
2 - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO NORTE – UNINORTE. AV. JOAQUIM NABUCO, nº  
1232, CENTRO, CEP 69020-031, MANAUS-AM. TEL. (92) 3212-5013.  
francisca.souza@inpa.gov.br; adrianabezerra1@hotmail.com

**Resumo** - Este trabalho teve como objetivos elaborar pães enriquecidos com piracuí da espécie *Liposarcus pardalis* (bodó) para aumentar o conteúdo de nutrientes no produto e avaliar sensorial e físico-quimicamente estes pães. Para obtenção do piracuí de bodó a matéria-prima foi submetida a um processo de lavagem, seguido de cozimento e secagem. Foram desenvolvidas duas formulações de pão: 10 e 16% de piracuí. Os pães foram avaliados sensorial (escala hedônica e intenção de compra) e físico-quimicamente (composição centesimal). O teste de perfil de atributos mostrou que o pão com 16% de piracuí não diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) do pão 10% para nenhum atributo avaliado. Todos os pães apresentaram aceitação superior a 80%, indicando que poderá ser um produto promissor no mercado. Os pães com 10 e 16% de piracuí apresentaram um aumento no conteúdo proteico de 10,8 e 14,2% respectivamente, em relação ao conteúdo proteico do pão padrão.

**Palavras-chave:** Pão. Piracuí. Proteína. Enriquecimento.

**Abstract** - This study aimed to develop enriched breads piracuí *Liposarcus pardalis* Species (Bodo) to increase the nutrient content in the product and evaluate the sensory and physico-chemical properties of these breads. To obtain the Bodo piracuí the raw material was subjected to a washing process, followed by cooking and drying. We developed two formulations of bread: 10 and 16% piracuí. The breads were evaluated sensory (hedonic scale and intent to purchase) and physico-chemically (chemical composition). The test attribute profile showed that 16% of bread with piracuí did not differ significantly ( $p < 0.05$ ) 10% of bread to all analyzed. All breads had accepted more than 80%, indicating that it may be a promising product in the market. Breads with 10 and 16% piracuí showed an increase in protein content of 10.8 and 14.2% respectively, compared to the protein content of standard bread.

**Keywords:** Bread. Piracuí. Protein. Enrichment.

### I. INTRODUÇÃO

O pão é um dos alimentos mais consumidos e uma das principais fontes calóricas da dieta de muitos países e, por esse motivo, vem sendo alvo de muitos estudos de enriquecimento (ILYAS *et al.*, 1996). A fortificação de alimentos com nutrientes é uma prática aceita e empregada pelos processadores de alimentos desde a metade do século XX (REILLY, 1996) e tem como objetivos reforçar o valor nutritivo e prevenir ou corrigir deficiências de um ou mais nutrientes (BRASIL, 1998). Nossa dieta contém uma ampla variedade de proteínas de diferentes fontes. É geralmente

aceito que a concentração relativa de aminoácidos essenciais na dieta é o fator mais determinante no valor nutricional da proteína de um alimento. Proteínas derivadas de fontes animais, a exemplo dos peixes, são consideradas nutricionalmente superiores àquelas de origem vegetal, pois elas contêm um melhor balanço de aminoácidos essenciais para a dieta (KRISTINSSON & RASCO, 2000). Entretanto, o Brasil apresenta um dos mais baixos índices de consumo de pescado. A suplementação de alimentos com outros subprodutos tem sido usada nas diversas modalidades da indústria alimentícia, garantindo o enriquecimento nutricional com baixo custo e desenvolvendo o reaproveitamento de subprodutos agroindustriais (BOWLES, 2005).

O acari-bodó (*Liposarcus pardalis*) é um peixe autóctone da Bacia Amazônica, pois ele não é encontrado em nenhum outro lugar do País. Faz parte da culinária cabocla por ter uma carne saborosa e costuma ser apreciado em forma de caldeirada, assado ou na forma de farinha de peixe, também conhecida como farinha de piracuí. Apesar de ser bastante conhecido pela população, ele é secundário na preferência dos pescadores, pois para mantê-lo vivo faz-se necessário aumentar os custos de produção, diminuindo sua lucratividade quando comparado às demais espécies de peixes amazônicos. O piracuí pode ser comercializado ou ser incluído na merenda escolar, com o intuito de aumentar a ingestão diária de proteínas pelas crianças (MORONI, 2006). Como o pão constitui uma fração altamente significativa na produção de alimentos, é necessária a formulação de pães contendo proteínas de origem animal que possam estar presentes na mesa do consumidor de todas as classes sociais. O pão é considerado um alimento deficiente em proteínas, assim a aplicação de tecnologia para a conversão de pescado em uma fonte proteica é um método alternativo para um melhor aproveitamento de espécies sem valor comercial, transformando-as em uma nova fonte alimentar (PIZZINATTO *et al.*, 1993)

Diante disso, a complementação proteica do pão, utilizando piracuí de pescado, apresenta-se como uma alternativa viável, pelo fornecimento de todos os aminoácidos essenciais, tornando este produto de fácil aceitação, podendo atingir o público de baixo poder aquisitivo.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

### II.1- Obtenção do piracuí

Os peixes popularmente denominado de bodó (*Liposarcus pardalis*) foram adquiridos na feira da Panair na cidade de Manaus, AM, estes foram previamente higienizados e transportados para o Laboratório de Bromatologia do Centro Universitário do Norte – UNINORTE estes foram limpos, cozidos e após o cozimento foi realizada a secagem em estufa de circulação de ar (modelo Q314, Quimis) a 60°C durante aproximadamente sete horas. A polpa seca foi posteriormente triturada e uniformizado em peneiras Tyler 20 (0,85 mm), para obtenção do piracuí.

### II.2 - Elaboração dos pães

Foram desenvolvidas duas formulações, partindo-se de uma formulação padrão do pão francês apresentadas na Tabela. 1.

Tabela 1- Formulação dos pães

Ingredientes (%)	Formulação padrão	10% de piracuí (PP10)	16% de piracuí (PP16)
Farinha de trigo	100	90	84
Piracuí		10	16
Água	60	60	60
Açúcar refinado	1	1	1
Fermento biológico	3	3	3
Sal refinado	2	2	2
Melhorador	1	1	1

#### II.2.1 Processamento de pães

Os pães foram elaborados no Laboratório de Bromatologia do Centro Universitário do Norte - UNINORTE conforme descrição do fluxograma apresentado na Figura 2. Todos os ingredientes foram pesados em uma balança digital. Foram colocados na masseira de duas velocidades a farinha, sal, açúcar, gordura vegetal, melhorador, fermento e aos poucos adicionada a água com tempo de aproximadamente 10 minutos, até a formação da rede proteica (glúten). Após a mistura da massa foi retirada da masseira e coberta por plástico, permanecendo em descanso por 5 minutos. Ao término do tempo de descanso, a massa foi dividida em duas partes, pesada cada uma das partes e em seguida boleada em porções menores e cobertas com plástico. Após o boleamento, as partes divididas permaneceram em descanso por 15 minutos. Passados os 15 minutos de descanso, as massas foram modeladas manualmente e colocadas nas formas untadas com óleo vegetal. As formas foram colocadas em uma câmara de fermentação com temperatura de 35°C, com tempo de duração de aproximadamente 75 minutos, para cada formulação. Após a fermentação, os pães foram assados em forno elétrico a 180°C por 40 min. Os pães de forma foram resfriados em temperatura de 30°C, com tempo de aproximadamente 90 a 120 minutos. Após o resfriamento os pães foram acondicionados em embalagem de filme de prolipropileno liso e transparente e mantidos em condições normais de armazenamento à temperatura ambiente, até utilização.

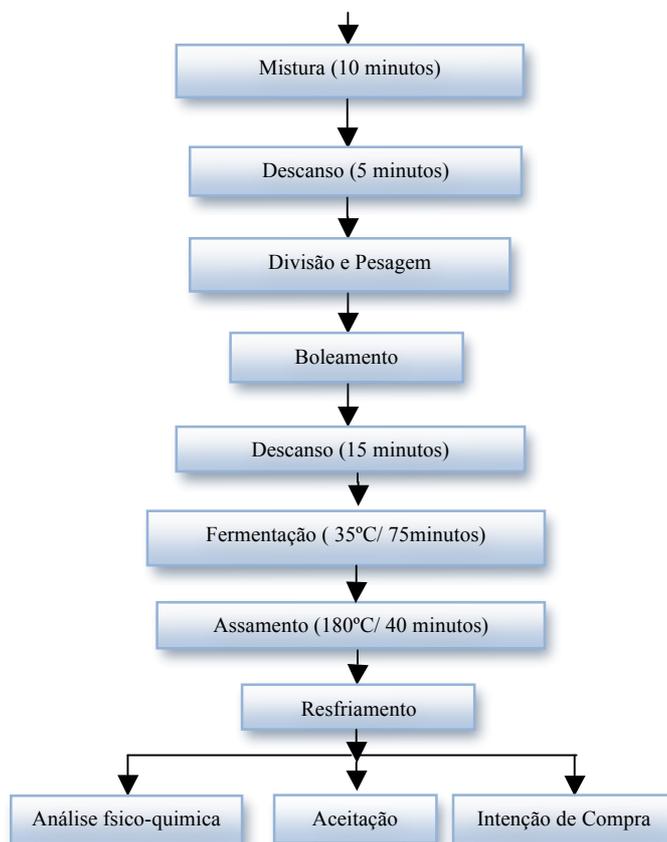


Figura 1– Fluxograma da elaboração dos pães

#### II.3 - Avaliações sensoriais

As duas amostras de pães (10% e 16% de piracuí) foram submetidos à teste de aceitação (QUADRO 1) utilizando-se uma ficha com uma escala hedônica estrutura com 9 pontos e cada provador avaliou as amostras de acordo com o sabor, anotando o quanto gostou ou desgostou dos pães, segundo metodologia descrita em Teixeira (1987). O painel sensorial foi composto por 30 consumidores não treinados, recrutados entre alunos e funcionários do Centro Universitário do Norte - UNINORTE, com faixa etária entre 21 a 50 anos. As amostras foram analisadas com 1 (um) dia de fabricação. A avaliação da aceitação dos pães elaborados com piracuí foi conduzida no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Departamento de Nutrição. As amostras foram servidas em pratos fundos brancos, codificadas com números de dois dígitos aleatórios. Os resultados do teste da escala hedônica foram normatizados através das respostas dos julgadores, avaliados pela ANOVA, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Teste de aceitação	
Nome:	
Data:	
Instruções	
Deguste cuidadosamente cada uma das amostras e utilize a escala abaixo para expressar o quanto você gostou ou desgostou do produto.	
1- Desgostei muitíssimo; 2- Desgostei muito; 3- Desgostei regularmente; 4- Desgostei ligeiramente	
5- Indiferente; 6- Gostei ligeiramente; 7- Gostei regularmente; 8- Gostei muito; 9- Gostei muitíssimo	
Código da amostra	Valor atribuído
01	
02	
Teste de Intenção de Compra	
1 - Certamente compraria	
2 - Provavelmente compraria	
3 - Talvez comprasse; talvez não comprasse.	
4 - Provavelmente não compraria	
5 - Certamente não compraria	
Código da amostra	Valor atribuído
01	
02	

#### II.4 - Avaliação físico-química

- *Teor de umidade* - Secagem direta em estufa a 105°C até peso constante, de acordo com o método 012/IV - Perda por dessecação (umidade) - IAL (2008).

- *Teor de cinzas* - as amostras foram carbonizadas até cessar a liberação de fumaça e, posteriormente, calcinadas em mufla a 550°C até peso constante, segundo o método 018/IV - Resíduo por incineração – Cinzas - IAL (2008).

- *Teor de lipídios* - obtido por extração em Soxhlet durante 6 horas e posterior evaporação do solvente, de acordo com o método 032/IV - Lipídios ou extrato etéreo – Extração direta em Soxhlet. - IAL (2008).

- *Teor de proteínas* - determinado pela técnica de micro-Kjeldahl, baseado em hidrólise e posterior destilação da amostra, utilizando o fator 6,25 x %N, de acordo com o método 036/IV - Protídios – Método de Kjeldahl clássico - IAL (2008).

- *Teor de fibra bruta* - através de digestão do material em solução de H2SO4 a 1,25% p/v por 30 minutos, seguida de NaOH 1,25% m/v por mais 30 minutos, de acordo com IAL (2008).

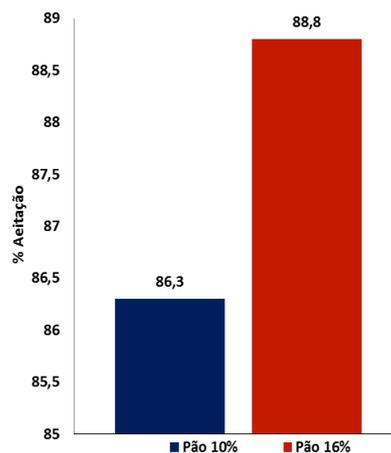
- *Carboidratos* - estimados por diferença, subtraindo de 100 o somatório de proteínas, lipídios, cinzas, umidade e fibra bruta, com os resultados expressos em percentual, segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### III.1 - Avaliação Sensorial

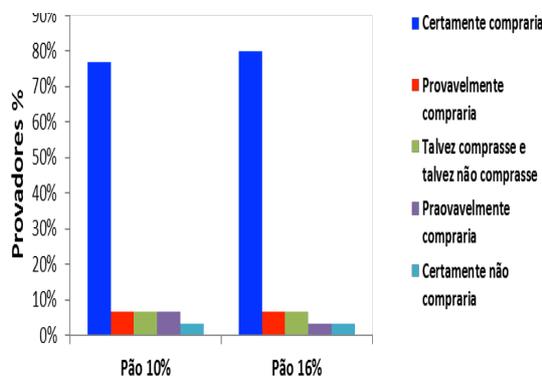
A partir do teste sensorial de ordenação, encontrou-se o valor crítico de Friedman (igual a 39), abaixo do qual não há diferença significativa segundo a preferência para o índice de aceitação que foi de 86,3 e 88,8% para 10 e 16% para as formulações não diferindo significativamente, no entanto para o aumento da concentração de piracuí (16%) apresentou maior aceitação (Gráfico1) por parte dos julgadores.

Gráfico 1– Índice de aceitação dos pães



Em relação a intenção de compra (Gráfico 2) verificou-se que o pão com 16% de piracuí apresentou maior aceitação, no entanto não diferiu significativamente do pão com 10%. Segundo SIDWELL e HAMMERLE, 1970, afirmou que à medida que se aumentava a concentração de pescado na formulação, havia uma tendência de rejeição por parte dos julgadores, devido ao forte gosto a pescado, principalmente nos pães adicionados de polpa seca, trabalhando com concentrado proteico de pescado (CPP), também demonstraram que as proteínas do pescado interferiram nas características reológicas e sensoriais dos pães enriquecidos.

Gráfico 2 – Intenção de compra dos pães



#### III.2 - Avaliação físico-química

A tabela 2 mostra a composição proximal dos pães em base úmida (B.U) contendo P10% e P16% de piracuí.

Observou-se que o conteúdo proteico e fibras dos pães adicionados piracuí foi maior que o pão padrão (TACO, 2006). No entanto os teores de lipídeos, carboidratos e umidade foram menores quando comparados ao pão padrão (TACO, 2006). CENTENARO (2007) trabalhando com polpa lavada de cabrinha encontrou um aumento para o teor proteico 17,1% em base seca para pão enriquecido com 5%.

Tabela 2 - Composição proximal do pão padrão e dos pães com piracuí

Constituintes (% em base úmida)	Pão enriquecido com Piracuí		Pão, trigo francês*
	P10%	P16%	
Umidade	26,4 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	28 <sup>c</sup>
**Carboidratos	55,7 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	59 <sup>c</sup>
Lipídeo	2,4 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Proteína	10,8 <sup>a</sup>	14,2 <sup>b</sup>	8 <sup>c</sup>
Cinza	1,8 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	1,8 <sup>a</sup>
Fibra	2,68 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>

(\* Tabela TACO, 2006,\*\* Obtidos por diferença)

Letras iguais, na mesma linha, indicam que não há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Observou-se que o conteúdo proteico dos pães adicionados de piracuí foi significativamente maior que o pão padrão. Comparando os nutrientes dos pães adicionados de 10% e 15% de piracuí, foi observado que os teores de umidade, lipídeo e fibra não apresentaram diferença significativa entre si, indicando que a quantidade de piracuí não interferiu significativamente quando adicionadas nessas porcentagens, implicam em um conteúdo nutricional semelhante.

BIANCHI (2006) e CENTENARO *et al.*, (2007) observaram um aumento do teor proteico para as diferentes concentrações de pescado e menor concentração de lipídeos e umidade e cinzas. Porém o teor de carboidrato teve uma média de 77%.

#### IV. CONCLUSÃO

Todos os pães formulados apresentaram boa aceitação sensorial. Houve um aumento considerável do conteúdo proteico, que era o principal objetivo, a partir de uma espécie de pescado de baixo valor comercial. Dessa maneira, nas condições experimentais realizadas, pode-se concluir que a adição de polpa de pescado em pães pode contribuir para o enriquecimento proteico de produtos de panificação.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCHI, S. I. P. *Influência da Secagem nas Propriedades Funcionais da Polpa de Pescado*. Rio Grande, 2006, 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
- BOWLES, Simone; *Utilização do Substrato da Obtenção de Extrato Aquoso de Soja – OKARA em Pães do Tipo Francês* 2005.
- BRASIL. Portaria n.31, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 1998. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=64>>. Acesso em: 22 agosto de 2011.
- CENTENARO, Graciela Salette; FEDDERN, Vivian; BONOW, Eliza Timm; SALAS-MELLADO, Myriam. *Enriquecimento de pão com proteínas de pescado* Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(3): 663-668, jul.-set. 2007.
- ILYAS, M. et al. *The effect of iron fortification on the quality of fortified bread*. *Sarhad Journal of Agricultural*, v. 12, n. 2, 1996.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1985. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3. ed., vol. 1. São Paulo.
- KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical and Functional Properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 40, n. 1, p. 43-81, 2000.
- MORONI, Fábio Tonissi da. *Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia* (CPTA/Inpa), 2006-03-14 - 09:53:00. Disponível em: [http://www.inpa.gov.br/noticias/noticia\\_sгно\\_versao\\_impresso.php](http://www.inpa.gov.br/noticias/noticia_sгно_versao_impresso.php), código=38> acesso: 23/06/2012.
- PIZZINATTO, A. et al. Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinhas de trigo (pão, macarrão, biscoito). Centro de Tecnologia de Farinhas e Panificação, Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 54p. Campinas, SP, 1993.
- REILLY, C. *Too much of a good thing? The problem of trace element fortification of foods*. *Trends in Food Science & Technology*, v. 7, p.139-142, 1996.
- SIDWELL, V. D.; HAMMERLE, O. A. *Changes in Physical and Sensory Characteristics of Doughs and of Bread Containing Various Amounts of Fish Protein Concentrate and Lysine*. *Cereal Chemistry*, v. 47, p. 739-745, 1970.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA-UNICAMP.-Versão II. -- Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006. 105p.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. *Análise sensorial de alimentos*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180 p.

#### VI. COPYRIGHT

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



## SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÉSTERES DERIVADOS DO ÓLEO DE SOJA

SAMUEL MENDES DA NÓBREGA; EDESIO LUIZ SIMIONATTO; DANIELA MOSER; DILAMARA RIVA SCHARF; RAFAEL GERBER NEVES  
FURB – FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU  
samuelquimica@yahoo.com.br

**Resumo** – Ésteres alquílicos de ácidos graxos são óleos produzidos a partir de óleos vegetais ou gorduras animais transesterificados e esterificados com álcoois de diferentes espécies, sob presença de um catalisador que pode ser básico ou ácido, sendo que o mesmo possui boa viscosidade quando comparado à lubrificantes minerais, é renovável, não é tóxico e é biodegradável. Óleos minerais possuem alta estabilidade química, portanto são difíceis de se degradarem quando descartados intencionalmente ou acidentalmente ao meio ambiente. Foi estudado as propriedades físico-químicas de ésteres alquílicos de ácidos graxos para analisar seu uso como biolubrificante, os quais foram transesterificados com álcoois superiores sob razão molar de 30:1 de álcool para óleo de soja, sob catálise ácida, onde foram realizados testes como Viscosidade Cinemática, Índice de Viscosidade, Ponto de Fulgor, Estabilidade à Oxidação, Índice de Acidez e Densidade.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Biolubrificante. Alcoóis Superiores.

### I. INTRODUÇÃO

Ésteres alquílicos de ácidos graxos, são produzidos sob transesterificação e esterificação de óleos vegetais ou gorduras animais com álcool sob presença de um catalisador, o qual pode ser básico ou ácido, produzindo assim biodiesel e como subproduto glicerol, o qual está representado na figura 1, onde neste caso o metanol é empregado. Estes compostos quando transesterificados com álcoois superiores, apresentam boa viscosidade, sendo esta a principal característica físico-química de um lubrificante. Ésteres alquílicos de ácidos graxos também quase não emitem enxofre para atmosfera quando em combustão, e pelo fato de ser renovável, reduz o efeito estufa. Estes compostos além de não serem tóxicos, possuem boa biodegradabilidade, e em razão disso é estudado sua possível utilização como biolubrificante. Lubrificantes minerais possuem alta estabilidade química, no entanto quando são descartados para o meio ambiente, geram grande poluição, contaminando assim o solo e as águas subterrâneas. A maior parte dos biolubrificantes sintéticos é a base de ésteres, e que inclui também ésteres naturais como óleos vegetais e gorduras animais, pois os mesmos também são usados como biolubrificante. Algumas aplicações para estes lubrificantes incluem fluidos de transmissão automotiva, óleos de laminação a frio, fluidos hidráulicos resistentes ao fogo, óleos de engrenagem industrial, óleo de corte, lubrificantes de engrenagens automotivos e óleos lubrificantes de perda total, onde os quais podem ser usados

de forma pura ou em formulações (NAGENDRAMMA, Ponnekanti).

O objetivo deste trabalho é estudar as propriedades físico-químicas de ésteres transesterificados com álcoois superiores, com o propósito de avaliar o seu uso como biolubrificante, onde são avaliados os testes como Viscosidade Cinemática, Índice de Viscosidade, Ponto de Fulgor, Estabilidade à Oxidação, Índice de Acidez e Densidade.

### II. PROCEDIMENTOS

Óleo de soja refinado, usado na reação de transesterificação, foi comprado de um supermercado. Os álcoois empregados foram de grau laboratorial, sendo estes o n-propanol, isopropanol e n-butanol. O catalisador usado foi ácido sulfúrico PA. Foi usado razão molar de álcool para óleo de soja de 30:1, com 3,5% em massa de ácido sulfúrico em relação à massa do óleo. A mistura reacional foi submetida à constante agitação e temperatura com cerca de um grau abaixo do ponto de ebulição do álcool. O sistema foi realizado em um reator de vidro aberto com condensador de refluxo e chapa de aquecimento. A reação teve duração de 3 horas para os álcoois n-propanol e n-butanol, já para o isopropanol foi usado um intervalo de tempo de 24 horas. No término da reação o produto foi inserido em um funil de separação e deixado em repouso para decantação da glicerina em um prazo de um dia para o outro. Em seguida o produto foi submetido à neutralização do catalisador, o qual foi realizado com solução saturada de bicarbonato de sódio, onde este procedimento foi executado com auxílio de um pHmetro digital, agitador magnético e conta gotas. Para certificação do pH final do éster, o pH da água de lavagem final foi medido e comparado ao valor dado na leitura durante o processo de neutralização empregado. Após a neutralização, a mistura foi lavada 4 vezes com água destilada a uma temperatura de 60°C, utilizando para isso de um funil de separação, onde foi utilizado 4 porções de 600ml de água destilada para remoção da glicerina e parte do álcool. Após a lavagem, o éster foi dessecado com sulfato de sódio anidro e submetido à filtração a vácuo para remoção do dessecante, e em seguida foi destilado à vácuo para remoção do álcool. A conversão para ésteres foi determinada por CG-FID. Os testes de Viscosidade Cinemática, Índice de viscosidade, Índice de Acidez, Estabilidade à Oxidação e Ponto de Fulgor, foram executados segundo as normas ASTM D445-11, ASTM

D2270-10, NBR 14448/2009, EN 14112:2003, ASTM D93-11, respectivamente

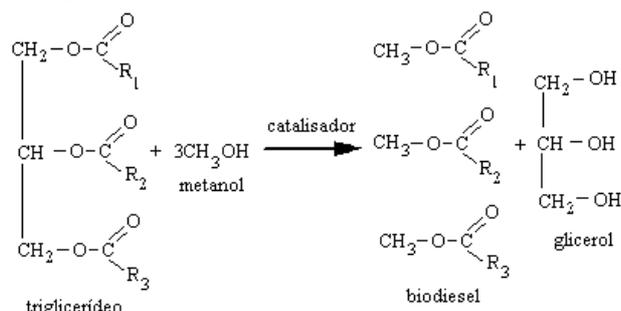


Figura 1 – Reação de transesterificação de óleo vegetal ou gordura animal com metanol

### III. SÍNTESE E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS ÉSTERES

Segundo Freedman, a razão molar mais adequada para este tipo de transesterificação é de 30:1 de álcool para óleo, onde a concentração de catalisador era de 3% em relação ao peso do óleo, e temperatura de cerca de um grau abaixo do ponto de ebulição do álcool empregado. Foi escolhido 3,5% com o propósito de garantir a maior conversão possível para ésteres alquílicos de ácidos graxos, sendo que é possível usar até 5% de ácido sulfúrico, pois além dessa quantidade de catalisador pode levar à reações de desidratação (KEYES D. B.). Conforme a reação de transesterificação foi sendo executada, a cor da mistura reacional tornava-se escura, no entanto isto indicava conversão dos triglicerídeos para ésteres de ácidos graxos. Após a etapa de neutralização foi necessário o uso de uma maior quantidade de água para o processo de lavagem do éster com o propósito de retirar a glicerina, pois a cor do mesmo tinha a mesma tonalidade do éster, o qual também se mostrava com cor escura, no entanto não era possível visualizar duas fases distintas no funil de separação mesmo após longo período de repouso no funil para decantação da glicerina. Durante a etapa de neutralização do éster utilizando o pHmetro digital, agitador magnético e conta gotas, o pH da mistura neutralizada era exatamente igual ao pH da última água de lavagem do biodiesel, portanto mostrou-se eficaz como método de neutralização. No processo de lavagem, os ésteres tinham grande tendência a formar emulsão em caso de forte agitação com água, portanto a desmulsificação pode ser realizada mediante o uso de um eletrólito forte como o sulfato de sódio anidro. Durante a lavagem do éster n-butílico, foi verificado que o n-butanol é difícil de ser removido somente com água aquecida, pois o mesmo é mais solúvel ao éster e menos solúvel na água, sendo necessário para esse caso uma destilação à vácuo para evitar a degradação do éster por causa de forte aquecimento. Os ésteres n-propílico e isopropílico foram submetidos à destilação à vácuo, mas nesse caso não foi obtido destilado, pois durante a lavagem, os álcoois foram totalmente removidos com água destilada aquecida a 60°C. Com base nos dados da tabela 1, o éster isopropílico teve baixo índice de conversão devido à presença de 0,5% de água no isopropanol, pois com esse teor de umidade, a conversão máxima cai em torno de 90% (CANAKCI, Mustafa). Os outros álcoois possuíam 0,2% no máximo de água. Observa-se que mesmo com 24 horas de transesterificação a taxa de conversão ainda é inferior aos demais álcoois, aos quais foi

usado somente um intervalo de tempo de 3 horas de reação. Para a transesterificação com isopropanol também se deve levar em consideração de que esta reação teve a menor temperatura de trabalho, pois dos três álcoois, o isopropanol possui menor ponto de ebulição. Outro fator que também deve ser observado é que o isopropanol é o álcool menos solúvel no óleo de soja (NIMCEVIC, Dragan) quando comparado com os outros álcoois, pois isso é causado pelo impedimento estérico no meio da cadeia do isopropanol causado pelo grupo hidroxila, sendo portanto a mesma razão por causar impedimento estérico durante a substituição nucleófila do íon alcoólico durante a reação (NIMCEVIC, Dragan), sendo assim menos reativo quando comparado aos demais álcoois. Segundo os testes dos parâmetros físico-químicos, foi obtido os dados aos quais se encontram na tabela 1. Quanto maior é a cadeia carbônica do éster, maior é a viscosidade a 40°C e 100°C, pois a viscosidade é relacionada com o tamanho e massa molecular do éster, no entanto o éster isopropílico mostrou-se com maior viscosidade quando comparado aos outros ésteres devido à presença de mono, di e triglicerídeos no produto, e isso é em decorrência da menor conversão do éster em relação aos demais. Com base nas viscosidades a 40°C e 100°C, foi calculado o índice de viscosidade, onde ambos os valores mostraram-se altos em comparação com outros lubrificantes, pois quanto maior é o índice de viscosidade, menor é a variação da viscosidade cinemática com a variação de temperatura, contudo destaca-se o éster n-propílico. Observa-se que com uma variação de 60°C, a viscosidade variou muito pouco. Essa é uma propriedade muito importante para um lubrificante que pode ser submetido a variações de temperatura sem sofrer grandes variações em sua viscosidade. Foi encontrado na literatura os Pontos de Fluidez para os respectivos ésteres, onde para o éster n-propílico, isopropílico e n-butílico possuem valores de -6°C, -12°C e -6°C respectivamente (SANTOS, Reginaldo B.) e (WANG, Paul S.), onde o Ponto de Fluidez é a menor temperatura em que o óleo escorre sua superfície. Com base nesses pontos de fluidez, estes ésteres podem ser usados em equipamentos que operam em baixas temperaturas ou em regiões frias dependendo da intensidade do frio. O Índice de Acidez foi razoavelmente baixo, e neste caso destaca-se novamente o éster n-propílico. A acidez pode ser influenciada por uma variedade de fatores. (REFAAT, A. A). Dos três ésteres, o que apresentou melhor resistência à oxidação foi o n-propílico, sendo o éster isopropílico mais facilmente oxidado, onde esta facilidade é influenciada por presença de ligações duplas ao longo da cadeia carbônica (KNOTHE, Gerhard). Para um óleo lubrificante biodegradável é bom ter uma estabilidade oxidativa e hidrolítica baixa, pois o mesmo representa a facilidade deste biolubrificante se degradar no solo ou na água quando descartado intencional ou acidentalmente no meio ambiente, onde o mesmo pode se degradar 98% de sua composição em poucas semanas. (VYAS, Amish P), pois o tempo de biodegradação depende da concentração de bactérias e outros microrganismos, oxigênio dissolvido, temperatura, e outros fatores. Dos três ésteres, o que apresentou maior ponto de fulgor foi o n-propílico, sendo este mais adequado para situações que exigem segurança com respeito a inflamação do biolubrificante, onde o ponto de fulgor representa a presença de substâncias voláteis e inflamáveis no óleo lubrificante. Encontra-se na tabela 2 os

parâmetros físico-químicos do óleo hidráulico Q8 Haydn para fins de comparação com os ésteres obtidos, onde comparando os respectivos ésteres com o respectivo óleo mineral, verifica-se semelhança com respeito à viscosidade cinemática, densidade, índice de acidez e ponto de fulgor.

Tabela 1- Propriedades físico-químicas dos ésteres

Ester	n-propílico	Isopropílico	n-butílico
Conv. (%)	99,8	90,2	98,2
d 25°C (g/ml)	0,8906	0,8832	0,8812
VC 40°C (cSt)	4,362	5,727	4,744
VC 100°C (cSt)	2,073	2,396	2,221
IV	553,846	355,561	466,615
IA (mgKOH/g)	0,711	1,615	2,136
EO (hora)	5,270	0,055	2,450
PF (°C)	146,0	116,0	114,0

\*VC – Viscosidade cinemática, \*IV – Índice de Viscosidade, \*IA – Índice de Acidez, \*EO – Estabilidade à Oxidação, \*PF – Ponto de Fulgor

Tabela 2 - Propriedades físico-químicas do óleo hidráulico Q8 Haydn

d 15°C (g/ml)	VC 40°C (cSt)	PF (°C)	IA (mgKOH/g)
0,8280	5,000	135,0	0,300



Figura 2 – Configuração do equipamento utilizado na transesterificação

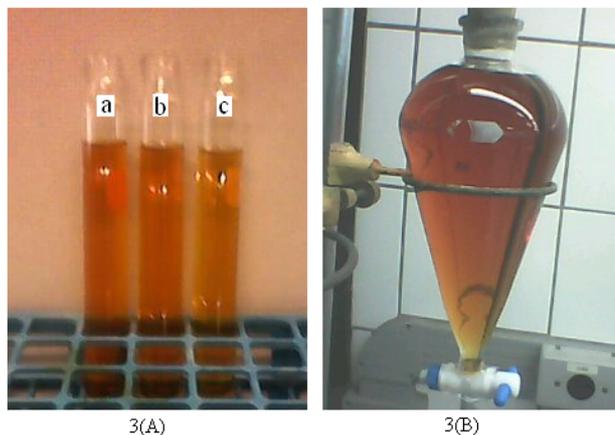


Figura 3 - 3(A) Amostras dos três ésteres purificados, sendo os tubos a, b e c os ésteres n-propílico, isopropílico e n-butílico respectivamente. 3(B) Mistura de éster butílico, butanol e glicerina após um dia inteiro em repouso para decantação

#### IV. CONCLUSÃO

Dos três ésteres o que apresentou melhor desempenho como óleo lubrificante foi o n-propílico, seguido também do éster n-butílico, sendo que estes apresentaram propriedades físico-químicas a óleos usados industrialmente, como por exemplo, óleo hidráulico ou óleo lubrificante de perda total, pois o mesmo é biodegradável e não é tóxico. Em caso de derrame acidental ao meio ambiente, o éster pode se decompor em poucas semanas dependendo das condições ambientais.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, Chivanga. Estudo da Viabilidade da Produção de Biocombustíveis Leves a partir do Biodiesel: Análise Experimental e Numérica. *Dynamis Revista Tecnológica*, Blumenau, v. 15, n. 2, p. 7-11, 2009.
- BURG, Douglas A.; KLEIMAN, Robert. Preparation of Meadowfoam Dimer Acids and Dimer Esters, and Their Use as Lubricants. *JAOCs*, Peoria, v. 68, n. 8, p. 600-603, Ago. 1991.
- CANAKCI, Mustafa. The Potential of Restaurant Waste Lipids as Biodiesel Feedstocks. *Bioresource Technology*, Turquia, v. 98, p. 183-190, Jan. 2007.
- CANAKCI, M.; GERPEN, J. Van. Biodiesel Production Via Acid Catalysis. *Power & Machinery Division of ASAE*, Iowa, v. 42, p. 1203-1210, Jul. 1999.
- ERHAN, Sevim Z. *Industrial Uses of Vegetable Oils*. Peoria: AOCS PRESS, 2005, 184 p.
- FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *JAOCs*, Chicago, v. 61, n. 10, p. 1638-1643, Out. 1984.
- FERNANDO, Sandun; KARRA, Prashanth; HERNANDEZ, Rafael; JHA, Saroj Kumar. Effect of Incompletely Converted Soybean Oil on Biodiesel Quality. *Energy*, Mississippi, v. 32, p. 844-851, 2007.
- GERPEN, Jon Van. *Biodiesel Processing and Production*. Fuel Processing Technology, Moscou, v. 86, p. 1097-1107, 2005.
- ISELL, Terry A.; EDGCOMB, FOGLIA, Thomas A.; NELSON, Lloyd A.; DUNN, Robert O.; MARMER, William N. *Low-Temperature Properties of Alkyl Esters of*

- Tallow and Grease. *JAOCS*, Pensilvânia, v. 74, n. 8, p. 951-955, 1997.
- KEYES, D. B. Esterification Processes and Equipment. *Industrial and Engineering Chemistry*, Illinois, v. 24, n. 10, p. 1096-1103, Ago. 1932.
- KNOTHE, Gerhard. Dependence of Biodiesel Fuel Properties on the Structure of Fatty Acid Alkyl Esters. *Fuel Processing Technology*, Peoria, v. 86, p. 1059-1070, Jun. 2005.
- KERSCHBAUM, S.; RINKE, G. Measurement of the Temperature Dependent Viscosity of Biodiesel Fuels. *Fuel*, Germania, v. 83, p. 287-291, 2004.
- KNOTHE, Gerhard; STEIDLEY, Kevin R. Kinematic Viscosity of Biodiesel Fuel Components and Related Compounds. Influence of Compound Structure and Comparison to Petrodiesel Fuel Components. *Fuel*, Peoria, v. 84, p. 1059-1065, 2005.
- LAPUERTA, Margin; CANOIRA Laureano; RÁEZ Jesús. Improved Method for Determining the Atmospheric Distillation Curve of Biodiesel Fuels from Reduced Pressure. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Espanha, p. 7041-7048, 2011.
- NIMCEVIC, Dragan; PUNTIGAM Rupert; WORGETTER, Manfred; GAPES, Richard. Preparation of Rapessed oil Esters of Lower Aliphatic Alcohols. *JAOCS*, Áustria, v. 77, n. 3, p. 275-280, 2000.
- NAGENDRAMMA, Ponnekanti; KAUL, Savita. Development of Ecofriendly/Biodegradable Lubricants: An Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Índia, v. 16, p. 764-774, 2012.
- REFAAT, A. A. Correlation Between the Chemical Structure of Biodiesel and its Physical Properties. *International Journal of Environment Science and Technology*. Egito, v. 6, n. 4, p. 677-694, 2009.
- SANLI, H.; CANAKCI, M. Effects of Different Alcohol and Catalyst Usage on Biodiesel Production from Different Vegetable Oils. *Energy & Fuels*, Turquia, v. 22, p. 2713-2719, 2008.
- SANTOS, Reginaldo B.; SERRATE, Júlia W.; CALIMAN, Lorena B.; JÚNIOR, Valdemar Lacerda; CASTRO, Eustáquio V. R. Estudo da Transesterificação de Óleo de Soja com Álcoois de Cadeia de até Quatro Carbonos. <sup>2</sup>Santos, R. B.; In: SBQ, 31, 2008, Águas de Lindóia. *Resumos...* Águas de Lindóia: Depto. de Química, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.
- SONNENSCHNEIN, Mark F.; GREAVES, Martin R.; BELL, Bruce M.; WENDT, Benjamin L. Design, Polymerization, and Properties of High-Performance Seed-Oil-Derived Lubricants. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Michigan, 51, p. 8386-8393, 2012.
- Michelle R.; LOWERY, Benjamin A. Physical Properties of Estolides and Their Ester Derivatives. *Industrial Crops and Products*, Peoria, v. 13, p. 11-20. 2001.
- SALIMON, Jumat; SALIH, Nadia; YOUSIF, Emad. Chemically Modified Biolubricant Basestocks from Epoxidized Oleic Acid: Improved Low Temperature Properties and Oxidative Stability. *Journal of Saudi Chemical Society*, Malasia, v. 15, p. 195-201, 2011.
- SALIMON, Jumat; SALIH, Nadia; YOUSIF, Emad. Improvement of Pour Point and Oxidative Stability of Synthetic Ester Basestocks for Biolubricant Applications. *Arabian Journal of Chemistry*, Malasia, v. 5, p. 193-200, 2012.
- SALIH, Nadia; SALIMON, Jumat; YOUSIF, Emad. The Physicochemical and Tribological Properties of Oleic Acid Based Triester Biolubricants. *Industrial Crops and Products*, Malasia, v. 34, p. 1089-1096, 2011.
- VYAS, Amish P.; VERMA, Jaswant L.; SUBRAHMANYAM, N. A Review on FAME Production Processes. *Fuel*, Índia, v. 89, p. 1-9, Jan. 2010.
- WANG, Paul S.; MUSTAFA E. Tat; GERPEN, Jon Van. The Production of Fatty Acid Isopropyl Esters and Their Use as a Diesel Engine Fuel. *JAOCS*, Moscú, v. 82, n. 11, p. 845-849, Nov. 2005.
- WU, Wen-Hsin; FOGLIA, Thomas A.; MARMER, William N.; DUNN, Robert O.; GOERING, Carroll E.; BRIGGS, Thomas E. Low-Temperature Property and Engine Performance Evaluation of Ethyl and Isopropyl Esters of Tallow and Grease. *JAOCS*, Pensilvânia, v. 75, n. 9, p. 1173-1178, 1998.
- ZHENG, S.; KATES, M.; DUBÉ, M. A.; MCLEAN, D. D. Acid-Catalyzed Production of Biodiesel from Waste Frying Oil. *Biomass and Bioenergy*, Canadá, v. 30, p. 267-272, 2006.

## VI. COPYRIGHT

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



## SUSTENTABILIDADE E O MODELO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA INTERFACE A SER CONSIDERADA

FRANCIELLE ZANCANARO WESCHENFELDER<sup>1</sup>;

MÁRIO ANTONIO ALVES DA CUNHA<sup>2</sup>

1,2 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR  
CAMPUS PATO BRANCO

**Resumo** - O presente artigo busca discutir a questão da sustentabilidade na sociedade moderna e como os modelos de gestão ambiental, especialmente a produção mais limpa, podem contribuir no contexto sustentável. Para atingir tal objetivo, primeiramente, foi realizado um breve resgate histórico acerca da atual crise ambiental e como essa crise vem suscitando o processo de desenvolvimento sustentável. Posteriormente foi apresentando uma forma de gestão ambiental que busca a sustentabilidade seja pela modificação do produto, processo e/ou reciclagem interna, a chamada, Produção mais Limpa. Por fim, para explicitar o modelo da produção mais limpa, foi confeccionado uma tabela contendo 4 casos brasileiros de organizações que utilizaram-se desse modelo, mostrando as medidas adotadas e resultados alcançados. Concluiu-se que diante dos problemas instaurados pelo modo de produção da atual sociedade, faz-se necessário buscar mecanismos para superar essa crise social e o modelo da Produção Mais Limpa (P+L), constituiu uma forma de organização da produção que pode ser aplicada em diversos setores produtivos com consideráveis ganhos econômicos e ambientais.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável. Produção mais Limpa. Sociedade Moderna.

### I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos especialmente a partir da década de 1990, tem-se cada vez mais ouvido falar sobre desastres ecológicos, mudanças climáticas, efeito estufa, inundações, a destruição da biodiversidade, desmatamento, erosão, chuva ácida, diminuição da camada de ozônio, aquecimento global, entre outras consequências negativas. Essas consequências que passaram despercebidas até décadas atrás indicam que a forma e o ritmo como temos explorado o planeta está causando sua incapacidade de regeneração, sua estabilidade como sistema, e, portanto, conduzindo a um colapso.

Leff (2001) explica que o processo descrito acima pode ser definido com um “sintoma de uma crise de civilização, marcada pelo modelo de modernização regido pelo predomínio do desenvolvimento da razão tecnológica sobre a organização da natureza” (LEFF, 2001, p.17).

Desta forma, Beck relembra que esse “sintoma”, descrito por Leff (2001) “não parece mais um problema do mundo que nos cerca - um chamado “problema ambiental” – mas sim uma crise institucional profunda da própria sociedade industrial” (BECK, 1997, p.19).

Essas ameaças hoje são consideradas não como problemas ambientais, mas sim, como problemas sociais,

pois os mesmos foram reconhecidos pela população (HANNIGAN, 1995).

O reconhecimento dessa crise tem suscitado diversas discussões mundiais desde a década de 70 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, 1972; o Relatório Brundtland, 1983; a ECO 92 ou Rio 92, o Protocolo de Kyoto, 1997; a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, a Rio+10 em Johannesburgo, 2002; e Rio +20, 2012), buscando a sensibilização dos países, em especial os mais desenvolvidos, para conciliar um desenvolvimento socioeconômico aliado a conservação e proteção dos ecossistemas do planeta.

Tem-se assim, segundo Lopes (2006, p.34), “a ambientalização dos conflitos sociais, os quais estão relacionados à construção de uma nova questão social, uma nova ordem pública, que busca um desenvolvimento sustentável”.

A expressão desenvolvimento sustentável adotada internacionalmente foi a definição de BRUTLAND - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1987 - que explica essa expressão como sendo “o desenvolvimento que atende as necessidades das presentes gerações sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”.

Guimarães (2001 p. 55) explica que “naturalmente tal interpretação refere-se a um paradigma de desenvolvimento, e não de crescimento”.

Desta forma, o conceito de sustentabilidade “surge, portanto, do reconhecimento da função de suporte da natureza, condição e potencial do processo de produção” (LEFF, 2001, p.15).

Do mesmo modo, Jacobi, (2003, p.195) argumenta que “a definição de desenvolvimento sustentável reporta-se á necessária redefinição das relações entre sociedade humana e natureza”.

Raynaut (2004) explica que:

a noção de ‘desenvolvimento sustentável’ representa um esforço para conceber um outro modelo de desenvolvimento, que integre dimensões que estavam, até então, deixadas de fora. A noção combina preocupações ligadas às relações sociais – integrando os objetivos de justiça e de equidade – e preocupações voltadas para a preservação ou a recuperação do equilíbrio dos meios naturais (RAYNAUT, 2004, p30).

O conceito de desenvolvimento sustentável busca combinar assim, por um lado, em restrições quanto a exploração dos recursos naturais, e em uma nova orientação

para o desenvolvimento tecnológico, por outro, focar em uma forma de crescimento baseada em aspectos qualitativos, como a equidade, o uso de recursos de forma sustentável, e a diminuição da geração de resíduos e contaminantes (JACOBI, 2003).

Nesse sentido, as empresas devem empenhar-se para que durante todas as fases do processo produtivo, consuma-se menos energia, gere-se menor quantidade de resíduos, economize-se insumos e obedeça-se aos padrões de emissão e controle de efluentes (DONAIRE, 1990).

Tratam assim de buscar para a produção uma modernização que seja ecológica. Ascerald (2002) contribui com o assunto comentando que:

Deve-se agir no âmbito da lógica econômica, atribuindo ao mercado a capacidade institucional de resolver a degradação ambiental, "economizando" o meio ambiente e abrindo mercados para novas tecnologias ditas limpas. Celebra-se o mercado, consagra-se o consenso político e promove-se o progresso técnico. Tem-se como dada a capacidade de "superar a crise ambiental fazendo uso das instituições da modernidade, sem abandonar o padrão da modernização"! O pressuposto básico de tal modernização é o da "possibilidade de um aprendizado institucional frente à crise ecológica" (ACSERALD, 2002, p.50).

Para dar suporte nesse processo, várias técnicas de gestão ambiental têm sido discutidas e usadas nas organizações (ISSO 14.000, eco eficiência, produção limpa, produção mais limpa (P+L), gestão da qualidade ambiental total). Para análise neste resumo, optou-se pela produção mais limpa.

O Conceito de produção mais limpa foi uma iniciativa da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e o Centro de Atividades do Programa de Meio Ambiente em Paris (IEPAC) (SENAI/RS, 2003).

Os centros iniciaram suas atividades na década de 1990 em diversos países, inclusive no Brasil, no qual o SENAI-RS foi escolhido pela UNIDO e pela UNEP, para ser a instituição hospedeira do 1º Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) na América Latina e 10º no mundo (SENAI/RS, 2003).

Para a UNIDO a P+L pode ser definida como "a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e ao meio ambiente".

Segundo o SENAI/RS (2003), a P+L investiga numa empresa a produção e outras atividades sob a perspectiva do uso de materiais e energia, conduzindo a um desenvolvimento sustentável. Isso ocorre através das inovações nos diversos níveis da organização buscando sempre minimizar resíduos, emissões, efluentes, além de encontrar maneiras de reutilizar os resíduos.

Nessa perspectiva, a P+L difere do tratamento de fim de tubo, pois os resíduos não são apenas considerados no processo de tratamento, mas sim, desde antes de sua geração (DONAIRE, 1990). Desta forma a P+L pode ser trabalhada em 3 níveis a saber: Nível 1 - Redução na Fonte: subdividido em modificação no produto e modificação no processo, sendo este último ainda subdividido em Boas

Práticas no Processo, Substituição de matérias primas e modificações Tecnológicas. Nível 2 - Reciclagem Interna. Nível 3: Reciclagem externa.

Nessa perspectiva, a P+L possui uma visão integrada da organização, a qual considera a variável ambiental em todos os níveis da organização. Por esse motivo, as ações que são implementadas dentro da empresa têm como objetivo tornar o uso de insumos mais eficiente, gerando mais produtos e menos resíduos, além de colaborar na identificação de tecnologias ditas "limpas" para uso no processo produtivo (SENAI/RS, 2003).

Para Coelho (2004), de todas as características da Produção mais Limpa, a mais marcante é a Prevenção de Poluição. Deste modo, quando a empresa gera resíduos, representa a ineficiência do processo produtivo, ou seja, "transformar insumos, com alto valor agregado, em produtos de baixo, ou nenhum valor, (os resíduos), que podem ainda, adicionar mais custos ao processo produtivo quando são tratados/dispostos, através da tecnologias de Fim de Tubo" (COELHO, 2004, p.37-38).

Para Reis (2005) as empresas obtêm ganhos ao se aplicar a PML, pois as medidas tomadas visando a redução na fonte custam menos que a reciclagem, sendo mais barata que a disposição final.

Faz-se necessário, portanto, sempre que possível, "internacionalizar os custos ambientais nos custos dos produtos e serviços, mas ao mesmo tempo compensar, mediante adequada gestão ambiental esses acréscimos pela eficiência e racionalização da produção" (VALLE, 2002, p.32).

Apesar do programa não representar uma solução para o problema, é uma ferramenta considerável para estabelecer um conceito holístico, e por isso o SENAI/RS (2003) sugere sua implementação, pois: - ajudar baixa os custos da produção, de tratamento fim-de-tubo, dos cuidados com a saúde e da limpeza total; - contribui para a eficiência do processo e a qualidade do produto, bem como, para a inovação industrial e a competitividade; - ajuda baixar os riscos aos trabalhadores, comunidade, consumidores de produtos e gerações futuras; - pode garantir a imagem da empresa produzindo benefícios sociais e econômicos intangíveis.

## II. PROCEDIMENTOS

Buscando saber mais sobre essa racionalização que o modelo P+L pode contribuir foi realizado um levantamento de alguns estudos realizados no território nacional, em diferentes setores produtivos desde 2004 e disponibilizados online. Assim, cita-se: COELHO, 2004; CETESB, 2005; SOUZA, VIDOTTI & NETO, 2008; PIMENTA & GOUVINHAS, 2007; e MATTOSINHO & PIONÓRIO, 2009. Desse levantamento chegou a uma tabela contendo as medidas adotadas nas empresas a partir da aplicação do modelo P+L e os resultados alcançados pelas organizações.

## III. CIRCUITO IMPLEMENTADO

Buscando demonstrar a significância do modelo de produção mais limpa, escolheu-se 4 casos de organizações brasileiras que utilizaram-se desse metodologia e obtiveram resultados consideráveis. Esses resultados encontram-se abaixo descritos:

Tabela1 – Resumo de casos relacionados a produção mais limpa

COELHO, Arlinda Conceição Dias. Avaliação da Aplicação da metodologia de Produção mais limpa UNIDO/UNEP no setor de saneamento. Estudo de caso: Embasa S.A. Dissertação de Mestrado. Salvador, BA, 2004.	
<b>SETOR: SANEAMENTO</b>	
<b>MEDIDAS ADOTADAS</b>	<b>RESULTADOS ALCANÇADOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reutilização interna das águas de lavagem de filtros, decantadores e floculadores, pela construção de reservatórios, ou elevatórias, reduzindo o lançamento de efluentes nos rios.</li> <li>- medidas de correção de vazamentos, e redimensionamento de componentes do sistema (medidas de boas práticas operacionais).</li> <li>- reavaliação dos procedimentos operacionais adotados nas unidades no horário de pico.</li> <li>- substituição do peróxido de hidrogênio;</li> <li>- medidas de desligamento de equipamentos (misturadores).</li> <li>- medidas adotadas nas unidades de redução de consumo de água bruta e tratada.</li> <li>- substituição de cloro na mistura rápida pelo agente oxidante, água oxigenada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução no consumo de água bruta de 1.832.803,70 (m3/ano)</li> <li>- Redução no consumo de água tratada de 960.154,68 (m3/ano) nas unidades operacionais.</li> <li>- Redução no consumo de Energia no total de 3.799.345,00 (kwh/ano). Sendo que 100% do consumo de energia relacionada com a etapa de pré-oxidação.</li> <li>- Consumo de Insumos, a redução foi de 345,13 (t/ano)</li> <li>- Redução de efluentes líquidos de 313.412,50 (m3/ano).</li> <li>- Redução da formação de agentes tóxicos na água tratada</li> <li>- O valor de redução foi de 11,7 t/ano de trihalometanos</li> </ul>
CETESB, Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Ferramenta para Minimização de Resíduos. Empresa Basf S.A. São Bernardo do Campo, SP. Março de 2005.	
<b>SETOR: FABRICAÇÃO DE TINTAS E VERNIZES</b>	
<b>MEDIDAS ADOTADAS</b>	<b>RESULTADOS ALCANÇADOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaproveitamento: dos efluentes líquidos de produtos para eletrodeposição catódica; de efluentes gerados na limpeza dos equipamentos e reatores de produção.</li> <li>- Melhoria no sistema de limpeza de reatores: foram implementados ajustes nos equipamentos utilizados para limpeza das instalações e reatores da fábrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- redução do volume de efluentes líquidos do setor para tratamento em 9%, o que representa cerca de 119 m3/ano, correspondendo cerca de 1% a redução do consumo anual de água desmineralizada.</li> <li>- o ganho econômico correspondente foi de R\$ 52.617,00/ano, referente à redução de custos com transporte e tratamento de efluentes;</li> <li>- redução do volume de efluentes em aproximadamente 3%, o que correspondeu, a cerca de 39 m3/ano. Isso gerou uma economia de R\$ 100.000,00/ano referente à redução de custos com horas trabalhadas da equipe de limpeza técnica e com consumo de água.</li> </ul>

SOUZA, Milena Alves de; VIDOTTI, Rose Meire; & OLIVEIRA NETO, Abílio Lopes de. Redução no consumo de efluente gerado em abatedouro de tilápia do Nilo através da implantação de conceitos de produção mais limpa. São Paulo, 34(2): 289-296, 2008.	
<b>SETOR: PESCADO</b>	
<b>MEDIDAS ADOTADAS</b>	<b>RESULTADOS ALCANÇADOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- alterações hidráulicas nas mesas filetadoras, nos registros independentes proporcionando o controle de vazão de água utilizada nos chuveiros para limpeza e filetagem do peixe (tanto método eviscerado como o não eviscerado), além da vazão de água utilizada para limpeza interna das mesmas, passando esta a ser realizada somente após o término do processamento do peixe o que anteriormente era feito constantemente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- redução no consumo de água na filetagem correspondeu a 98,16% para o método EV considerando um tempo médio de processamento de 3 horas para 32,99 kg de peixe, e para o método NEV a redução foi de 97,97% com tempo médio de processamento de 2,1 horas para 34,96 kg de peixe.</li> </ul>
PIMENTA, Handson Cláudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. Implementação da produção mais limpa na indústria de panificação de Natal-RN. Foz de Iguaçu, outubro, 2007.	
<b>SETOR: PANIFICAÇÃO</b>	
<b>MEDIDAS ADOTADAS</b>	<b>RESULTADOS ALCANÇADOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- padronização das dosagens de água.</li> <li>- padronização do tempo de uso das máquinas, além da capacitação dos funcionários e a fixação de placas indicadoras de tempos-padrão e uso.</li> <li>- implementado uso de 100% de farinha com pré-mistura obtendo, uma menor geração de resíduos de embalagem (30%) e perda de materiais (2%) e Consequentemente tendo redução de Lead time e produtividade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- redução de custos de fabricação do pão francês (14%), redução de lead time, movimentações e inspeções.</li> <li>- uso eficiente de água e materiais (100%) e energia (5% e redução da demanda de potencia) e menor geração de resíduos sólidos (30%).</li> </ul>

#### IV. CONCLUSÃO

A sociedade moderna tem seu sistema de crescimento e desenvolvimento atrelado a uma produção industrial que se nutre da exploração da natureza. Essa exploração sistematizada ao longo dos anos, especialmente após a segunda guerra mundial, trouxe consequências negativas as quais só passaram a ser percebidas como “riscos” pela população mundial a partir da década de 70. Dentre as consequências podemos citar tanto impactos ambientais - inundações, efeito estufa, desmatamentos, poluição dos rios, ar, matas; como impactos sociais, distribuição desigual da produção e riqueza, pobreza, fome, subdesenvolvimento, entre outras.

A percepção dos riscos ambientais mostra que a sociedade moderna está passando por um momento de transição, por uma era de grandes mudanças, mas que ainda não superou sua crise de modernidade. Superar essa crise

significa integrar processos ecológicos, tecnológicos e culturais em busca do desenvolvimento justo e sustentável.

Algumas propostas de gestão ambiental, como a produção mais limpa, têm se mostrado bastante promissora como ferramenta holística para as organizações. Essa ferramenta contribui no mapeamento de desperdícios e redução no consumo de materiais, água e energia, além de instigar inovações na produção e em tecnologias limpas, provando ser uma opção a ser considerada na busca pela sustentabilidade.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, Henri. Justiça ambiental e construção social do risco. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**. n. 5. 49-59p. jan./jun. 2002. Editora UFPR.

BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; SCOTT, Lash. Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Editora UNESP, 1997.

CETESB, Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Ferramenta para Minimização de Resíduos. Empresa Basf S.A. São Bernardo do Campo, SP. Março de 2005. Disponível em:

<[http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/casos/caso35.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/casos/caso35.pdf)> - Acesso em: 27 de maio de 2012.

COELHO, Arlinda Conceição Dias. Avaliação da aplicação da metodologia de produção mais limpa UNIDO/UNEP no setor de saneamento – estudo de caso: EMBASA S.A. Tese de Mestrado. Salvador 2004. 207p. Disponível em: <[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_erisvaldo\\_cunha.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_erisvaldo_cunha.pdf)> – Acesso em: 13 de junho de 2012.

DOINAIRE, Denis. Gestão ambiental na empresa. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GUIMARÃES, Roberto. “A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento” In: VIANA, G; SILVA, MARINA; DINIZ, N. (orgs). O desafio as sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2001. p: 43 a 68.

HANNIGAN, John. A. Sociologia ambiental: a formação de uma perspectiva social. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa, n.118, p.189-205, março, 2003.

LEFF, Enrique. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

LOPES, José Sérgio Leite. Sobre processos de “Ambientalização” dos conflitos e sobre dilemas da participação. Horizontes Antropológicos. Porto Alegre, ano 12, n.25, p.31-64, jan./jun. 2006.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. Implementação da produção mais limpa na indústria de panificação de Natal-RN. Foz de Iguaçu, outubro, 2007. Disponível em: <<http://www.ciencialivre.pro.br/media/3b8ad45aa74a75deff8471ffffd523.pdf>> – Acesso em 20 de junho de 2012.

RAYNAUT, Claude. Meio ambiente e desenvolvimento: construindo um novo campo do saber a partir da perspectiva interdisciplinar. Desenvolvimento e Meio ambiente, n.10, p.21-32, jul./dez. 2004. Editora UFPR.

REIS, Lineu Belico dos.; FADIGAS, Eliane A. Amaral.; CARVALHO, Cláudio Elias Energia, recursos naturais e a

prática do desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

SOUZA, Milena Alves de; VIDOTTI, Rose Meire; & OLIVEIRA NETO, Abílio Lopes de. Redução no consumo de efluente gerado em abatedouro de tilápia do Nilo através da implantação de conceitos de produção mais limpa. São Paulo, 34(2): 289-296, 2008. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpesca/34\\_2\\_289-296.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpesca/34_2_289-296.pdf)> - Acesso em 06 de julho de 2012.

VALLE, Cyro Eyer Do. Qualidade ambiental: ISSO 14001. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2002.

UNITED NATIONAL INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION - UNIDO. Disponível em: <<http://www.unido.org/index.php?id=o5152>> - Acesso em 15 de agosto de 2012.

## VI. COPYRIGHT

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



## ESTUDO DA REAÇÃO DE OXIDAÇÃO DE ETANOL SOBRE CATALISADORES POROSOS TRIMETÁLICOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS ELETROQUÍMICAS

CLÁUDIA. V. G. G. MIRANDA<sup>1</sup>, ISAIDE DE A. RODRIGUES<sup>1</sup>, FERNANDA DE ALMEIDA NUNES<sup>1</sup>

1- UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Isaide.rodrigues@gmail.com

**Resumo** - Este trabalho apresenta o estudo da eletro-oxidação de etanol sobre os eletrocatalisadores  $Pt_{86,2}Rh_{9,6}Sn_{4,2}$ ,  $Pt_{81,8}Rh_{15,6}Sn_{2,6}$  e  $Pt_{86,6}Rh_{10,1}Sn_{3,3}$ , preparados por eletrodeposição potencioestática. Esse estudo foi realizado em soluções aquosas ácidas na ausência e presença de etanol, utilizando as técnicas eletroquímicas de voltametria cíclica e cronoamperometria. Para a determinação da área superficial ativa dos eletrocatalisadores, utilizou-se o método de normalização de eletrodos porosos usando CO como molécula modelo. Os eletrodepósitos foram examinados usando microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Energia Dispersiva de Raio-X (EDX) no intuito de obter a caracterização dos catalisadores com respeito à morfologia da composição química e propriedades da superfície. Foi observado também que a superfície do eletrodo  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$  apresentou mais homogeneidade quando comparado aos outros eletrodos. Pode ser observado ainda pelos dados de EDX que a Pt ao se depositar apresenta uma composição bem similar em todos os eletrodos, enquanto que os metais Rh e Sn se depositam de forma diferenciada em cada superfície. Diante disso, observou-se que o eletrodo  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$  demonstrou melhor desempenho eletroquímico frente à reação de eletro-oxidação de etanol e CO.

**Palavras-chave:** Monóxido de Carbono. Etanol. Trimetálicos. Eletrodepósitos. Voltametria Cíclica.

### I. INTRODUÇÃO

Os alcoóis primários metanol e etanol surgem como combustíveis alternativos nas células a combustível DMFCs (células a combustível de metanol direto) e DEFCs (células a combustível de etanol direto), sendo que o segundo é menos tóxico, além de ser produzido em grande quantidade através da biomassa existente em nosso país.

O metanol e o etanol são considerados combustíveis promissores para alimentar conversores eletroquímicos de energia, eles são oxidados no ânodo, enquanto o oxigênio puro ou proveniente do ar é reduzido no cátodo, em células galvânicas, com a diminuição na produção de poluentes nocivos à saúde, gerando corrente de forma limpa e eficiente.

A oxidação eletroquímica do etanol em eletrodo de Pt tem sido um assunto de interesse permanente nos últimos vinte anos. A platina é extensivamente utilizada como catalisador em processos eletrocatalíticos por ser um metal nobre que além de apresentar estabilidade em diversos meios eletrolíticos, possui alta capacidade de adsorção de espécies orgânicas e inorgânicas, sendo esta a sua principal vantagem em relação a outros metais nobres. No entanto, a platina sozinha não é bastante eficiente para oxidar o monóxido de carbono (CO) a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a

baixos potenciais, em face disso muitos pesquisadores vêm desenvolvendo catalisadores adicionando um ou dois metais à Pt, formando superfícies bi e trimetálicas, objetivando melhorar a sua atividade. Dos Anjos e colaboradores mostram que catalisadores bimetálicos à base de platina podem facilitar a oxidação de monóxido de carbono e de pequenas moléculas orgânicas devido ao mecanismo bifuncional ou pelo efeito eletrônico (ou ligante) ou a combinação de ambos.

O etanol é uma molécula de interesse considerável por causa de sua importância e seu potencial uso como combustível renovável (pode ser obtido, por exemplo, de cana-de-açúcar) em células a combustível. A oxidação completa dessa molécula envolve a liberação de 12 elétrons e a quebra da ligação C – C. Acredita-se ainda que o rompimento da cadeia carbônica seja o principal responsável pela produção de energia elétrica e eficiência nas células a combustível. Além da clivagem da ligação C – C há ainda a necessidade da remoção de fragmentos intermediários reativos (tipo CO adsorvidos) durante o processo de oxidação. Devido a esses motivos a reação de oxidação de etanol é mais complexa do que a de metanol e exige assim um catalisador mais ativo e seletivo para o ânodo. A maioria dos estudos relacionados à oxidação eletroquímica do etanol foi realizada usando catalisadores de Pt com diferentes estruturas policristalinas, monocristalinas, e eletrodepositadas. Trabalhos usando eletrodos metálicos ternários, como os de Pt-Rh-Sn e principalmente quando a composição desses eletrodos é variada, ainda são escassos na literatura.

Nart e colaboradores estudaram a eletro-oxidação de etanol e propanol sobre eletrodos de Pt, Rh e PtRh utilizando as técnicas de Espectrometria de Massas Eletroquímica Diferencial (DEMS) e Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier *in situ*. (FTIRS). Os produtos detectados na oxidação dos alcoóis foram CO<sub>2</sub>, e os aldeídos e ácidos carboxílicos correspondentes. Dentre os eletrocatalisadores estudados o de Ródio foi o menos ativo. Apesar de PtRh não ser um eletrocatalisador com boa atividade, a presença de Rh parece ser importante para a quebra da ligação C-C dos alcoóis. Assim, o aumento da seletividade para a formação de CO<sub>2</sub> em virtude da produção de acetaldeído mostrou que os eletrocatalisadores PtRh são candidatos promissores para essas reações se um terceiro elemento for adicionado para aumentar a atividade catalítica deste sistema.

Além das técnicas já apresentadas anteriormente, as técnicas que vêm se destacando na identificação dos produtos parciais da eletro-oxidação do etanol são a

cromatografia de troca-iônica e a cromatografia líquida. Aplicando análise cromatográfica, Hitmi e colaboradores concluíram que a oxidação de etanol sobre Pt policristalina a 10°C em baixas concentrações de etanol (<0,01 M) apresenta como principal produto formado o ácido acético, enquanto que em altas concentrações de etanol (> 0,1 M) a formação de acetaldeído prevalece. Efeitos similares de concentração de etanol sobre os produtos da sua reação de eletro-oxidação ocorrem sobre eletrocalisadores de platina suportada em carbono. Na parte 2 deste trabalho foi realizado um estudo usando cromatografia líquida onde foi realizada a quantificação indireta de monóxido de carbono.

Neste trabalho, foram estudadas as reações de oxidação de etanol sobre eletrodos trimetálicos baseados em platina, sendo usado como segundo elemento o Rh e como terceiro elemento o Sn, objetivando avaliar o poder catalítico desses materiais para esta reação através de técnicas eletroquímicas de voltametria cíclica, cronoamperometria.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Os eletrodos de trabalho utilizados foram preparados pelo método de eletrodeposição, à temperatura ambiente sobre um substrato de ouro com área geométrica de 0,38cm<sup>2</sup>, como mostra a Figura 1. Este método consiste na aplicação do potencial de redução dos metais que estão sendo eletrodepositados, presentes na solução. Os eletrodos de trabalho usados nos experimentos foram: Pt<sub>6</sub>Rh<sub>2</sub>Sn<sub>2</sub>, Pt<sub>5</sub>Rh<sub>3</sub>Sn<sub>2</sub> e Pt<sub>5</sub>Rh<sub>2</sub>Sn<sub>3</sub>. Para a confecção destes eletrodos foram usadas as seguintes condições: concentração da solução de depósito -10µM. e tempo total de eletrodeposição -10 minutos.

Para a eletrodeposição dos eletrodos trimetálicos, foram utilizados potenciais de redução diferentes de acordo com a tabela 1:

Tabela 1: Dados de eletrodeposição

Metais	Potencial de eletrodeposição	Tempo de eletrodeposição
Pt e Rh	+200mV	5 minutos
Sn	-100mV	5 minutos

Utilizou-se como eletrodo auxiliar para todas as medidas eletroquímicas um eletrodo de platina, e como eletrodo de referência o eletrodo reversível de hidrogênio (ERH) (Figura 2).

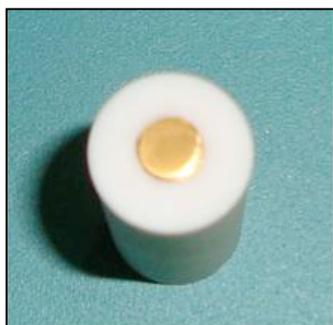


Figura 1 - Foto do eletrodo de ouro usado como substrato para as eletrodeposições

O eletrodo de ouro foi montado a partir de um disco de ouro de 7 mm de diâmetro e 5 mm de altura embutido em um cilindro de teflon, conforme mostrado na Figura 1. Para a realização dos eletrodepósitos e das medidas eletroquímicas utilizou-se uma célula eletroquímica que possui um único compartimento, contendo os eletrodos de trabalho, referência, auxiliar e orifícios para a entrada e saída de gases, conforme ilustrado na Figura 3.

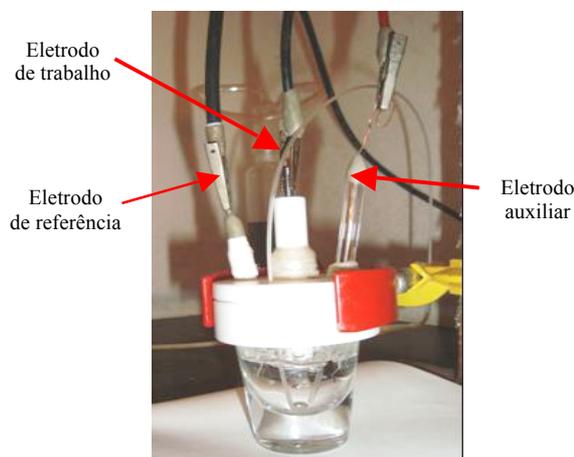


Figura 2 – Foto da célula utilizada para as medidas eletroquímicas e na eletrodeposição

Os voltamogramas cíclicos foram obtidos em soluções de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol.L<sup>-1</sup> a uma velocidade de varredura do potencial de 10 mV s<sup>-1</sup> na faixa de potencial entre 30 a 800mV. Antes de cada medida, os eletrodos foram ativados por meio de ciclagens entre os potenciais de início da reação de desprendimento do hidrogênio (limite catódico) e 0,8V. Os cronoamperogramas foram feitos no potencial de 0,4 V por 1200 s.

As composições atômicas e morfologia da superfície dos catalisadores Pt<sub>6</sub>Rh<sub>2</sub>Sn<sub>2</sub>, Pt<sub>5</sub>Rh<sub>3</sub>Sn<sub>2</sub> e Pt<sub>5</sub>Rh<sub>2</sub>Sn<sub>3</sub> foram obtidas através de análises de EDX (Energia Dispersiva de raios X) e MEV (Microscopia eletrônica de varredura). Essas análises foram realizadas no Instituto de Química de São Carlos – SP.

Para determinar a área superficial ativa dos catalisadores, utilizou-se o método de normalização por “stripping” de monóxido de carbono adsorvido (CO<sub>ad</sub>), que considera o número de sítios ativos superficiais. O CO é usado como molécula modelo, e neste caso a determinação da quantidade dessa molécula adsorvida em um dado eletrocatalisador pode ser usada como um parâmetro de normalização para comparar diferentes catalisadores e/ou catalisadores preparados por diferentes métodos.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Caracterização Eletroquímica dos Eletrodos Pt<sub>86</sub>Rh<sub>10</sub>Sn<sub>4</sub>; Pt<sub>82</sub>Rh<sub>16</sub>Sn<sub>2</sub>; Pt<sub>87</sub>Rh<sub>10</sub>Sn<sub>3</sub>*

A figura 4 mostra os voltamogramas cíclicos dos eletrodos Pt<sub>86</sub>Rh<sub>10</sub>Sn<sub>4</sub>; Pt<sub>82</sub>Rh<sub>16</sub>Sn<sub>2</sub>; Pt<sub>87</sub>Rh<sub>10</sub>Sn<sub>3</sub> em solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol. L<sup>-1</sup>, registrados a 10mV.s<sup>-1</sup> entre 0,03 e 0,8V vs ERH à temperatura ambiente. Os voltamogramas obtidos apresentam as seguintes características: (i) região de adsorção/desorção entre 0,03 e 0,35V vs ERH; (ii) na região entre 0,55 e 0,8V vs ERH encontram-se os picos de

oxidação/redução dos electrocatalisadores; (iii) entre 0,35 e 0,55V vs ERH, corresponde a processos não faradáicos para eletrodos com platina.

Entretanto, entre 0,55 e 0,6V vs ERH aproximadamente, os voltamogramas apresentam um pico redox associado à reação de transferência de carga ocorrendo sobre possíveis grupos funcionais presentes na superfície do eletrodo. Pode-se observar também nos voltamogramas um aumento da corrente na região de dupla camada elétrica (0,35 a 0,55V), com o aumento da quantidade de estanho no electrocatalisador. Este efeito pode ser atribuído ao aumento de espécies oxigenadas na superfície do electrocatalisador. Além disso, pode-se analisar que este efeito está ligado à homogeneidade com que as partículas estão dispersas na superfície do electrocatalisador. Por outro lado, a influência da composição do estanho no catalisador apresenta um papel muito importante na obtenção de resultados significativos, ou seja, apresentou oxidação do etanol em potencial mais baixo em relação aos demais, e ainda ao comparar com outros estudos já realizados.

Ainda na Figura 4, pode-se observar que a região de adsorção/desorção de hidrogênio sofre modificação significativa conforme a composição do electrocatalisador é variada. No electrocatalisador do tipo  $Pt_{81,8}Rh_{15,6}Sn_{2,6}$ , que têm maior quantidade de ródio na sua composição observou-se essa região mais definida, o que é característico do ródio. Enquanto, que nos demais electrocatalisadores, onde a quantidade de ródio é bem menor, esse efeito não ocorre. Isto pode ser atribuído ao estanho que está em quantidade superior ao electrocatalisador analisado anteriormente, pois o estanho gera regiões de adsorção/desorção pouco definidas.

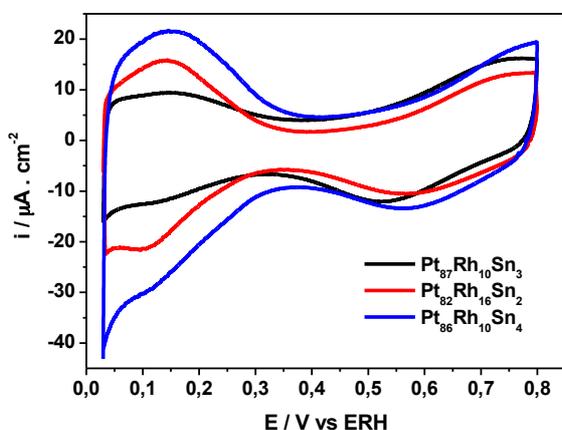


Figura 4 - Voltamogramas cíclicos em  $H_2SO_4$  0,5mol.  $L^{-1}$  sobre os três eletrodos estudados,  $v = 10 \text{ mV} \cdot s^{-1}$

#### Adsorção de Monóxido de Carbono sobre os eletrodos $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$ ; $Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$ ; $Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$

Com o objetivo de se obter dados sobre o comportamento desse tipo de eletrodo, realizou-se o estudo da adsorção do monóxido de carbono sobre os potenciais de 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 e 600 mV, no intuito de observar a tolerância de cada superfície à presença de CO, sendo que neste último potencial não foi possível observar qualquer carga de oxidação de CO sobre os catalisadores.

O monóxido de carbono foi borbulhado durante 10 minutos na solução do eletrólito suporte. Em seguida foi borbulhado um gás inerte, neste caso usou-se argônio, durante 20 minutos, com o objetivo de retirar todo o CO da solução, ficando este apenas na superfície do eletrodo. Após esse processo fez-se a varredura do potencial no intervalo de 30 a 800mV para todos os catalisadores. A Figura 5 mostra o voltamograma cíclico de adsorção de CO para um dos catalisadores ( $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$ ). a um potencial de 0,2V, potencial esse utilizado para a realização da normalização dos voltamogramas.

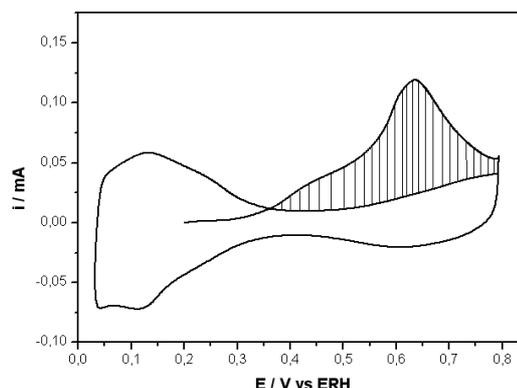


Figura 5 - Voltamograma cíclico de adsorção de CO sobre o eletrodo  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$  em 0,2V e  $10 \text{ mV} \cdot s^{-1}$

Os resultados obtidos através deste processo encontram-se nas Tabelas 2, os valores de composição dos eletrodos referem-se à determinação feita por energia dispersiva de raios-X (EDX).

Foi observado que após 300 mV os catalisadores com maior quantidade de estanho na sua composição adsorvem menos  $CO_2$  na sua superfície. Isto nos sugere que o estanho tem um papel diferenciador na formação dessas superfícies, proporcionando a formação de sítios mais reativos para oxidar CO a  $CO_2$  a potenciais mais baixos.

Tabela 2 - Dados das cargas dos eletrodos, obtidos a partir do stripping de CO em meio ácido

E / mV	Cargas dos eletrodos ( $C \times 10^{-3}$ )		
	$Pt_{86}Rh_{10}Sn$	$Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$	$Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$
50	3,56	2,87	3,76
100	3,3	2,52	3,62
150	3,0	2,51	3,32
200	2,67	2,44	3,18
300	2,14	2,08	2,26
400	1,33	1,61	1,05
500	0,23	0,65	0,16

#### Eletro-oxidação de etanol sobre eletrodos $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$ ; $Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$ ; $Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$

A reação de eletro-oxidação completa de etanol a  $CO_2$  envolve 12 elétrons e pode processar-se através de diferentes caminhos reacionais. A complexidade desta reação e a presença de muitos intermediários adsorvidos requerem o desenvolvimento de catalisadores eficientes, não somente para oxidar espécies consideradas “venenos catalíticos”, como o CO, em baixos sobrepotenciais, mas também para quebrar a ligação C-C em baixas temperaturas.

Assim, a busca por um eletrocatalisador eficiente nos levou a estudar as várias superfícies e fazer um estudo comparativo das atividades catalíticas dos eletrodos  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$ ;  $Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$ ;  $Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$  frente à reação de eletro-oxidação de etanol.

Na Figura 6, são apresentados os voltamogramas cíclicos dos três eletrocatalisadores em etanol 0,5 mol. L<sup>-1</sup> em presença do eletrólito suporte H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol. L<sup>-1</sup> a 10 mV. s<sup>-1</sup> e a temperatura ambiente. Pode-se observar um aumento de corrente na região de adsorção/desorção de hidrogênio (0,03 a 0,2V) para o eletrodo com maior quantidade de estanho na composição. Foi possível observar ainda que os eletrodos com maior quantidade de ródio não apresentaram diferenças de corrente entre si na região de adsorção/desorção de hidrogênio. Entretanto, para potenciais acima de 0,25V vs ERH observou-se um aumento na corrente de oxidação, para os eletrocatalisadores com maior quantidade de ródio na sua composição. Nesta figura, pode ser observado ainda que sobre o eletrodo  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$  a reação inicia-se em potenciais menores do que 0,10V vs ERH, enquanto, que sobre os demais eletrodos essa reação tem início em torno de 0,30 V vs ERH. Além disso, sobre esse catalisador há maior densidade de corrente em toda faixa de potencial de interesse tecnológico (0,03 a 0,5V), como pode ser observado melhor na inserção da figura. Estes dados mostram que o estanho aumenta a eficiência da superfície eletroquimicamente ativa promovendo a eletro-oxidação do etanol em baixos potenciais. Vale ressaltar ainda que o eletrodo de  $Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$  apresentou um bom desempenho, porém o início da reação ocorre em maiores potenciais. Neste estudo, é importante observar que em todos os catalisadores as quantidades de Pt são da mesma magnitude, quanto aos metais Rh e Sn, em virtude do baixo percentual desses metais, as diferenças são mais significativas. Isto faz com que os catalisadores  $Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$  e  $Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$  tenham comportamento muito semelhante até 0,3V, após esse potencial, aquele com mais Rh e menos Pt, mesmo com menor quantidade de Sn consegue se sobressair frente aos demais. Esses resultados sugerem que as quantidades dos dois metais adicionados à Pt na formação dos trimetálicos são de fundamental importância no desempenho final dessas superfícies catalíticas.

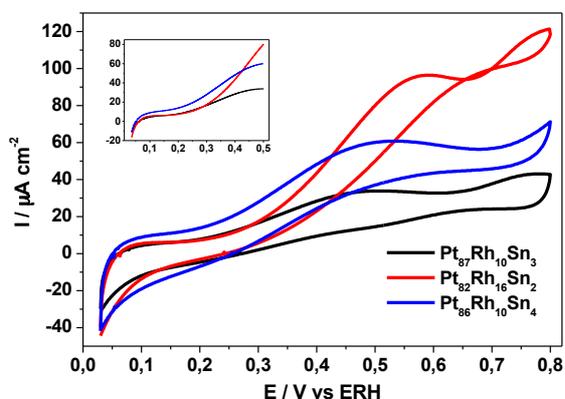


Figura 6 - VCs da eletro-oxidação de etanol 0,5 mol. L<sup>-1</sup> em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol. L<sup>-1</sup> sobre os três eletrodos estudados.  $v = 10 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$

No intuito de saber a estabilidade das três superfícies estudadas foi feito um estudo cronoamperométrico o qual pode ser observado na Figura 7. Ela nos mostra os

cronoamperogramas em etanol 0,5 mol. L<sup>-1</sup> em presença do eletrólito suporte H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol. L<sup>-1</sup> sobre eletrocatalisadores  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$ ;  $Pt_{82}Rh_{16}Sn_2$ ;  $Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$  em 400mV por 1200 segundos. Pode-se observar que todos os eletrodos possuem boa estabilidade, sendo que o catalisador de  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$  apresentou maior densidade de corrente no tempo de análise, enquanto os outros dois catalisadores têm comportamento semelhante neste potencial. Este resultado está em consonância com os dados de VC, onde em 0,4V este catalisador também apresenta a maior densidade de corrente.

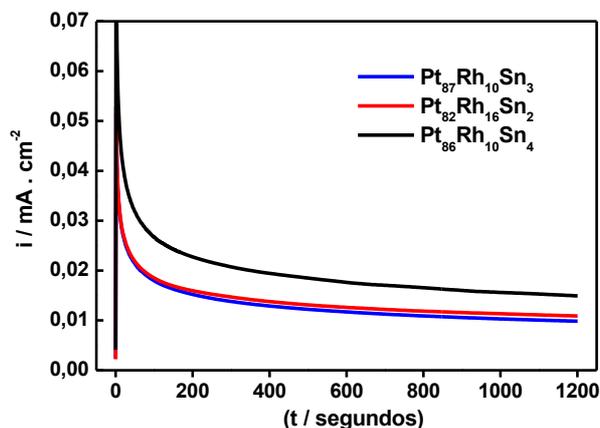


Figura 7 - Cronoamperogramas em 0,4V em solução de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH 0,5 mol.L<sup>-1</sup> na presença de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol. L<sup>-1</sup> sobre os três eletrodos  $v = 10 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$

#### IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível concluir que:

- As medidas de stripping de monóxido de carbono mostraram que sobre o eletrocatalisador com maior percentual de estanho em sua composição atômica, ocorre menor adsorção em baixos potenciais, proporcionando assim uma superfície mais limpa e mais adequada para a eletro-oxidação de etanol a CO<sub>2</sub>;
- Experimentos de voltametria cíclica em etanol mostraram que os valores para os potenciais de início de reação, crescem na seguinte ordem:  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4 < Pt_{82}Rh_{16}Sn_2 < Pt_{87}Rh_{10}Sn_3$ ;
- O melhor desempenho ocorre sobre o eletrocatalisador com maior percentual de estanho, mostrando assim que o estanho aumenta a eficiência da superfície eletroquimicamente ativa;
- Os experimentos de cronoamperometria mostraram que todos os eletrocatalisadores possuem boa estabilidade, no entanto, o eletrodo  $Pt_{86}Rh_{10}Sn_4$  apresentou maiores densidades de corrente durante todo tempo de análise;
- Os resultados mostraram ainda que as quantidades dos dois metais adicionados à Pt na formação dos trimetálicos são de fundamental importância no desempenho final dessas superfícies catalíticas, por isso se faz necessário um estudo com maior abrangência do comportamento eletroquímico e a utilização de técnicas onde se possa evidenciar a real interação dos metais na superfície do eletrocatalisador.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOUZA, J.P.I.; BERGAMASKI, K; GONZALEZ, E.R.; NART, F.C. Electro-Oxidation of Ethanol on Pt, Rh, and PtRh Electrodes. A Study Using DEMS and in-Situ FTIR Techniques. *J. J. Phys. Chem B*, v. 106, p. 9825-9830 (2002).

RODRIGUES, Isaide de Araujo; NART, Francisco Carlos. 2-Propanol oxidation on platinum and platinum-rhodium electrode deposits. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 590 (2006) 145–151.

BERGAMASKI, K; GONZALEZ, E. R; NART, F.C. Ethanol oxidation on carbon supported platinum-rhodium bimetallic catalyts. *Electrochimica Acta* 53 (2008) 4396–4406

FERREIRA Jr, R.S.; OLIVEIRA,V.R;. REIS, R.G.C.S.; MAIA, G; CAMARA G.A. Preliminary study of ethanol electrooxidation in the presence of sulfate on polycrystalline platinum. *Journal of Power Sources* 185 (2008) 853–856

TABAKOVA, T; AVGOUROPOULOS, G; PAPAVALIOUB, J; MANZOLIC, M.; BOCCUZZIC, F; TENCHEVA, K; VINDIGNIC, F; IOANNIDES, T. CO-free hydrogen production over Au/CeO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts: Part 1. Impact of the support composition on the performance for the preferential CO oxidation reaction. *Applied Catalysis B: Environmental* 101 (2011) 256–265

SHEN, S.Y; ZHAO, T.S; XU; J.B. Carbon supported PtRh catalysts for ethanol oxidation in alkaline direct ethanol fuel cell. *International journal of hydrogen energy* 35 (2010) 12911 e12917.

ANTOLINI, E. Platinum-based ternary catalysts for low temperature fuel cells Part II. Electrochemical properties *Applied Catalysis B: Environmental* 74 (2007) 337–350.

LIMA, A; COUTANCEAU, C; LEÂGER, J.-M and LAMY, C. Investigation of ternary catalysts for methanol electrooxidation. *Journal of Applied Electrochemistry* 31: 379±386, 2001.

J.P.I. de Souza, S.L. Queiroz, K. BergamasKi, E.R.Gonzalez, F.C. Nart; *J. Phys. Chem B*, v. 106, p. 9825-9830 (2002).

NART, F.C.; VIELSTICH, W. Normalization of porous active surfaces. *Handbook of Fuel cells. Fundamentals, Technology and Applications* vol 2, part 3, pp 302-315 (2003).

CUNHA E.M; RIBEIRO J; KOKOH K.B; ANDRADE A.R. Preparation, characterization and application of PtRuSn/C trimetallic electrocatalysts for ethanol oxidation in direct fuel cell. *International journal of hydrogen energy* 36 (2011) 11034 -11042.

## VI. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo. Ao laboratório de Eletroquímica da UFMA e a Central Analítica onde foram realizados todos os experimentos. Agradecemos ainda ao IQS-USP pelas análises de superfície.

## VII. COPYRIGHT

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



## AVALIAÇÃO DA EXPANSIBILIDADE TORÁCICA ATRAVÉS DA CIRTOMETRIA EM INDIVÍDUOS EM UM SHOPPING NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM/PA

XAVIER S S<sup>1</sup>; LOBATO M L B<sup>1</sup>; FARIAS R G<sup>1</sup>; MELO L O S<sup>2</sup>; CARVALHO D S A S C<sup>1</sup>; OLIVEIRA A M<sup>1</sup>; MELO W O S<sup>1</sup>; JANAHÚ L T A<sup>1</sup>  
1 – ESCOLA SUPERIOR DA AMAZÔNIA; 2 - CENTRO UNIVERSITÁRIO SUPERIOR DO PARÁ.  
craquewill@hotmail.com

**Resumo - A avaliação do tórax determina as disfunções torácicas, por isso a cirtometria tem sido muito usada para a avaliação funcional respiratória. Avaliamos a prevalência da expansibilidade torácica durante a respiração forçada. Metodologia: O estudo foi realizado na faixa etária entre 18 e 65 anos, de ambos os gêneros, em um determinado shopping da região metropolitana de Belém do Pará. Resultados: A expansibilidade foi maior no gênero feminino. Conclusão: Os resultados deste estudo sugerem que a cirtometria constitui uma medida precisa, com níveis de significância baixos.**

**Palavras-chave: Cirtometria. Expansibilidade torácica. Toracometria.**

abdômen durante os movimentos respiratórios (CARVALHO, 1979). Sua finalidade é avaliar a expansibilidade torácica de forma simples e acessível e, para tal, apenas uma fita métrica é necessária. Mais recentemente, atribui-se grande aplicabilidade à cirtometria, a qual vem sendo referenciada como parâmetro de mensuração da expansibilidade pulmonar (CARDOSO, 2002; MACIEL, 1997), além de ser utilizada com o objetivo de avaliar outros parâmetros como amplitude torácica (CARVALHO, 1979; ANDERSON, 1987) volumes e capacidades pulmonares (CARDOSO, 2002; KAKIZAKI, 1999; CHIAVEGATO, 2000), complacência pulmonar (MACIEL, 1997), mecânica toracoabdominal, trabalho muscular (CARDOSO, 2002), função diafragmática (CHIAVEGATO, 2000), e dispneia (KAKIZAKI, 1999).

### I. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a fisioterapia tem buscado fundamentação científica para nortear a prática clínica e subsidiar a escolha das intervenções (FONSECA, 2004). O primeiro passo é desenvolver uma avaliação clínica, por meio de testes e medidas de qualidade, que possibilite à identificação do problema, o planejamento do tratamento, a documentação de sua eficácia e a reivindicação da credibilidade científica dos procedimentos. Neste sentido, faz-se necessário adotar medidas precisas e acuradas, melhorando o conteúdo informativo e a validade das inferências (HULLEY; NUNNALLY, 2003,2004).

A avaliação do tórax através do exame físico é realizada com o objetivo de fornecer o fisiodiagnóstico para atuação terapêutica preventiva ou curativa e provável prognóstico do paciente. Para determinar as disfunções torácicas torna-se necessário um exame específico que inclui a avaliação da mobilidade torácica através da cirtometria (DERINGER, 2004).

Existem vários métodos de se avaliar os movimentos do tórax e do abdômen e entre eles está a cirtometria (COSTA *et al.* 2003), que é um método de baixo custo e de fácil execução (COSTA *et al.* 1999). Utiliza-se a cirtometria como uma das ferramentas para avaliar os efeitos da reabilitação pulmonar em pacientes com DPOC e constataram melhora na expansibilidade tóraco-abdominal de seus pacientes (JAMAMI *et al.* 1999).

A cirtometria, ou perimetria toracoabdominal, consiste em um conjunto de medidas das circunferências de tórax e

### II. HIPOTHESES

A redução da expansibilidade torácica em indivíduos voluntários residentes na cidade de Belém.

### III. OBJETIVO PRIMARIO

Avaliar a expansibilidade da caixa torácica durante a inspiração e a expiração de indivíduos voluntários em um Shopping da cidade de Belém.

### IV. OBJETIVO SECUNDÁRIO

Avaliar a média de expansibilidade da caixa torácica.

### V. METODOLOGIA

Este projeto obedece as normas da resolução do CNS 196/96 que trata de pesquisa em seres humanos e a Declaração de Helsinque. Todos os pacientes foram esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa e assinaram o TCLE, já aceitaram participar.

O projeto foi realizado através de um estudo de campo, do tipo observacional e transversal em um shopping na região metropolitana de Belém com 58 voluntários de ambos os gêneros, fumantes e não fumantes na faixa etária de 18 a 65 anos com o objetivo de avaliar a expansibilidade torácica na respiração forçada.

Os voluntários abordados pelos pesquisadores receberam informações e orientações sobre o método a ser

aplicado, e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, em seguida, foi aplicado um formulário com as seguintes variáveis: idade, gênero, peso, altura, tabagismo.

Os voluntários foram atendidos individualmente utilizando-se uma fita métrica nova, em boas condições, escalonada em centímetros (cm), e coletada na região, a saber, na altura do processo xifoide.

O exame de cirtometria foi realizado com os voluntários na posição em pé. A medida foi feita no perímetro torácico na região xifoide, durante a medição, foram realizados incentivos verbais do examinador para a região mensurada, o comando verbal foi: “Puxe o ar pelo nariz e encha o pulmão mobilizando o ar para a região onde está a fita métrica”. Primeiramente a medida foi realizada na inspiração máxima e posteriormente na expiração máxima.

## VI. RISCOS

Tal risco foi contornado de maneira a qual o questionário distribuído foi do tipo não identificado, garantindo assim sigilo dos dados coletados, não havendo correlação direta entre o sujeito e as informações contidas, logo não foi exposta a identificação do participante do estudo.

## VII. BENEFICIOS

O estudo forneceu benefícios à sociedade para a comunidade em geral com os resultados da pesquisa e para a comunidade científica, uma vez que o mesmo contribuiu para melhor entendimento das variáveis relacionadas às alterações da força muscular respiratória, fortalecendo o planejamento de ações de prevenção e promoção à saúde.

## VIII. DESFECHO PRIMARIO

Presença ou não de redução na expansibilidade torácica.

## IX. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Indivíduos de ambos os gêneros, entre 18 e 65 anos, com ou sem comorbidades, com ou sem doenças respiratórias, fumantes e não fumantes, que conseguiram realizar o teste e assinaram o TCLE. Pessoas que apresentaram nível cognitivo preservado.

## X. CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Indivíduos que desistiram da pesquisa, que não conseguiram realizar o teste por alguma incapacidade de realizar as medidas propostas, como doenças osteoarticulares, ou neuromusculares que exerçam influência sobre a mecânica respiratória.

## XI. METODOLOGIAS DE DADOS

Análise de dados foi realizada com os softwares Excel, Epi Info 7, de acordo com a natureza das variáveis e a distribuição da casuística. Foi utilizado nível de significância de 5%.

## XII. RESULTADOS

Os voluntários foram avaliados e atendidos aos critérios de inclusão. A amostra contou com 58 pessoas cujas características estão perfiladas na tabela 1.

Tabela 1 - Média das variáveis idades, peso, altura e Índice de massa corporal de voluntários em um shopping da região metropolitana de Belém do Pará, 2012.

Variáveis	Homens	Mulheres	Total
Idade (anos)	39,08	36,62	37,85
Peso (Kg)	77,30	64,40	70,85
Altura (m)	1,70	1,60	1,65
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	26,99	26,25	26,62

Os dados apresentados são relativos a 58 indivíduos e foram expressos em média. A média de idade foi de 37,85 anos, com variação de 18 a 65 anos, sendo sujeitos 34 do sexo masculino, e 24 do sexo feminino.

A tabela 2 mostra a média da expiração máxima de 91,86 feita através da média do homem e da mulher. Verificou-se a média de inspiração máxima de 93,74 através da média do homem e da mulher.

Tabela 2 - Média na respiração forçada de voluntários em um shopping da região metropolitana de Belém do Pará, 2012.

Momento	Média obtida	
	Homem	Mulher
<b>Região xifoide</b>		
Expiração máxima	97,64	86,08
Inspiração máxima	99,32	88,16
Média de expansibilidade	1,68	2,08

Tabela 3 - Distribuição de frequência sócia demográfica e física de voluntários em um shopping da região metropolitana de Belém do Pará, 2012

Variável	N	%
<b>Sexo</b>		
Masculino	34	58,62%
Feminino	24	41,37%
<b>Idade</b>		
18-29	18	31,03%
30-39	15	25,86%
40-49	13	22,41%
50-59	10	17,24%
60-65	2	3,44%
<b>IMC</b>		
Desnutrido	1	1,72%
Normal	26	44,82%
Sobrepeso	18	31,03%
Obeso	13	22,41%
<b>Tabagismo</b>		
Sim	11	18,96%
Não	47	81,04%

### XIII. CONCLUSÃO

A avaliação da expansibilidade torácica vem sendo citada na literatura como medida qualitativa e subjetiva que o examinador realiza espalmado suas mãos no tórax do paciente durante os movimentos respiratórios. Tal medida constitui parte integrante do exame físico do tórax e permite avaliar a mobilidade torácica, detectando, principalmente, assimetrias entre os dois hemitórax (CAVALHEIRO *et al.* 2000).

Os resultados mostraram que na região xifoide de mensuração os valores da mobilidade torácica foram maiores no gênero feminino estatisticamente significativo com a média de 2, 08cm de expansibilidade e para o gênero masculino a média de 1, 68cm.

Como consta na tabela 3, os dados apresentados tem como fatores: alta frequência do gênero masculino (58,62%) em relação aos gênero feminino (41,37%); alta frequência de idade entre 18 a 29 anos (31,03%); alta frequência de pessoas normais (44,82) em relação a obesos, desnutridos e com sobrepeso.

A cirtometria constitui uma medida precisa, com níveis de significância baixos.

### XIV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FONSECA ST. **Informação versus conhecimento: O papel da pós-graduação [editorial]**. Rev. Bras. Fisiot. 2004.
- HULLEY SB, MARTIN JN, CUMMINGS SR. **Planejando medições: precisão e acurácia. Delineando a pesquisa**

*clínica: uma abordagem epidemiológica*. Porto Alegre; p. 55-68, 2003.

NUNNALLY JC. *Psychometric theory*. v. 2, 1978.

CARVALHO MRA. **Avaliação morfodinâmica do tórax e do abdomen**. editor. Fisioterapia respiratória: fundamentos e contribuições. Rio de Janeiro: Nova Casuística; p. 65-68, 1979.

CARDOSO SRX, PEREIRA JS. **Análise da função respiratória na doença de Parkinson**. Arq Neuropsiquiatria; 60 (1): p. 91-5. 2002.

MACIEL SS, PAULO MQ, SOUZA CO, SILVA LG, TAVARES RR. **Efeito broncodilatador do *Acanthospermum hispidum*DC, nos doentes pulmonares obstrutivos crônicos (DPOC)**. Rev Bras Cienc Saúde : p. 23-30. 1997.

ANDERSON JM. **Assessment of chest function by the physiotherapist**. In: Cash JE, Downie PA, editors. Cash's Textbook of chest, heart, and vascular disorders for physiotherapists. Philadelphia: Lippincott; p. 318-24. 1987.

KAKIZAKI F, SHIBUYA M, YAMAZAKI T, YAMADA M, SUZUKI H, HOMMA I. **Preliminary report on the effects of respiratory muscle stretch gymnastics on chest wall mobility in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. Respir Care; 44(4):p. 409-14. 1999.

CHIAVEGATO LD, JARDIM JR, FARESIN SM, JULIANO Y. **Alterações funcionais respiratórias na colecistectomia por via laparoscópica**. J Pneumol; 26(2):p. 69-76.2000.

GARCIA RCP, COSTA D. **Treinamento muscular respiratório em pós-operatório de cirurgia cardíaca eletiva**. Rev. Bras. Fisiot. p. 139-46.2002.

JAMAMI, M. ET al. Efeitos da intervenção fisioterápica na reabilitação pulmonar de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Revista de Fisioterapia da Universidade de São Paulo**. V.6, n.2, p. 140-153, 1999.

COSTA, D. ET al. Avaliação da força muscular respiratória e amplitudes torácicas e abdominais após a RFR em indivíduos obesos. **Revista Latino Americana de Enfermagem**. V.11, n.2, 2003.

CAVALHEIRO LV, CHIAVEGATO LD. **Avaliação pré-operatória do paciente cardiopata**. In: Regenga MM, editor. Fisioterapia em cardiologia - da UTI à reabilitação. São Paulo: Roca, 2000. p. 21-30.

### XV. COPYRIGHT

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



## PREVALÊNCIA DE ENTEROPARASIToses EM CRIANÇAS INTERNADAS EM UNIDADES PEDIÁTRICAS DE HOSPITAIS EM PELOTAS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL-NOTA PRÉVIA

ISIS ALMEIDA DE ALMEIDA<sup>1</sup>; MARIA ELISABETH AIRES BERNE<sup>2</sup>; MARCOS MARREIRO VILLELA<sup>2</sup>;

1 – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PARASITOLOGIA – UFPEL

2 – PROFESSOR DO DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA E PARASITOLOGIA – INSTITUTO DE BIOLOGIA – UFPEL

isisdealmeida@hotmail.com

**Resumo** – *Objetivou-se investigar a prevalência de enteroparasitos em pacientes internados em unidades pediátricas de Hospitais Universitários em Pelotas (RS). Dos 82 pacientes, 27(32,93%) foram positivos. Os parasitos mais prevalentes foram Trichuris trichiura (40,74%) e Ascaris lumbricoides (29,62%) entre os helmintos e Endolimax nana (40,74%) entre protozoários. Os achados apontam à necessidade de implementação de políticas públicas em relação ao saneamento básico e também a necessidade da inclusão de exames parasitológicos na rotina hospitalar.*

**Palavras-chave:** Enteroparasitos. Crianças. Hospital.

### I. INTRODUÇÃO

As parasitoses intestinais continuam configurando um sério problema de saúde pública, estando amplamente distribuídas em todo mundo (MACEDO, 2005; SANTOS; MERLINI, 2010). A prevalência dessas parasitoses tende a aumentar significativamente quando aliada as precárias condições sócio-econômicas e sanitárias da população (VIDAL *et al.*, 2010). Atualmente, estima-se que mais de um bilhão de indivíduos em todo mundo albergam pelo menos uma espécie de parasita intestinal (FERREIRA *et al.*, 2006; FONSECA *et al.*, 2010), sendo as crianças as mais atingidas e prejudicadas, uma vez que seus hábitos de higiene são, na maioria das vezes, inadequados e sua imunidade ainda não está totalmente desenvolvida para a eliminação desses parasitos (ZAIDEN *et al.*, 2008).

No Brasil, bem como em outros países em desenvolvimento, as infecções parasitárias na população infantil continuam sendo causa de mortalidade, principalmente quando associadas à desnutrição (FERREIRA *et al.*, 2006; FONSECA *et al.*, 2010).

Mesmo sabendo-se da gravidade que podem resultar as enfermidades enteroparasitárias, especialmente em crianças hospitalizadas, as quais usualmente já estão fragilizadas por demais afecções, poucos trabalhos descrevem a prevalência de enteroparasitos neste público. Por serem considerados “problemas menores”, as enteroparasitoses acabam não sendo moléstias notificadas e são via de regra, subdiagnosticadas, acarretando na carência de dados a respeito dessas infecções (BISCEGLI *et al.*, 2009).

A partir do exposto, o presente estudo teve como objetivo estimar a prevalência de enteroparasitoses em

pacientes internados em unidades pediátricas de Hospitais Universitários em Pelotas, Rio Grande do Sul, bem como identificar possíveis fatores de risco associados ao meio ambiente e as condições sócio-econômicas da população alvo.

### II. MATERIAIS E MÉTODOS

#### *Local e população de estudo*

O trabalho foi realizado no período de abril a outubro de 2012, tendo como população de estudo crianças de 0 a 12 anos internadas em unidades pediátricas do Hospital Universitário São Francisco de Paula (HUSFP) e Hospital Universitário da UFPel (FAU) no município de Pelotas, RS.

#### *Coleta de dados*

Um questionário estruturado foi aplicado aos pais ou responsáveis pelos pacientes, com o intuito de obter informações sobre as condições sócio-econômicas da família, hábitos de higiene, acesso ao saneamento básico, e o conhecimento sobre as parasitoses intestinais. Após a aplicação eram entregues frascos coletadores, devidamente identificados, para que os pais procedessem à coleta do material fecal. Durante a entrega eram oferecidas orientações sobre a coleta e também eram passadas informações sobre as parasitoses intestinais (cartilha educativa) e suas conseqüências à saúde. O material fecal era entregue no posto de enfermagem onde ficava devidamente armazenado até o recolhimento para o processamento.

#### *Processamento dos dados*

As amostras foram processadas no Laboratório de Parasitologia Humana da UFPel, através das técnicas de Faust (centrifugo-flutuação em sulfato de zinco), Ritchie (centrifugo-sedimentação) e Baermann (DE CARLI, 2008). Os laudos com resultados positivos foram encaminhados ao médico, para prescrição da medicação na própria Instituição na qual a criança estava internada. Quanto ao tratamento dos dados, o teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) foi utilizado para a verificação de diferenças estatisticamente significativas.

### Considerações Éticas

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da UCPel, sob o número 2011/177 e os pacientes só foram incluídos na pesquisa após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, pelos pais ou responsável. Também importa relatar que todas as crianças positivas receberam prescrição médica e tratamento específico sem ônus.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos 82 pacientes, 32,8% tiveram suas amostras positivas para pelo menos uma espécie de parasito, resultado que pode ser comparado com o estudo realizado por Biscegli et al. (2009) com crianças frequentadoras de uma creche em Catanduva – SP, que detectou prevalência de enteroparasitoses em 29% dos casos.

Dentre as amostras positivas observou-se maior frequência de infecção por *Trichuris trichiura* (40,74%), *Endolimax nana* (40,74%), *Ascaris lumbricoides* (29,62%) e *Giardia lamblia* (14,81%) (Tab. 1). A maioria dos casos foi de monoparasitismo (66,66%).

Tabela 1 – Espécies de enteroparasitos evidenciadas, e tipo de parasitismo, em crianças atendidas em unidades pediátricas de hospitais públicos de Pelotas, RS, Brasil, 2012

Parasitos	Nº de amostras positivas (%)
(Helmintos)	
<i>Trichuris trichiura</i>	11 (39,28)
<i>Ascaris lumbricoides</i>	8 (28,57)
(Protozoários)	
<i>Endolimax nana</i>	11 (39,28)
<i>Giardia lamblia</i>	4 (14,28)
<i>Entamoeba coli</i>	4 (14,28)
Monoparasitismo	17 (66,66)
Poliparasitismo	10 (33,33)

Com relação ao gênero, ocorreu maior frequência de parasitos no sexo feminino 8 (66,6%), contra 3 (25%) no sexo masculino, sendo esta diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). O fato dos meninos serem os mais acometidos já foi apontado em outras pesquisas e pode estar relacionado com a negligência dos hábitos de higiene entre as crianças, mais corriqueira entre meninos (NKRUMAH & NGUAH, 2011; BORGES et al., 2011).

Os resultados obtidos indicaram maior prevalência de *Trichuris trichiura* e *Ascaris lumbricoides*, ambas as espécies com contaminação fecal-oral e vinculadas a fatores de risco semelhantes, como contaminação ambiental, o que já foi encontrado em outros estudos procedidos no município (GALLINA et al., 2011), e precárias condições sócio-econômicas e de saneamento (SILVA et al., 2011).

De acordo com Fonseca et al. (2012), e também observado em nosso estudo, a infecção por *A. lumbricoides* e *Trichuris trichiura*, provavelmente se deva à própria biologia do parasito que tem ovos muito resistentes e com capacidade de se manterem viáveis por longos períodos no ambiente, o que representa um fator importante na sua transmissão.

Notou-se a ausência de casos na presente investigação para o helminto *Strongyloides stercoralis*, mesmo se procedendo a técnica mais sensível e específica para diagnóstico deste nematódeo, que já foi diagnosticado em

outros estudos levados a cabo em Pelotas (VILLELA et al., 2003). Em outros estudos realizados em ambientes hospitalares do sudeste, nordeste e sul do Brasil, a prevalência de *S. stercoralis* variou de 4,6%, na Bahia, até 6,9%, em Santa Catarina (TEIXEIRA, 1997; CANTOS E BRAGAGNOLO., 1995; SANTOS et al., 2007).

O protozoário *Giardia lamblia* normalmente é um dos parasitos mais frequentemente verificados em avaliações realizadas ao redor do mundo, sendo uma das causas mais constantes de diarreia infantil em países africanos (DIB et al., 2008; AYEK-KUMI et al., 2009; NKRUMAH et al., 2011). Neste estudo, embora presente, existe a possibilidade de que a prevalência de *G. lamblia* esteja subestimada, pois a coleta de três amostras de fezes, que melhoraria a sensibilidade do exame deste protozoário, uma vez que o mesmo apresenta período intermitente de eliminação pelo hospedeiro, só foi realizada em 3,66% dos pacientes, em função do tempo de internação relativamente curto da maioria das crianças. Em estudo efetuado na cidade do Rio Grande, município vizinho a Pelotas, a prevalência ficou em 30,3% para a população avaliada em creches públicas, entretanto foi possível a coleta e análise de três amostras por estes autores (BERNE et al., 2012).

Embora *E.nana* seja um protozoário comensal, como sua transmissão ocorre pela via fecal-oral, esta alta ocorrência serve como indicador das condições sanitárias deficientes, e atenta para a situação de risco de infecção por agentes patogênicos que possuam a mesma forma de disseminação (GOMES et al., 2010).

Considerando-se os indivíduos em quatro faixas etárias: 0 a 3 anos; 4 a 6 anos; 7 a 9 anos; e 10 a 12 anos; a faixa etária de 0 a 3 anos foi a que apresentou maior número de crianças parasitadas 17 (62,96%), seguida por 4 a 6, e 7 a 9 anos, que apresentaram o mesmo número de crianças positivas 4 (14,81%) caindo para apenas 2 (7,41%) na faixa de 10 a 12 anos. Ferreira et al., (2006) também descreve ter encontrado maior prevalência de parasitoses em crianças hospitalizadas na faixa etária de 0 a 3 anos. Vários estudos sugerem que à medida que a idade aumenta, aumenta a resistência e os cuidados profiláticos dos indivíduos e diminui a prevalência de enteroparasitas (SANTOS; MERLINI, 2010).

Observou-se que em 74,1% dos casos, a mãe era a responsável pela criança. Quanto à escolaridade 70,4% das mães possuíam ensino fundamental incompleto e 11,1% ensino fundamental completo. Resultados semelhantes foram descritos por Zaiden et al. (2008), que observou que a maioria das crianças (80,5%) ficava sob a responsabilidade da mãe, o que demonstra que ainda hoje em nossa sociedade a mãe é responsabilizada pelos cuidados dos filhos, a despeito da escolaridade 71,0% das mães possuíam ensino fundamental incompleto. No tocante ao saneamento básico, todas as residências eram instituídas em ambiente urbano, com acesso a rede de esgotos (ou fossa séptica) e água tratada, não tendo, portanto, diferença estatisticamente significativa quanto a esta variável. Entretanto, quanto ao conhecimento dos pais no que tange as parasitoses intestinais, este se mostrou escasso tanto para os responsáveis para as crianças positivas, como para as negativas, destacando necessidade de ações educativas. A distribuição gratuita da cartilha para todos participantes deste estudo foi sempre bem recebida pela população.

#### IV. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que as parasitoses permanecem como importante problema de saúde, acometendo crianças principalmente na faixa etária de 0 a 3 anos, Comprovou-se que a falta de informação dos pais contribuem para o aumento da prevalência dessas parasitoses. Entende-se que são necessárias melhorias nas condições de saneamento básico dessas famílias, especialmente tratando-se das condições gerais do peridomicílio, além de campanhas educacionais sobre prevenção de parasitoses nos postos de saúde. Este estudo aponta para a necessidade de inclusão do exame parasitológico de fezes como rotina nas unidades pediátricas dos hospitais, como forma de diagnóstico e instituição de tratamento das crianças acometidas por moléstias enteroparasitárias.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYEH-KUMI PF, QUARCOO S, KWAKYE-NUAKO G, KRETCHY JP, OSAFO-KANTANKA A, MORTU S: Prevalence of Intestinal Parasitic Infections among Food Vendors in Accra, Ghana. **J Trop Med Parasitol.** 32(1):1. 2009.
- BERNE AC, SCAINI CJ, VILLELA MM, Pepe MS, Hauptenthal LE, Gatti F, Berne MEA. Presença de coccídios e outros enteroparasitos em uma população de crianças no município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. **Rev Pato Trop** 41(1): 93-96, 2012.
- BISCEGLI, T.S.; ROMERA, J.; CANDIDO, A.B.; SANTOS, J.M.; CANDIDO, E.C.A.; BINOTTO, A.L. Estado nutricional e prevalência de enteroparasitoses em crianças matriculadas em creche. **Rev Paul Pediatr.**27(3): 289-95, 2009.
- BORGES WF, MARCIANO FM, OLIVEIRA HB. Parasitos intestinais: elevada prevalência de Giardia lamblia em pacientes atendidos pelo serviço público de saúde da região sudeste de Goiás, Brasil. **Rev Patol Trop.** 40: 149-157, 2011.
- CANTOS GA, BRAGAGNOLO A. Prevalência de enteroparasitoses em pacientes ambulatoriais do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina. **Rev Ciênc Saúde.** 14: 23-32, 1995.
- CARMONA-FONSECA, J.; PEÑUELA, R.M.U.; BOTERO, A.M.C. Parasitosis intestinal em niños de zonas palúdicas de Antioquia (Colombia). **Iatreia.**22(1), 2009.
- DE CARLI, G.A. **Parasitologia Clínica: Seleção de Métodos e Técnicas de Laboratório para o Diagnóstico de Parasitoses em Humanos.** 2.ed. São Paulo: Atheneu; 2008. 906p.
- DIB HH, LU SQ, WEN SF: Prevalence of Giardia lamblia with or without diarrhea in South East, South East Asia and the Far East. **Parasitol Res.** 103(2):239-251. 2008
- FERREIRA, H.; LALA, E.R.P.; CZAIKOSKI, P.G.; BUSCHINI, M.L.T.; MONTEIRO, M.C. Enteroparasitoses e déficit nutricional em crianças hospitalizadas, Guarapuava, estado do Paraná, Brasil **Acta Sci. Health.** 28(1):113-117, 2006.
- FONSECA, E.O.L.; TEIXEIRA, M.G.; BARRETO, M.L.; CARMO, E.H.; COSTA, M.C.N. Prevalência e fatores associados às geo-helmintíases em crianças residentes em municípios com baixo IDH no Norte e Nordeste brasileiros. **Cad. Saúde Pública.** 25(1):143-152, 2010.
- GALLINA T, SILVA MAMP, CASTRO LLD, WENDT EW, VILLELA MM; BERNE MEA. Presence of eggs of Toxocara spp. and hookworms in a student environment in Rio Grande do Sul, Brazil. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.** 20(2):41-42, 2011.
- GOMES, P.D.M.F.; NUNES, V. L. B.; KNECHTEL, D. S.; BRILHANTE, A. F. Enteroparasitos em escolares do distrito águas do Miranda, Município de Bonito, Mato grosso do Sul. **Revista de Patologia Tropical.**39(4):299-307, 2010.
- MACEDO, H. S. Prevalência de Parasitos e Comensais Intestinais em Crianças de Escolas da Rede Pública Municipal de Paracatu (MG). **Revista Brasileira de Análises Clínicas.**37(4): 209 – 213, 2005.
- NKRUMAH, B.; NGUAH, S.B. Giardia lamblia: a major parasitic cause of childhood diarrhoea in patients attending a district hospital in Ghana. **Parasites & Vectors.**(4):163, 2011.
- SANTOS LP, SANTOS FLN, SOARES NM. Prevalência de parasitoses intestinais em pacientes atendidos no hospital universitário professor Edgar Santos, Salvador – Bahia. **Rev Pato Trop.**36(3): 237-246, 2007
- SILVA J.C.;FURTADO L.F.V.;FERRO T.C.;BEZERRA K.C.;BORGES E.P.;MELO A.C.F.L. Prevalência de ascaridíase em crianças do Estado do Maranhão. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.**44(1):100-102, 2011.
- TEIXEIRA AT. Strongyloides stercoralis: frequência em exames parasitológicos do Hospital de Clínicas da UNICAMP e análise morfométrica das larvas. **Rev Soc Bras Med Trop.** 30: 75-76, 1997.
- VIDAL, S.F.; TOLOZA, L.M.; CANCINO, B.F. Evolución de la prevalencia de enteroparasitosis en la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile. **Rev Chil Infect.**27(4):336-340, 2010.
- VILLELA, M. M. ; MOURA, N. O. ; HOMSY, S. R. ; FERREIRA, R. C. ; MOURA A.; ELIZALDE, J. ; VARGAS, L. R. ; BERNE, M. E. A. . Prevalência de parasitos intestinais diagnosticados no UFPel - Lab (Pelotas, RS, Brasil), referentes a um ano de análises. **Laes & Haes.**141:120-128, 2003.
- ZAIDEN, M.F.; SANTOS, B.M.O.; CANO, M.A.T.; NASCIF JÚNIOR, L.A. Epidemiologia das parasitoses intestinais em crianças de creches de Rio Verde-GO. **Medicina.**41(2)182-7, 2008.

#### VI. COPYRIGHT

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



## ESTUDO DA DINÂMICA DE UMA MESA XY PARA TESTE FUNCIONAL DE TECLADOS

ETEVALDO DOS SANTOS COSTA<sup>1</sup>, MARCIO ABUD MARCELINO<sup>2,3</sup>,

FRANCISCO ANTONIO LOTUFO<sup>3</sup>

1 – FACULDADE DE ARACRUZ – FAACZ; 2 – UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ – UNITAU;

3 – UNESP

professoretevaldo@hotmail.com; abud@feg.unesp.br; falotufo@feg.unesp.br

**Resumo** - Este artigo apresenta um estudo sobre a dinâmica de uma mesa com coordenadas cartesianas, destinadas a testes de controle funcionalidade de teclados, tendo como objetivo de propor um controlador proporcional integral derivativo (PID) para garantir a precisão de posicionamento da mesma. Um modelo empírico da mesa serviu como referência para criação de um modelo matemático do conjunto. É fato que, os sistemas físicos e o ambiente externo no qual eles operam não podem ser modelados precisamente, podendo mudar de maneira imprevisível e estando sujeitos a perturbações significativas, entretanto, com a simulação da planta no SIMULINK, percebe-se que a robustez do controlador proporciona resultados bastantes satisfatórios.

**Palavras-Chave:** Coordenadas Cartesianas. Controle de Posição. Controlador PID.

### I. INTRODUÇÃO

A automação industrial pode intervir positivamente no processo produtivo permitindo que o controle de qualidade de produtos produzidos em escala industrial possam ter níveis confiáveis, com rapidez e também reduzir os riscos ergonômicos inerentes a atividade de qualquer trabalhador. Determinados testes de controle de qualidade, são executados manualmente ou muitas vezes não são feitos, pois não há condição humana para realizá-lo. Este trabalho propõe um modelo de mesa que se desloca segundo coordenadas cartesianas, tendo como objetivo acionar teclas de equipamentos com teclados (Teclado de computador, balança, *notebook*, entre outros) com a finalidade de controle de qualidade no que tange ao funcionamento das teclas.

A partir do protótipo da figura 1, especificou as cargas dinâmicas e estáticas que envolvem a mesa e em seguida definiu se um modelo matemático que representa as características do sistema.

O controle de posição da mesa XY, é de vital importância para a qualidade de desempenho, todavia, efetuar este posicionamento não é tarefa fácil, principalmente em virtude de variantes internas e externas que acometem todo o conjunto, além de influência mútua entre os eixos.



Figura 1 – Protótipo-da mesa XY

Para garantir o correto posicionamento é interessante também propor um modelo matemático de um controlador. E, para este sistema o controlador proposto é o proporcional, derivativo e integral (PID), pois, segundo Ogata (2010), é um modelo utilizado em mais da metade dos controles industriais.

### II. MODELAGEM MATEMÁTICA DO CONJUNTO MOTOR CC E MESA X (SISTEMA ELETROMECAÂNICO)

Para Dorf e Bishop (2011), o modelo matemático de sistemas físicos, permite descrever o seu comportamento dinâmico.

Ogata (2010) ressalta que, o bônimo simplicidade e a precisão nos resultados de análise, em um modelo matemático devem estar alinhados. Contudo, muitas vezes para simplificar um determinado modelo, ignora-se algumas propriedades físicas. Desta forma, a interação do deslocamento da mesa Y, com o deslocamento da mesa X, não foi particularmente discutido.

Outra consideração relevante, é o fato que as características eletromecânicas da mesa Y se aproximam da mesa X, sendo assim pode replicar o modelo de uma mesa para outra.

*Desenvolvimento do modelo matemático do conjunto eletromecânico*

A figura 2 representa o conjunto eletromecânico formado pelo motor CC e a mesa:

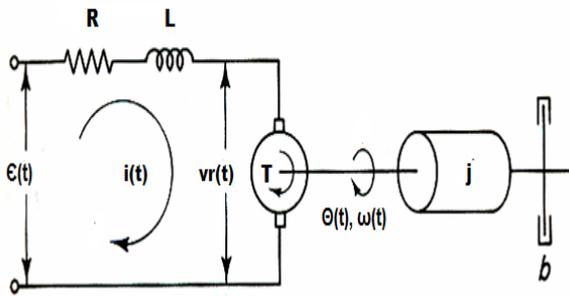


Figura 2 – Conjunto eletromecânico

Considerando que no motor CC a corrente de campo é constante e o eixo é rígido, através da Lei de Kirchhoff, obtém-se o modelo da expressão (1).

$$\varepsilon(t) = R i(t) + L \frac{di}{dt} + vr(t) \quad (1)$$

A força contraeletromotriz é uma tensão proporcional à velocidade angular, conforme apresentado na expressão (2), e depende das características construtivas do motor.

$$vr(t) = Kw * \omega(t) = Kw * \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (2)$$

Em relação ao conjunto mecânico, o torque pode ser representado, de acordo com a segunda Lei de Newton, conforme a expressão (3).

Naturalmente nem toda a potência desenvolvida pelo motor é entregue a carga. Parte dessa potência é perdida por corrente de Foucault e histerese. O torque referente a essa perda foi representado por  $Ta$ .

$$T(t) = Ta(t) + Tm(t) + jr \frac{d\omega}{dt} + b\omega(t) \quad (3)$$

O torque desenvolvido pelo motor supondo um fluxo magnético constante deve ser igual ao torque total escrito em função da corrente, de acordo com a expressão (4).

$$T(t) = Kt * i(t) \quad (4)$$

Aplicando a transformada de Laplace nas expressões (1) a (4), obtém-se as expressões (5) a (8).

$$E(s) = R(s) * I(s) + Ls * I(s) + V(s) \quad (5)$$

$$T(s) - Ta(s) - Tm(s) = (B + Js) * \Omega(s) \quad (6)$$

$$V(s) = Kw * \Omega(s) = Kw * s * \Theta(s) \quad (7)$$

$$T(s) = Kt * I(s) \quad (8)$$

Comparando as expressões (8) e (6), obtém-se a expressão (9).

$$Kt * I(s) - Ta(s) - Tm(s) = (B + Js) * \Omega(s) \quad (9)$$

Onde:

$\varepsilon(t)$  : Tensão de alimentação do motor;

$i(t)$  : Corrente de armadura;

$R$  : Resistência elétrica da armadura;

$L$  : Indutância de dispersão da armadura;

$v(t)$  : Força contraeletromotriz;

$T(t)$  : Torque total do conjunto eletromecânico;

$\theta(t)$  : Posição angular da mesa;

$\omega(t)$  : Velocidade angular da mesa;

$j$  : Momento de inércia da mesa;

$b$  : Coeficiente de atrito viscoso (mancais do rotor);

$jr$  : Momento de inercial do motor;

$Ta$  : Torque referente às demais perdas no motor;

$Tm$  : Torque referente à mesa;

$jr \frac{d\omega}{dt} + b\omega(t)$ : Torque do motor;

$Km$  e  $Kt$  : Constantes de proporcionalidade [valores informado pelo fabricante (FITZGERALD *et al.*, 2006)].

Substituindo as expressões e isolando a velocidade angular, obtém-se a expressão (10) que representa o modelo do motor.

$$\Omega(s) = \left\{ \left[ \frac{E(s) - Kw * \Omega(s)}{R + Ls} * Kt - (Ta(s) + Tm(s)) \right] * \frac{1}{Js + B} \right\} \quad (10)$$

A figura 3 mostra o diagrama em blocos da função de transferência da expressão (10).

Percebe-se que existe duas entradas e a saída velocidade angular  $\omega(s)$ , e a função de transferência estão representadas pelas expressões (11) a (13).

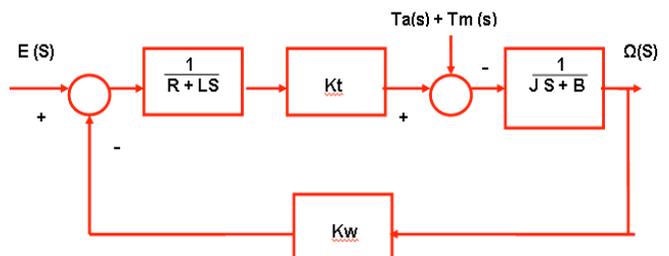


Figura 3 – Diagrama em blocos do conjunto eletromecânico

$$\Omega(s) = [G1(s) * E(s)] + [G2(s) * (Ta(s) + Tm(s))] \quad (11)$$

Onde:

$$G1(s) = \frac{\Omega(s)}{E(s)} \Big|_{Ta(s) + Tm(s) = 0} \quad (12)$$

Função de transferência tensão-Velocidade e

$$G2(s) = \frac{\Omega(s)}{Ta(s) + Tm(s)} \Big|_{E(s) = 0} \quad (13)$$

Função de transferência torque-Velocidade

Aplicando-se o teorema da superposição, para a função de transferência tensão-velocidade, representada pela expressão (14), considera-se  $Ta(s) + Tm(s) = 0$ .

$$G1(s) = \frac{Kt}{(LJs^2) + s(LB + RJ) + RB + KwKt} \quad (14)$$

Considerando que a potência mecânica solicitada pela mesa deve ser igual à potência elétrica absorvida no rotor, pode-se considerar que as constantes de proporcionalidades são iguais, ou seja,  $Kt = Kw$  (FITZGERALD *et al.*, 2006).

Na expressão (14), todas as variáveis são fornecidas pelos fabricantes através dos dados técnicos,

Substituindo estas variáveis e desprezando a indutância de dispersão da armadura, que é muito pequena, pode se reescrever a função de transferência, que era de segunda ordem, na expressão (15).

$$G1(s) = \frac{39,19}{0,042s + 1} \quad (15)$$

Função de transferência tensão-Velocidade

Para a função de transferência em função do torque da mesa (carga), partindo da expressão (13) e dos dados técnicos fornecidos pelos fabricantes, calculou se a expressão (16).

$$G1(s) = \frac{-1244}{0,042s + 1} \quad (16)$$

Função de transferência Torque-Velocidade.

*Análise da função de transferência do conjunto motor CC e mesa X*

Para a função de transferência tensão-velocidade (expressão 15) aplicou-se um degrau unitário (OGATA, 2010), e encontrou se a resposta da velocidade angular, dada pela expressão (17).

$$\Omega(s) = \frac{1}{s} * \frac{39,19}{0,042s + 1}$$

Usando a transformada inversa de Laplace

$$\omega(t) = 39,19 * \left(1 - e^{-\frac{t}{0,042}}\right) \quad (17)$$

Desta forma, quando o tempo  $t \rightarrow \infty$  a velocidade angular é:  $\omega = 39,19 \text{ rad/s}$ .

Considerando a função de transferência torque - velocidade (expressão 16), aplicou-se igualmente um degrau unitário e encontrou se a resposta da velocidade angular, dada pela expressão (18).

$$\Omega(s) = \frac{1}{s} * \frac{(-1244)}{0,042s + 1}$$

Usando a transformada inversa de Laplace:

$$\omega(t) = -1244 * \left(1 - e^{-\frac{t}{0,042}}\right) \quad (18)$$

Em regime permanente, um acréscimo no torque de  $1Nm$  faz com que a velocidade angular do motor decaia para velocidade angular de:  $\omega = 1244 \text{ rad/s}$ .

Na análise da função de transferência tensão-velocidade considerou se a perturbação pelo torque como sendo zero. Já em relação à função de transferência torque –

velocidade atribuiu se à tensão de entrada o valor zero. Ou seja, o conjunto motor - mesa foi observado em separado.

A figura 4 mostra a simulação, no SIMULINK, da função de transferência do sistema (expressão 11), onde pode se avaliar o comportamento da saída velocidade angular em função da tensão de entrada e da perturbação ocasionada pelo o torque  $Ta(s)+Tm(s)$ .

A curva da figura 5, gerada pelo SIMULINK considera a tensão com um valor unitário e o torque igual a zero. Verifica-se que a mesma está coerente com a proposição inicial de análise em separado tensão- velocidade e torque – velocidade

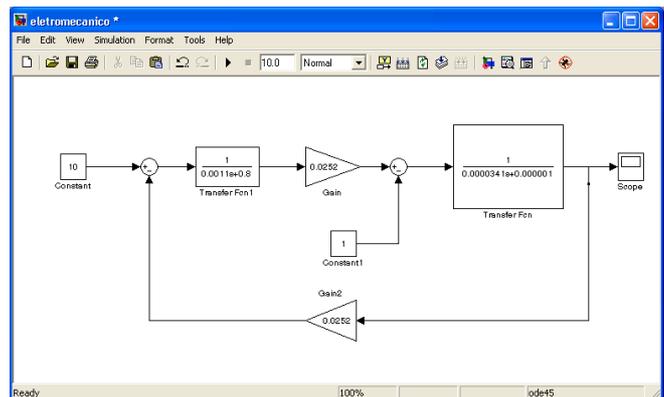


Figura 4 – Simulação da função transferência do conjunto motor- mesa

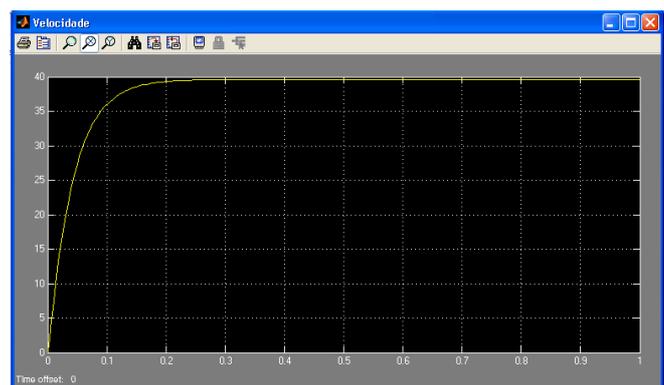


Figura 5 – Curva gerada no SIMULINK, da velocidade angular considerando o torque zero

Da mesma forma, a figura 6, mostra que a curva gerada a partir da simulação no SIMULINK, agora com a tensão igual a zero, a concordância com a proposição inicial permanece.

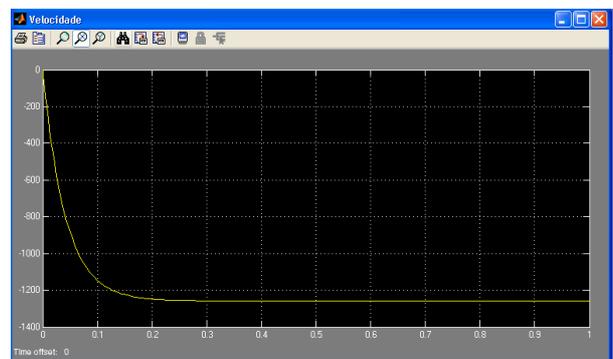


Figura 6 – Curva gerada no SIMULINK, da velocidade angular considerando a tensão zero

Já para a figura 7, observa-se o comportamento da velocidade em função da tensão de entrada e o torque. A curva gerada no SIMULINK, foi obtida a partir de 1V de tensão de entrada e de 0,01N/m de torque, ou seja, para um pequeno valor de perturbação, dada pelo torque, levou a velocidade angular, que deveria ser  $\omega = 39,19 \text{ rad/s}$ , cair para pouco mais de  $\omega = 25 \text{ rad/s}$ .

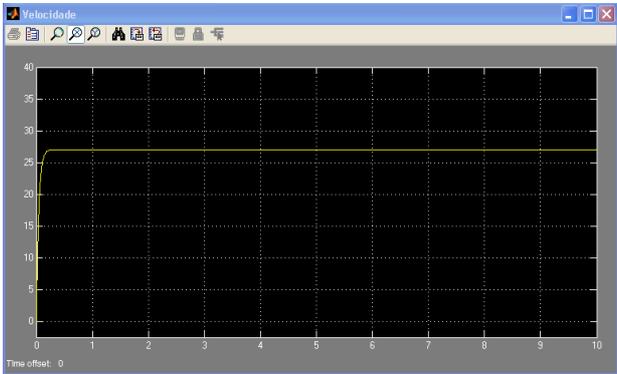


Figura 7 – Curva gerada no SIMULINK, da velocidade angular considerando a tensão 1volt e torque 0,01 Nm.

### Modelagem da planta

A função de transferência da expressão (11) foi condensada em um único bloco, como pode se observar na simulação da figura 8, intitulada de PLANTA MOTOR – MESA. Pode se observar também que, agora a saída a ser controlada não é mais a velocidade angular, pois seu valor foi integrado dando a posição angular. Desta forma, com a realimentação da malha, estuda-se a resposta aos pulsos de saídas  $O(s)$  em relação aos pulsos de entrada  $I(s)$ .

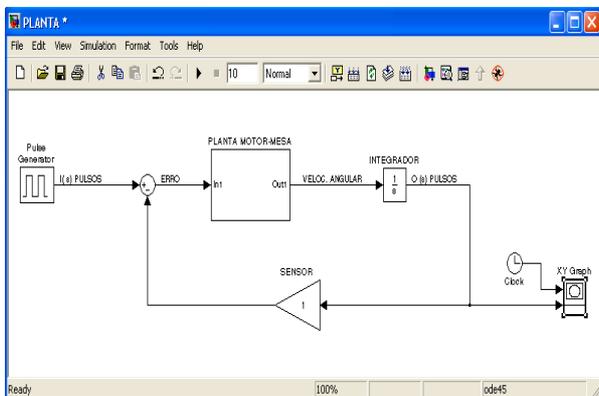


Figura 8 – Simulação da Planta Motor- Mesa

Utilizando o MATLAB pode-se determinar a função de transferência que representa todos os subsistemas da figura 8, doravante denominada de Planta do Sistema X (PSX), cujo valor está representado na expressão (19).

$$G_{PSX} = \frac{0,0252}{3,751e^{-008} s^3 + 2,7281e^{-005} s^2 + 0,00063564 s + 0,0252} \quad (19)$$

### III. CONTROLADOR PID

O controlador proporcional, integral e derivativo (PID), é de uso frequente até mesmo pela sua simplicidade. Geralmente observa-se que os controladores PID são particularmente úteis para reduzir o erro em regime permanente e melhorar a resposta transitória quando a função de transferência possui um ou dois polos (DORF, BISHOP; 2011).

O Controlador PID possui a função de transferência  $G_{PID}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$  (DORF, BISHOP; 2011) onde:  $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$  são os parâmetros do controlador referentes às funções proporcional, integral e derivativa respectivamente.

A planta Sistema X, como será analisada a seguir, apresenta estabilidade para o regime permanente, porém não é imune a distúrbios que podem acontecer durante o processo. Dentro dessas perturbações, que podem afetar o funcionamento da planta, pode-se retomar a discussão da figura 7 que mostra que, se o torque tiver um incremento de 0,01N/m, a velocidade angular decresce de 39,19 rad/s para 25 rad/s.

A implementação de um controlador PID, junto à planta do sistema X, da figura 9, tem como objetivo que a variável de saída, no caso a posição, possa retomar seu ponto de ajuste dentro de um tempo prescrito, e com um erro tolerável, sempre que houver distúrbios na planta.

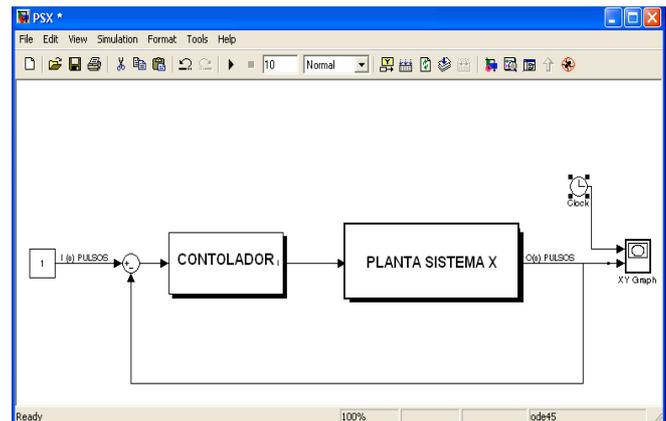


Figura 9 – Planta Sistema X com o controlador PID

O processo de selecionar parâmetros do controlador que garantam dada especificação de desempenho é conhecido como sintonia do controlador (OGATA, 2010). E, após a análise do comportamento dinâmico da planta do Sistema X, determinou se os parâmetros PID com o propósito de sintonia do controlador. Os detalhes dos parâmetros do controlador PID, podem ser observados na figura 10, onde:

- \* O parâmetro proporcional (60): Tem a função de reduzir o erro em regime permanente;
- \* O parâmetro integral (15): Está relacionado à velocidade de reação do processo;
- \* O parâmetro derivativo (1.1): Reduz o tempo morto.

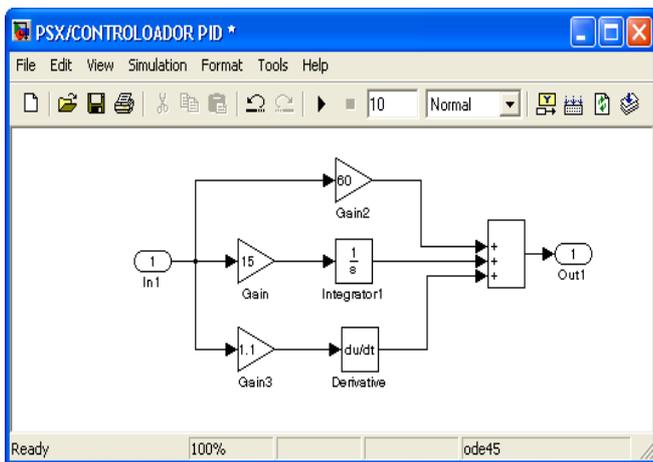


Figura 10 – Detalhes do controlador PID

#### IV. RESULTADOS

Realizou se uma análise comparativa da planta do sistema X, com e sem a implementação do controlador PID, conforme apresentado na figura 11. Os parâmetros obtidos foram gerados a partir da simulação no SIMULINK.

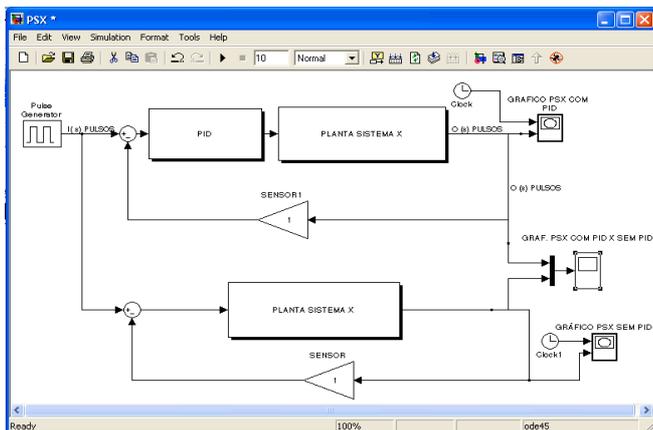


Figura 11 – Comparativo planta com PID X Planta sem PID

Com os resultados obtidos através da simulação, traçou um quadro confrontando a performance da planta:

1- Planta Sistema X sobre ação de um degrau sendo que a figura 12 mostra a planta sem o controlador e a figura 13 com o controlador PID.

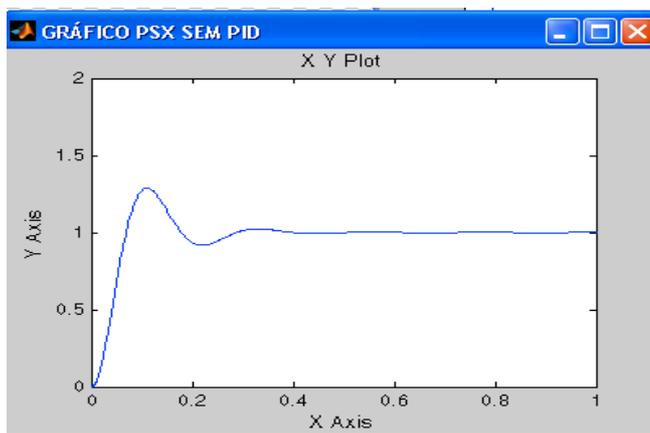


Figura 12 – Planta sem o controlador

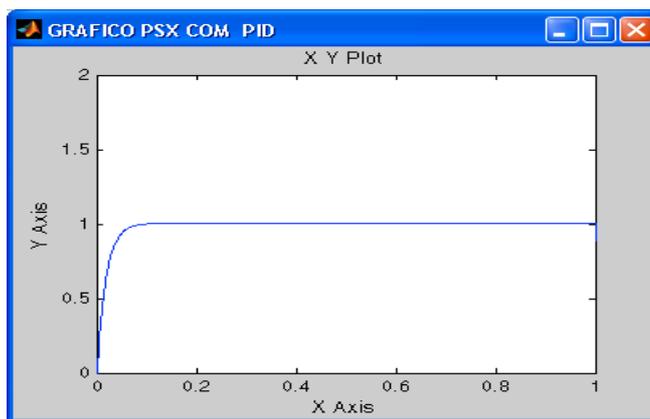


Figura 13 – Planta com o controlador PID

2 - Comportamento da planta do Sistema X, sobre ação de um gerador de pulsos, tendo um gráfico de saída através do Scope,

\* A figura 14 mostra em rosa a planta sem o controlador e em amarelo com o controlador.

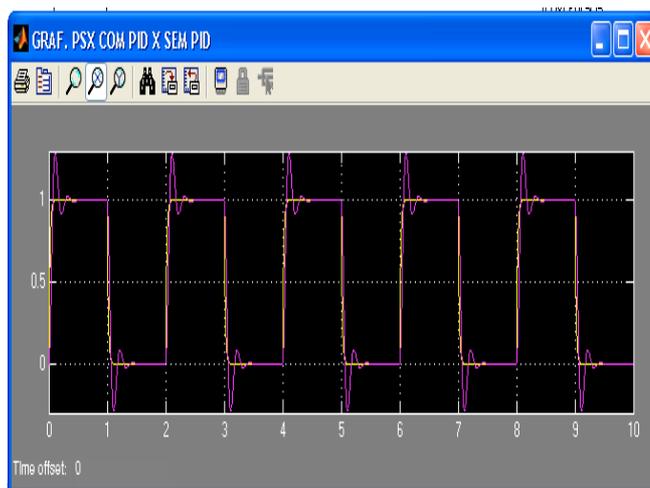


Figura 14 – Sinal de saída da planta sistema X com e sem controlador, via scope.

3 - Análise gráfica com perturbação de 0,01 N de torque e um degrau unitário.

\* Figura 15: Planta sem controlador

\* Figura 16: Planta com controlador

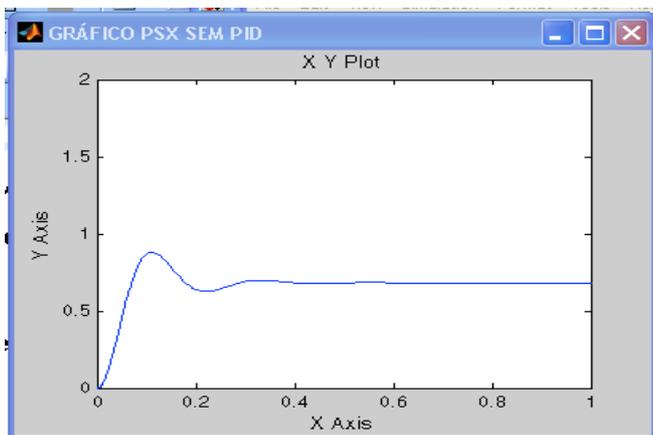


Figura 15 – Planta Sistema X sobre influencia de uma perturbação 0,01 N de torque sem controlador

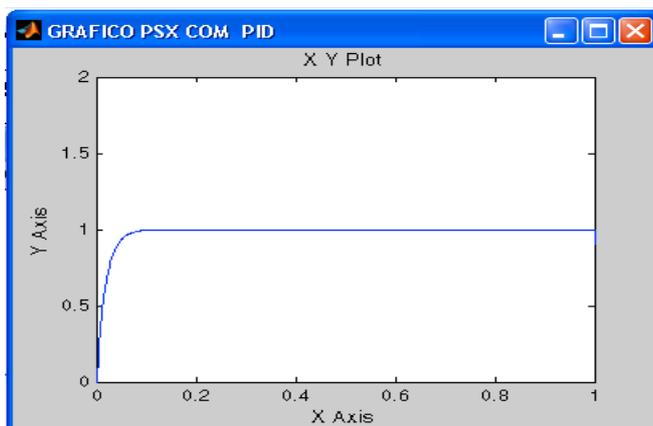


Figura 16 – Planta Sistema X sobre influencia de uma perturbação 0,01 N de torque com controlador

4 - A figura 17 mostra, o comportamento da planta sobre a influencia de uma perturbação de 0,5 N de torque, sendo que, em rosa a planta sem o controlador e em amarelo com o controlador

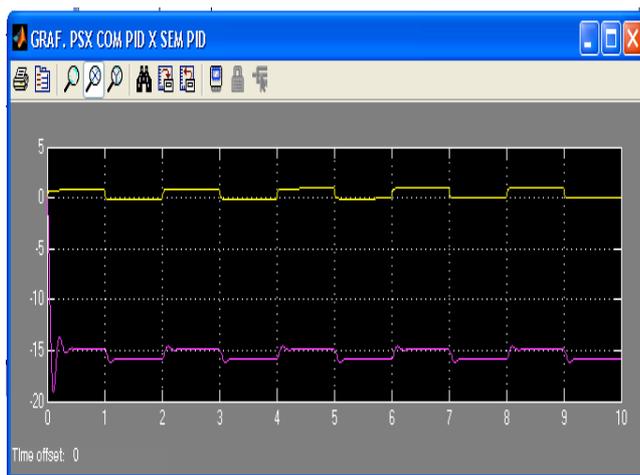


Figura 17 – Sinal de subida da planta sistema X com e sem controlador, via scope, quando aplicado uma perturbação de 0,5 N

A tradução dos resultados, obtidos após a simulação, podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo planta com e sem PID

Parâmetros	
Sem Controlador	Com Controlador
* Tempo morto ou atraso ( $\theta$ ): 5 $\mu$ s;	* Tempo morto ou atraso ( $\theta$ ): 0 s;
* Tempo de subida: 70 ms;	* Tempo de subida: 80 ms;
* Tempo de pico máximo ( <i>Overshoot</i> ): 120 ms;	* Tempo de pico máximo ( <i>Overshoot</i> ): 0 s;
* Tempo de acomodação: 270 ms;	* Tempo de acomodação: 80 ms;
* Resposta de saída quando submetido a uma perturbação de 0,01N: Média de 70% do degrau de entrada;	* Resposta de saída quando submetido a uma perturbação de 0,01N: Praticamente inalterado;
* Overshoot: 28,9%	* Overshoot: Zero
* Coeficiente de amortecimento ( <i>Damping</i> ): 0.368;	* Coeficiente de amortecimento ( <i>Damping</i> ): maior que 1;
* Sistema subamortecido	* Sistema Sobreamortecido.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou que a partir de um modelo experimental pode se especificar as particularidades construtivas da mesa XY, e propôs um modelo matemático que descrevesse com boa aproximação as características de desempenho do referido sistema. Como a precisão do posicionamento da mesa é o fator de relevância neste estudo, devido ao teste de teclados, foi implementado um controlador PID para atuar na planta do sistema X. Os resultados obtidos de desempenho da planta via simulação através do SIMULINK, se mostraram bem eficazes até mesmo perante a introdução de distúrbios, que nesse caso referenciado foi do torque. Essa estabilidade da planta diante a uma perturbação, garante que a mesa XY não apresente dificuldade de se posicionar em qualquer coordenada cartesiana inserida, fato este que reforça a robustez do controlador. Pela certeza da robustez do controlador, este estudo se concentrou na mesa que se posiciona na coordenada X, isto é, a coordenada Y foi avaliada por aproximação matemática, entretanto para trabalhos futuros pode se avaliar com mais exatidão o conjunto e suas influências mútuas.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FITZGERALD, A.E, KINGSLEY JR, Charles, UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 648p.
- GARCIA, Marcus Valério Rocha. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma Para Melhoria de Processo Utilizando Automação Industrial** [Dissertação de mestrado]. Taubaté – SP – Universidade de Taubaté – Departamento de Engenharia Mecânica – 2008
- DORF, Richard C, BISHOP, Robert H. **Sistemas de Controle Modernos**. 11ed. Rio de Janeiro – RJ:LTC, 2011 628 p.
- MORAES, Cicero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2007. 347 p.
- NISE, Norman S, **Engenharia de Sistema de Controle**, 5 .ed. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2011. 682 p.
- OGATA, katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 5. ed. São Paulo – SP: Person Prentice Hall, 2010. 809p.
- OGATA, katsuhiko. **Solução de problemas de Engenharia de Controle com MATLAB**. São Paulo – SP: Person Prentice Hall, 1997. 330p.
- SCHNEIDER ELECTRIC. **Catalogo Zélio**. 2008. 77 p.

SILVEIRA, Paulo Rogério da, SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto.**, 3. ed. São Paulo – SP: Érica, 1988.

SEW EURODRIVE. **Seleção de Acionamentos : Métodos de Cálculos e Exemplos .** Catálogo. São Paulo, 2004 - Vol1 - 155 p

WENER, Jaqueline, MENEZES, Felipe Moraes. **A Automação Como Ferramenta Para Aumentar a Produtividade de uma Empresa Calçadista** [Artigo Científico]. Novo Hamburgo - RS - Universidade FEEVALE – Departamento de Gestão da Produção – 2009.

#### VII. COPYRIGHT

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

#### VIII. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o financiamento parcial do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.



## ESTUDO DA PRODUÇÃO DE AMILOGLICOSIDASE POR *ASPERGILLUS AWAMORI* POR DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

FABIANO RODRIGUES DE SOUZA<sup>1</sup>; SÔNIA MARIA DA SILVA CARVALHO<sup>1</sup>,  
LEONOR ALVES DA SILVA OLIVEIRA<sup>1</sup>, NEI PEREIRA JR<sup>2</sup>, MARCIO A. DA  
SILVEIRA<sup>3</sup>, ANA PAULA M. R. BASTOS<sup>2</sup>, SPARTACO A. FILHO<sup>2</sup>

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
frsbio@hotmail.com

**Resumo** - O Brasil é rico em plantas que acumulam amido e presente à matéria-prima potencial para a extração de amido de negócios, aumentando o sector agrícola e agregar valor ao crops. Starch tubérculo amido tropical é um produto global e com várias aplicações industriais. Os amidos podem ser hidrolisados quimicamente ou enzimaticamente. Amilases pertencem à categoria de enzimas que catalisam as reações de hidrólise (hidrolases). Os fungos filamentosos têm sido usados há séculos como fontes de produção de enzimas, porque tem a capacidade de segregar estas proteínas naturalmente, que lhes conferem um grande potencial para ser explorado biotecnologicamente. Entre o fungo filamentoso *Aspergillus awamori* interesse industrial tem sido excelente. A amiloglicosidase ( $\alpha$ -1, 4-D-glucano glucohidrolase) é uma enzima extracelular que cliva as ligações de amido em glicose, o que é importante para os alimentos e bebidas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar para avaliar a produção de amiloglicosidase por *Aspergillus awamori* em cultivo submerso utilizando batata-doce e amido de mandioca como fonte de carbono.

**Palavras-chave:** Amiloglicosidase. *Aspergillus Awamori*. Produção. Caracterização e Enzimas.

### I. INTRODUÇÃO

Matérias-primas para obtenção de etanol

A energia para suprir todas as necessidades da população mundial depende principalmente de energia fóssil não renovável como o petróleo, gás natural e o carvão vegetal. Entretanto, o consumo de combustíveis fósseis gerou inúmeros problemas ambientais como aquecimento global, poluição do ar, chuva ácida, dentre outros (KHAW *et al.*, 2006).

Por outro lado, a busca de soluções para estes problemas ambientais aliados à alta do preço do petróleo induziu esforços globais para o desenvolvimento de fontes de energia renováveis como aquela oriunda da biomassa. Particularmente, o etanol produzido a partir da fermentação da biomassa como a celulose e o amido é a esperança de um combustível alternativo e ecologicamente correto (KHAW *et al.*, 2006).

No Brasil, um dos fatores que torna a produção de etanol por via fermentativa mais econômica é o grande número de matérias-primas naturais existentes. O país é rico em vegetais que acumulam amido e apresentam potencialidade como matérias-primas para extração de amido comercial, incrementando o setor agrícola e agregando valor às culturas de tuberosas amiláceas tropicais (LEONEL; GARCIA; REIS, 2004).

O Brasil é um dos maiores produtores de mandioca do mundo (*Manihot sculenta*). Cerca de 60% da mandioca que é produzida mundialmente é destinada ao consumo humano, 33% à alimentação animal e uma menor porcentagem (7%) é usada em processos industriais, tais como têxteis, papel e fermentação (LEONEL; JACKEY; CEREDA, 1998; PANDEY *et al.*, 2005).

Além da mandioca, a batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma das principais tuberosas produzidas no Brasil, embora seja também cultivada em mais 111 países, com melhor adaptação em regiões de clima tropical onde vive a maior proporção de populações pobres. Além de constituir fonte proteica para alimentação animal e humano é também importante na produção de amido e álcool (SILVA; LOPES; MIRANDA, Embrapa, 1995).

### Amido

O amido é um polissacarídeo abundante na natureza, encontrado em vegetais como o milho, mandioca, batata e trigo, caracterizando-se como uma rica fonte de carboidratos. Este polissacarídeo é constituído por longas cadeias de glicose ligadas entre si, retas e ramificadas (BEZERRA *et al.*, 2006).

O amido possui dois tipos de polímero de glicose, a amilose e amilopectina. O primeiro, de elevado peso molecular, consiste de longas cadeias de unidades de D-glicose unidas por ligação  $\alpha$ -1,4, de elevado peso molecular. Por sua vez, a amilopectina é um polímero formado por cadeias ramificadas por meio de ligações  $\alpha$ -1,6 (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

Os grãos de amido são estruturas semicristalinas formadas por macromoléculas lineares e arranjadas na direção radial, que formam pontes de hidrogênio, resultando no aparecimento de estruturas cristalinas. Esses grãos de amido podem ser classificados quanto à susceptibilidade enzimática, sendo em ordem decrescente: amido de milho ceroso, mandioca, sorgo ceroso, sorgo, milho, arroz, sagu, araruta e batata (SANTANA, 2007).

#### Enzimas amilolíticas

As enzimas amilolíticas responsáveis pela degradação do amido estão amplamente distribuídas na natureza. As  $\alpha$ -amilases (E.C. 3.2.1.1.) atuam aleatoriamente sobre o amido clivando ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 gerando pequenas cadeias de dextrose, denominadas dextrinas (AYER, 2005). Essas enzimas têm grande importância industrial, particularmente nas indústrias alimentícias, indústria têxtil e detergente, bem como na produção de etanol (IGARASHI *et al.*, 1998).

As  $\beta$ -amilases (E.C. 3.2.1.2) são exoenzimas que atuam sobre a amilose e amilopectina a partir de extremidades redutoras e sequencialmente hidrolisam toda a ligação  $\alpha$ -1,4 posterior. Como resultados são gerados dissacarídeos (maltose) e uma nova molécula de amido de baixo peso molecular (AYER, 2005).

A amiloglicosidase (E.C. 3.2.1.3.), também conhecida como amiloglicosidase e  $\gamma$ -amilase é uma enzima extracelular que rompe as ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 do amido a partir da extremidade não redutora até glicose. É uma enzima de indução, sendo importante a presença de maltose ou amido no meio para sua alta produção. Entretanto, como a enzima é chamada de indução não típica, o microrganismo a sintetiza, mesmo se crescer em glicose como fonte de carbono (LIN; CHYAU; HSU, 1998; SAUER *et al.*, 2000; PANDEY *et al.*, 2005).

Muitas espécies fúngicas são capazes de produzir amiloglicosidase sob diferentes condições de fermentação, contudo representantes dos gêneros *Aspergillus* e *Rhizopus* têm recebido atenção especial de importância industrial. O emprego desses microrganismos como fontes de amiloglicosidase nas indústrias de processamento de amido decorre da habilidade de formar menor quantidade de produtos de reversão que a hidrólise ácida, apresentam boa termoestabilidade, bem como produzem elevadas atividades próximas ao pH neutro (PARK; SANTI, 1977; NOROUZIAN, 2006).

#### Principais processos utilizados na produção de etanol

Os métodos reportados para a produção fermentativa de etanol a partir do amido incluem simultânea sacarificação e fermentação; o uso de enzimas amilolíticas de bactérias e fungos para sacarificação do amido, associada à fermentação por leveduras; adição de amiloglicosidase ao meio de fermentativo, esta última muito utilizada nas indústrias (ALTINAS *et al.*, 2002).

A produção de etanol a partir de materiais amiláceos por fermentação convencional requer a gelatinização do amido cru, liquefação (hidrólise) por  $\alpha$ -amilase e sacarificação à glicose pela amiloglicosidase. Todo esse processo preliminar é necessário, pois as leveduras utilizadas na fermentação alcoólica requerem enzimas amilolíticas. Alguns estudos relataram a simplificação do processo fermentativo pelo desenvolvimento de linhagens, por técnicas de engenharia genética, de *Saccharomyces* capazes de produzir enzimas amilolíticas (KHAW *et al.*, 2006).

Esse trabalho teve como objetivo produzir a enzima amiloglicosidase a partir de *Aspergillus awamori* geneticamente modificado por diferentes substratos.

## II. PROCEDIMENTOS

### 2.1. Microrganismo e manutenção

Para a realização deste estudo foi utilizada uma linhagem de *Aspergillus awamori* geneticamente modificado, cedida pelo Laboratório do Centro de Apoio Multidisciplinar da UFAM (Universidade Federal do Amazonas). O microrganismo foi mantido em meio ágar Czapeck, modificado (g/L): amido (30), NaNO<sub>3</sub> (3), K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (1), MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,5), KCl (0,5), FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,01) adicionado de cloranfenicol (10mg/mL).

### 2.2. Produção de amiloglicosidase por fermentação submersa

#### 2.2.1. Tratamento da matéria-prima

O amido de batata-doce utilizado nesse estudo foi produzido no Laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal do Amazonas. A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) foi cedida pelo banco de germoplasma da UFT (Universidade Federal de Tocantins).

As batatas foram lavadas, descascadas e fatiadas em ralador manual e o material resultante foi disposto em bandejas e submetido à desidratação em estufa com circulação e renovação de ar (TE-394/1) a 55 °C por 24 horas. A farinha foi obtida após moagem do material desidratado em multiprocessador (Wallita) e as partículas menores foram selecionadas em peneira de 20 Mesh.

#### 2.2.2. Preparo do meio de cultivo para fermentação submersa

Os meios de cultivo para produção de amiloglicosidase por *A. awamori* por fermentação submersa foram preparados em duplicata utilizando amido de mandioca ou de batata-doce, como fonte de carbono. Os componentes do meio de cultivo, Manachini modificado, são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Composição do meio de cultura para fermentação submersa

Componentes	Quantidades
E. L.	1,0g/L
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2,0g/L
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,5g/L
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,9g/L
Água destilada	1000ml (q.s.p)

### 2.2.3. Preparo da suspensão de esporos e inoculação

Uma suspensão de esporos de *A. awamori* foi preparada adicionando-se 10 mL de solução salina esterilizada (9g/L) ao meio de manutenção com o microrganismo cultivado com 10 dias. Os esporos foram desprendidos do micélio com auxílio de alça de platina e uma alíquota da suspensão foi retirada para quantificação de esporos em câmara de Neubauer. Em seguida foi inoculado nos meios de cultivo volume da suspensão necessária correspondente a  $10^6$  esporos/mL.

Os frascos foram incubados em shaker sob agitação constante de 150 rpm a 30 °C. Em intervalos regulares de 12 horas foram coletadas alíquotas de 2 mL, centrifugadas a 28 °C a 10.000 rpm e o sobrenadante separado para determinação das atividades de amiloglucosidase e açúcares redutores totais.

### 2.3. Hidrólise de material amiláceo.

Nesta etapa foram testadas diferentes concentrações e associações das enzimas  $\alpha$ -amilase (Novozymes) e amiloglucosidase (Novozymes) para a escolha da melhor condição de hidrólise a ser utilizada com o amido de batata-doce.

A hidrólise do material amiláceo foi realizada em 49 tubos de ensaio, aos quais foram acrescentados 1,0 g de amido de batata-doce em 10,0 mL de água destilada esterilizada. Quantidades variáveis (0, 10, 20, 40, 60, 80 e 100) de  $\alpha$ -amilase Termamyl 120L (Novozymes) foram adicionadas ao amido de batata nos tubos e incubados a 90°C (pH 6,5) por 20 minutos conforme instruções em rótulo do fabricante.

Em seguida quantidades também variáveis (0, 10, 20, 40, 60, 80 e 100  $\mu$ L/g) de amiloglucosidase AMG 300 L (Novozymes) foram adicionadas aos tubos e incubadas por 30min a 60°C (pH 5,0). A temperatura e o pH adotados na hidrólise enzimática foram determinados após análise dos parâmetros de reação, como atividade e estabilidade de cada enzima, fornecidos pelo fabricante das mesmas.

Após a hidrólise enzimática do amido de batata-doce as amostras foram submetidas à centrifugação para posterior quantificação de açúcares redutores totais referentes a cada concentração e associação enzimática, segundo metodologia de DNS (ácido dinitrosalicílico).

### 2.4. Recuperação da amiloglucosidase

Ao final de 96 horas de fermentação submersa o extrato bruto enzimático obtido a partir do meio formulado com amido de batata-doce foi separado da biomassa por centrifugação a 8.000 rpm por 12 minutos, seguida de filtração em bomba à vácuo.

### 2.5. Ensaio de concentração enzimática

O extrato bruto (300 mL) obtido da filtração (item 2.4.) foi concentrado até 33 mL utilizando-se rotaevaporador durante 1 hora e 30 min, a 45 °C a -730 mm/Hg.

### 2.6. Determinação da atividade de amiloglucosidase

A atividade da amiloglucosidase foi determinada, de acordo com a metodologia proposta por Carvalho (2006), cuja atividade amiloglucosidásica é proporcional à glicose liberada a partir de uma solução de amido a 1%. As determinações enzimáticas foram preparadas como demonstrado no esquema de micropipetagem (Tabela 2).

Tabela 2 - Esquema de micropipetagem para determinação da atividade de amiloglucosidase

Microtubos	Solução de amido (Merck) a 1% (p/v)	Extrato enzimático	Tampão acetato de sódio pH 4,5 – 50 mM
Meio amido de Mandioca	70 $\mu$ L	30 $\mu$ L	-
Meio amido de Batata-doce	70 $\mu$ L	30 $\mu$ L	-
Controle da Enzima	-	30 $\mu$ L	70 $\mu$ L
Controle do Substrato	70 $\mu$ L	-	30 $\mu$ L

As amostras foram incubadas em banho-maria a 60 °C por 30 minutos e em seguida a reação interrompida em banho fervente a 100 °C por 10 minutos.

A glicose liberada foi determinada pelo método de glicose oxidase (GOD) utilizando-se kit Glucose Liquicolor (Human do Brasil), no qual foram adicionados a cada microtubo 1000  $\mu$ L do reagente GOD e as amostras incubadas a 37 °C por 5 minutos. O volume foi completado com 910  $\mu$ L de água destilada esterilizada, homogeneizado e a absorvância determinada a 500 nm.

A glicose é determinada após oxidação enzimática na presença de glicose oxidase (GOD), resultando em ácido glucônico e peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio formado reage sob catálise da peroxidase com fenol e 4-aminofenazona originando a quinofeimina, um cromogênio vermelho-violeta, cuja absorvância medida a 500 nm é diretamente proporcional à concentração de glicose na amostra.

Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima necessária para hidrolisar 1  $\mu$ mol/min de produto.

### 2.7. Determinação da concentração de açúcares redutores totais

Para determinação de açúcares redutores totais foi utilizada a metodologia de DNS (ácido dinitrosalicílico), descrita por Miller (1959). Nesta, 300  $\mu$ L do reagente DNS foram adicionados a 100  $\mu$ L do extrato enzimático diluído e a mistura incubada a 100 °C por 5 minutos. A reação foi interrompida em banho de gelo e o volume foi completado com 1,5 mL de água destilada esterilizada. A quantidade de açúcares redutores totais foi determinada a 540 nm. Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima necessária para hidrolisar 1  $\mu$ mol/min de produto.

## 2.8. Hidrólise do amido utilizando extrato enzimático de *A. awamori*

A hidrólise do amido de mandioca por amiloglucosidase de *A. awamori* foi realizada conforme se segue: 32 g de amido de mandioca foi pesado e suspenso em 175 mL de água destilada esterilizada em frascos Erlenmeyer (500 mL). Não foi necessário ajustar o pH do meio de cultivo pois o mesmo já encontrava-se na faixa dentro do intervalo ideal para ação enzimática. Os ensaios foram realizados em duplicada e um controle.

A liquefação do amido foi realizada adicionando-se aos meios de cultivo 40 µL/g (1,28 µL) de α-amilase comercial (Novozymes) e a mistura-reação incubada a 90 °C por 1 hora. O pH dos meios foi ajustado para 4,5 e a sacarificação conduzida com a adição de 30 mL da amiloglucosidase concentrada produzida por *A. awamori*. A reação enzimática ocorreu a 60 °C por 1 hora e 1g/L de extrato de levedura foram adicionados aos meios de cultivo, seguindo-se a esterilização (0,5 atm/15 min). Ao término de cada etapa alíquotas de 2 mL foram retiradas para determinação da concentração de glicose e de açúcares redutores totais.

Segundo Thanarathan *et al* (1980) as diferenças na produção de amiloglucosidase parecem estar relacionadas à composição e estrutura molecular dos diferentes tipos de amidos, principalmente no conteúdo de amilose e amilopectina e no tamanho de suas cadeias. De acordo com Leonel e Cabello (2001) o amido de mandioca apresenta cerca de 17% de amilose e aproximadamente 83% de amilopectina. Para o amido de batata-doce o teor de amilose e amilopectina é de aproximadamente 19% e 80%, respectivamente.

O meio de cultivo que proporcionou a maior produção de amiloglucosidase foi o formulado com amido de batata-doce. Esses dados se assemelham aos encontrados por Pavezi, Gomes e Silva (2008) que trabalhando com amiloglucosidase de *A. awamori* e expressa em *Saccharomyces cerevisiae* por fermentação submersa verificaram que o melhor substrato para produção enzimática foi o amido de batata, com atividade enzimática de 8,3 U/mL em 120 horas de cultivo.

Por outro lado, Pacheco Chávez *et al* (2004) testando diferentes fontes de carbono para produção de amiloglucosidase por *Trichoderma sp.* verificaram que o amido de mandioca e de milho proporcionaram maiores atividades de amiloglucosidase quando comparada ao amido de batata, sorgo e maltose após 144 horas de cultivo.

A liberação de glicose (mg/mL) durante a produção enzimática é observada na figura 1.

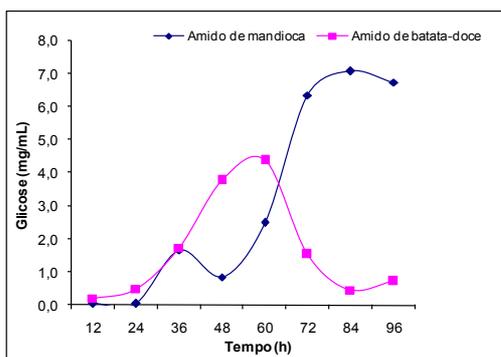


Figura 1. Concentração de glicose (mg/mL) nos meios de cultivo produzidos por *A. awamori* por fermentação submersa

A concentração de glicose no substrato a base de batata-doce foi mínima em 12 horas de cultivo (0,21 mg/mL) aumentando exponencialmente até atingir o máximo em 60 horas (4,39 mg/mL). Após esse período a concentração foi reduzindo até ao final da fermentação. Contudo, o mesmo padrão não foi verificado no meio de cultivo formulado com amido de mandioca, onde o pico de liberação de glicose ocorreu em 84 horas de cultivo (7,08 mg/mL) com redução gradual após 96 horas.

## 2.9. Recuperação da amiloglucosidase

Ao término da fermentação submersa o meio de cultivo formulado com amido de batata-doce foi submetido à centrifugação seguida de filtração em bomba a vácuo. Foram recuperados cerca de 30 mL de extrato bruto após concentração em rota-evaporador.

A atividade de amiloglucosidase e a concentração de glicose do extrato bruto após centrifugação e filtração foi de 7,19 U/mL de 0,41 mg/mL, respectivamente. Após a concentração do extrato bruto a atividade enzimática e a concentração de glicose analisadas apresentaram um aumento significativo para 59,19 U/mL e 2,0 mg/mL, respectivamente.

## 2.10. Hidrólise enzimática

O processo de hidrólise enzimática foi realizado em meio de cultivo formulado com amido de mandioca, pela adição de α-amilase comercial (Novozymes) e amiloglucosidase produzida por *A. awamori* por fermentação submersa. Os açúcares redutores totais (g/L), a concentração de glicose (mg/mL) presentes no hidrolisado de amido de mandioca, bem como a eficiência do processo de hidrólise, estão representados na tabela 3.

Tabela 3 - Açúcares redutores totais (g/L), glicose liberada (mg/mL) e eficiência de hidrólise (%) durante a hidrólise enzimática

Amd.	Amd. i (g/L)	A.R. total lib. (g/L)		Glic.lib. (mg/mL)		Efic.Hidr. (%)	
		α-amilase	AMG	α-amilase	AMG	α-amilase	AMG
Amd. Mandioca	160	120,131	145,706	66,652	92,5	67,573	81,960

Conforme demonstra a tabela 3 a concentração de açúcares redutores totais (ART) e glicose após a adição da α-amilase comercial (Novozymes) foi de 120,131 g/L e 66,562 mg/mL, respectivamente. Com a adição de amiloglucosidase de *A. awamori* a concentração de ART e glicose atingiu 145,706 e 92,5, respectivamente, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 20%.

Com relação à eficiência de hidrólise a α-amilase apresentou uma eficiência de 67,57% de eficiência, valor este menor quando comparado a amiloglucosidase, com 81,96% de eficiência de hidrólise.

## IV. CONCLUSÃO

*A. awamori* mostrou-se um microrganismo eficiente quanto à produção de amiloglucosidase a partir de amido de batata-doce e de mandioca.

A hidrólise do amido de mandioca proporcionou um aumento na eficiência de 82% a partir da adição da amiloglucosidase produzida por *A. awamori*.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altinas, M.M.; Ülgen, K.O.; Kirdar, B.; Önsan, Z.I.; Oliver, S.G. Improvement of ethanol production from starch by recombinant yeast through manipulation of environmental factors. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 31, p. 640-647, 2002.
- AYER, P.V. Amylases and their applications. **African Journal of Biotechnology**, v.4, n.13, p.1525-1529, 2005.
- BEZERRA, R.P., BORBA, F.K.S.L., MOREIRA, K.A., LIMA-FILHO, J.L., PORTO, A.L.F., CHAVES, A.C. (2006) Extraction of Amylase from Fermentation Broth in Poly (Ethylene Glycol) Salt Aqueous Two-Phase System. **Brazilian Archives of Biology Technology**, 49:547-555.
- CARVALHO, S.M.S. **Desenvolvimento de bioprocesso para produção de bioetanol em meio melaço-vinho empregando leveduras imobilizadas**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, 2006.
- EBRAHIMI, F.; KHANAHMADI, M.; ROODPEYMA, S.; TAHERZADEH, M.J. Ethanol production from bread residues. **Biomass and Bioenergy**, n.32, p. 333-337, 2008.
- IGARASHI, K., HATADA, Y., HAGIHARA, H., SAEKI, K., TAKAIWA, M.U.T., ARAI, K., OZAKI, K., KAWAI, S., KOBAYASHI, T., ITO, S. Enzymatic properties of a novel liquefying  $\alpha$ -amylase from an alkaliphilic *Bacillus* isolated and entire nucleotide and amino acid sequences. **Applied Environmental Microbiology**, v. 64, p. 3282-3289, 1998.
- JAMAI, L.;ETTAYEBI, K.; EL YAMANI, J.; ETTAYEBI, M. Production of ethanol from starch by free and immobilized *Candida tropicalis* in the presence of  $\alpha$ -mylase. **Bioresource technology**, n.98, p. 2765-2770, 2007.
- KHAW, T.S., KATAKURA, Y., KOHOH, J., KONDO, A., UEDA, M., SHIOYA, S. Evaluation of performance of different surface-engineered yeast strains for direct ethanol production from raw starch. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.70, p. 573-579, 2006.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. 2ed. Simões AA, Lodi WRN. São Paulo: Savier, p.570-585, 1995.
- LEONEL, M.; CABELLO, C. Hidrólise enzimática do farelo de mandioca: glicose e álcool. IN: CEREDA, M.P. (Coord.) **Culturas de tuberosas latino-americanas**. Série Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v.4, cap.22, Fundação CARGILL. p.280-291, 2001
- LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata-doce: um estudo de caso. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.3, p. 1998.
- LEONEL, M.; GARCIA, A.C.D.B.; REIS, M.M. Caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.7, n.2, p.129-137, 2004.
- LIN, L.L., CHYAU, C.C., HSU, W.H. Production and properties of a raw starch-degrading amylase from the thermophilic and alkalophilic *Bacillus* sp. TS-23. **Biotechnology Applied Biochemistry** v. 28, p. 61-68, 1998.
- MILLER, G.L. Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, n.3, p.426-428, 1959.
- NOROUZIAN, D.; AKBARZADEH, A.; SCHARER, J.M.; YOUNG, M.M. Fungal glucoamylase. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 80-85, 2006.
- PACHECO CHAVEZ, R.A.; CARVALHO, J.C.M.; CONVERTI, A.; PEREGO, P.; TAVARES, L.C.; SUNAO SATO. Production of  $\alpha$ -amilase and glucoamylase from different starches by a new *Trichoderma* sp. isolate. **Annals of Microbiology**, v.54, n.2, p. 169-180, 2004
- PANDEY, A., WEBB, C., SOCCOL, C.R., LARROCHE, C. **Enzyme Technology**. New Delhi: Asiatech Publishers, Inc., 760p, 2005.
- PARK, Y.K.; SANTI, M.S.S. Induction of high amyloglucosidase producing mutant from *Aspergillus awamori*. **Journal of Fermentation Technology**, v. 55, p. 193-195, 1977.
- PAVEZZI, F.C.; GOMES, E.; SILVA, R. Production and characterization of glucoamylase from fungus *Aspergillus awamori* expressed in yeast *Saccharomyces cerevisiae* using different carbon sources. **Brazilian Journal of Microbiology**, n.30, p.108-114, 2008.
- SANTANA, N.B. **Eficiência da hidrólise de amido de mandioca por diferentes fontes de enzimas e rendimento da fermentação alcoólica para produção de etanol**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2007.
- SAUER, J.; SIGURSKJOLD, B.W.; CHRISTENSEN, U.; FRANDSEN, T.P.; MIRGORODSKAYA, E.; MARRISON, M.; ROEPSTORFF, P.; SVENSSON, P. Glucoamylase: structure/function relationships and protein engineering. **Biochimia at Biophysica Acta**, v. 1543, 275-293, 2000.
- SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MIRANDA, J.E.C. Instruções técnicas do CNPHortaliças, Embrapa/ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 3ed, 18p., 1995.
- THANARATHAN, R.N.; PARAMAHANS, S.V.; WANKHEDE, D.B. Amylolytic susceptibility of native groundnut and ragi starch granules as viewed by scanning electron microscopy. **Starch/Stärke**, v. 32, p. 158-161, 1980.

## VI. COPYRIGHT

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



## PROPOSTA PARA SUBSTITUIÇÃO DE MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA POR MOTOR SÍNCRONO COM ÍMÃS PERMANENTES

PAULO HENRIQUE NICOLETTI<sup>1</sup>; MARCIO ABUD MARCELINO<sup>1,2</sup>; FRANCISCO JOSÉ GRANDINETTI<sup>1,2</sup>

1-UNITAU - UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ; 2- UNESP – GUARATINGUETÁ  
nicolph@uol.com.br; abud@feg.unesp.br

*Resumo - O trabalho teve como objetivo abordar e investigar, a viabilidade técnica e econômica da proposta de substituição de um Motor de Corrente Contínua, que está no fim de sua vida útil, por um Motor Síncrono com Ímãs Permanentes. O passo inicial fora a análise de dados referentes à manutenção preventiva do motor de corrente contínua comparado ao motor de indução trifásico e verificou-se que se teria um grande ganho. Foi observado que o mercado oferecia uma solução inovadora, que mudou a trajetória dos estudos. Esta solução é o WMAGNET da empresa WEG, que é um Motor Brushless de Corrente Alternada, com dimensões reduzidas para a mesma potência de um motor indução trifásico. As perdas por efeito Joule no rotor que praticamente são as maiores, neste motor são desprezíveis, pois o rotor é equipado internamente com ímã de Terras Raras, Neodímio Ferro Boro de alta energia, que desta forma minimizam também a temperatura no motor aumentando sua vida útil. Além disso, para aplicações onde se tem a necessidade de controle de torque com velocidades baixas é a melhor solução. Estas e outras qualidades fizeram a diferença na escolha deste motor para a aplicação, onde é necessário o controle de torque com a velocidade do motor próximo a zero. Neste trabalho se descreve todas as etapas do retrofiting, incluindo as comparações do sistema atual com as duas propostas.*

**Palavras-chave:** Brushless. Terras raras. Preventiva. Retrofitting e Motor elétrico.

### I. INTRODUÇÃO

O grande aumento no consumo de alumínio é a prova do que este metal significa na indústria moderna. É o mais importante dos metais não ferrosos e está entre os mais consumidos anualmente. A variedade de aplicações do alumínio está relacionada com suas características físico-químicas, com destaque para seu baixo peso específico, comparado a outros metais. Tais propriedades são as matérias-primas da indústria para diversificar seus produtos e criar soluções para outros mercados, como o setor automotivo e de construção civil (ABAL, 2009).

Caso a economia cresça a uma taxa média de 4,5% nos próximos anos, o consumo de alumínio tenderá a crescer a uma taxa média anual de 6,3% ao ano, de acordo com Departamento de Indústria de Base da Área de Insumos Básicos do BNDES (BNDES, 2011).

Tendo em vista este panorama, as empresas de extrusão de alumínio, para atender esta demanda devem buscar a otimização de seus métodos e processos, minimizando suas perdas, modernizando seus equipamentos, reduzindo os custos de manutenção e aumentando assim sua capacidade produtiva.

Estimulado por este cenário o presente trabalho trata de um conjunto de estudos, voltados para a área de engenharia elétrica e eletrônica com foco em acionamento de motores elétricos, tem como objetivo geral abordar e investigar a viabilidade técnica e econômica da proposta de substituição de Motor de Corrente Contínua (MCC) por Motor de Indução Trifásico (MIT). A questão é se o MIT pode ter o mesmo desempenho de velocidade e torque comparado a um MCC.

A evolução da eletrônica de potência e a microeletrônica, por meio de microprocessadores e microcontroladores, tem contribuído para o acionamento de máquinas CA, permitindo a implementação de funções complexas num tempo de resposta cada vez mais curto, assim pode-se afirmar que é possível os MIT, serem controlados com mesmo desempenho de torque e velocidade como nos MCC.

O estudo objetiva os motores utilizados na indústria de extrusão de alumínio, nos equipamentos conhecidos como PULLER. A substituição dos MCC por MIT é possível e leva à melhoria da qualidade do produto final, redução de custo de manutenção e aumento da confiabilidade do sistema, porém exige a substituição dos conversores CHOPPER por inversores.

Trata-se de uma abordagem quantitativa onde será realizada pesquisa exploratória, com a finalidade de esclarecer questões para desenvolvimento de hipóteses e sua confirmação. Foram feitos testes para coleta de informações e análise por método estatístico para testes de hipóteses.

### II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Historicamente os Motores de Corrente Contínua vem sendo utilizados para controle de inúmeras máquinas, onde se faz necessário o controle de velocidade associado ao controle de torque. A facilidade de controle possibilita o ajuste preciso de velocidade e torque em toda a faixa de operação, porém por possuir partes móveis, comutador, escovas, porta escovas, necessidade de ventilação forçada, suas aplicações se limitam. O motor de indução trifásico tem sido o motor preferido na indústria há muito tempo devido a sua robustez, simplicidade, associado ao baixo custo de instalação e manutenção, para aplicações com velocidades fixas esta é a melhor opção. Porém as aplicações que se fazem necessário o controle de velocidade e torque, este motor apresenta algumas desvantagens traduzidas em perdas elétricas, perdas estas por efeito Joule  $RI^2$  no rotor,

dificultando o controle em baixa velocidade devido ao aumento de temperatura na máquina nesta operação, a figura 1 descreve as perdas do MIT.

Tendo em vista este panorama dos motores tradicionais utilizados na indústria, buscou-se outra solução.

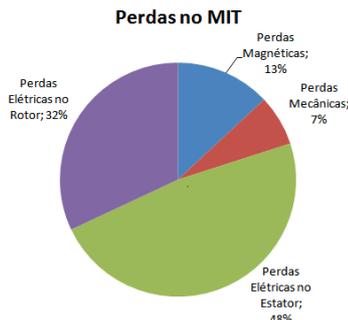


Figura 1- Perdas no MIT

De acordo com as tendências de mercado, o uso de motores síncronos de ímãs permanentes encontra-se em ampla expansão, também na indústria, pois o motor possui alto rendimento, baixo volume e peso, torque suave, baixo nível de vibração e ruído, ampla faixa de rotação com torque constante, com a evolução dos ímãs de Neodímio Ferro Boro (NdFeB) de elevada energia, isso tornou-se possível. Para motores elétricos de alto rendimento é de grande interesse que os ímãs permanentes apresentem uma elevada força coercitiva ( $H_c$ ) e elevada indução residual ( $B_r$ ). Um elevado  $H_c$  impede que o ímã seja facilmente desmagnetizado e um alto valor de  $B_r$  resulta em um fluxo magnético elevado.

A parte mais importante do ciclo do produto energia BH está no segundo quadrante, como apresentado na Figura 2, que representa a Curva Típica de Desmagnetização de um ímã.

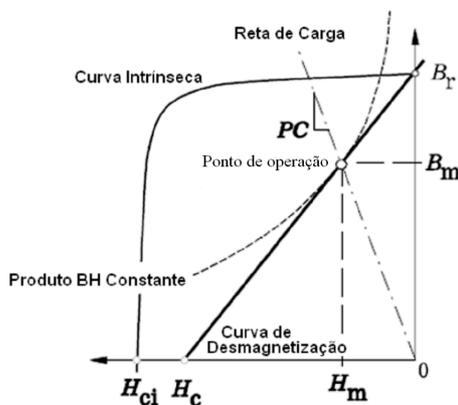


Figura 2 - Curva Típica de Desmagnetização de um ímã (Miller, 2002)

Onde  $H_{ci}$  Força Coercitiva Intrínseca indica o quanto o material resiste à desmagnetização, PC coeficiente de permeabilidade,  $B_m$  Indução remanescente efeito da ação de circuito externo,  $H_m$  Valor de H correspondente a indução remanescente  $B_m$ ,  $BH_{max}$  Produto energia máximo,  $T_c$  Temperatura Curie,  $T_{max}$  Temperatura máxima de trabalho. O ímã de Neodímio-Ferro-Boro (NdFeB) possui indução residual e força coercitiva elevada quando comparado ao ímã de ferrite (cerâmico), resultando em uma maior energia. Desta forma, motores projetados com NdFeB têm dimensões menores do que os motores com ímãs de Ferrite. Em contrapartida, os ímãs de Ferrite são consideravelmente mais baratos do que os de NdFeB. A tabela 1 apresenta os materiais e as principais características.

Uma das características dos ímãs de NdFeB é a redução da indução residual e da força coercitiva com o aumento da temperatura. Os ímãs de Ferrite e de NdFeB são mais influenciados pela temperatura do que os ímãs de Samário-Cobalto. No entanto, nos últimos anos, as propriedades dos ímãs, particularmente os de NdFeB têm sido continuamente aperfeiçoadas pelos fabricantes. Estes possuem indução residual ( $B_r$ ) cada vez mais elevada e resistem mais à desmagnetização e à temperatura. Com estas características surgem muitas aplicações como Motores Síncronos com Ímãs Permanentes internos ao rotor, alimentados por inversor de tensão com controle de frequência podem ser utilizados na indústria, onde a variação de velocidade com torque constante e suave, baixo nível de vibrações e ruído, confiabilidade, e alto rendimento são requeridos, são fundamentais como em compressores, elevadores, esteiras transportadoras, etc. Além disso, são atrativos para aplicações com espaço reduzido e necessidade de eliminação de redutores, pois os Motores Síncronos com Ímãs Permanentes internos ao rotor possuem tamanho e volume reduzidos e podem funcionar em uma ampla faixa de velocidades, sem a necessidade de ventilação forçada.

Tabela 1 - Comparação entre Ímãs (MMPA, 2000) (Corp., 2012)

Material	Comparação entre Ímãs Permanentes						Custo \$/kg
	Propriedades Magnéticas				Propriedades Térmicas		
	$BH_{max}$ (kJ/m <sup>3</sup> )	$B_r$ (T)	$H_c$ (kA/m)	$H_{ci}$ (kA/m)	$T_c$ °C	$T_{max}$ °C	
AlNiCo	31,0	1,05	62	64	860	525	\$65,00
Ferrite	27,8	0,385	235	245	450	200	\$4,50
SmCo	160	0,9	700	2390	750	300	\$60,00
NdFeB	320	1,28	950	1190	310	150	\$55,00

Os Motores Síncronos com Ímãs Permanentes internos ao rotor estão na categoria de motores *brushless* AC, são construídos para que a corrente de alimentação seja senoidal, a força eletromotriz ( $f_{cem}$ ) induzida seja senoidal, entreferro constante, a velocidade relacionada diretamente com a frequência, resulta em um torque suave e constante. A figura 3 apresenta a forma de onda da corrente de alimentação e  $f_{cem}$  no motor. Este motor não apresenta perdas no rotor por efeito Joule ( $RI^2$ ), desta forma não necessita de ventilação a dissipação é realizada por convecção natural, sua carcaça necessariamente é blindada para proteger os ímãs contra impurezas metálicas.

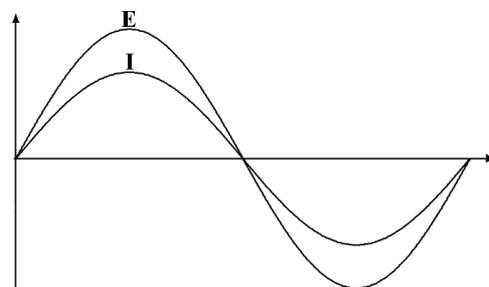


Figura 3 – Formas de onda da  $f_{cem}$  e da corrente de alimentação (WEG, 2011)

Os motores *brushless* AC são apresentados de duas formas, com ímãs superficiais e ímãs internos ao rotor; motor com ímãs superficiais apresentado na figura 4a, também é conhecido como motor de polos lisos, pois as indutâncias síncronas no eixo direto ( $L_d$ ) e indutâncias síncronas no eixo em quadratura ( $L_q$ ) são praticamente

iguais e constantes. Esta configuração apresenta uma limitada capacidade de operar em velocidades acima da nominal, com potência constante, devido à baixa indutância devido ao grande entreferro, conforme apresentado na figura 5. O motor de ímãs internos ou polos salientes está apresentado na figura 4b. Devido à geometria do rotor, apresentam descontinuidade no entreferro ao longo da periferia do núcleo do rotor. Neste caso, existem as chamadas regiões interpolares, onde o entreferro é muito grande, tornando visível a saliência dos polos. Este tende a produzir indutâncias  $L_d$  e  $L_q$  diferentes. As regiões interpolares produzem torque de relutância que, somado ao torque eletromagnético devido à distribuição de fluxo do rotor, produz um maior torque resultante. Os motores de ímãs internos são capazes de funcionar em uma grande faixa de velocidades acima da nominal, com potência constante, conforme apresentado na figura 6. Outra vantagem do motor com ímãs internos sobre os ímãs superficiais é que: ímãs inseridos no interior do rotor, o que permite que o ímã fique protegido contra a força centrífuga (WEG, 2006) e (WEG, 2011).

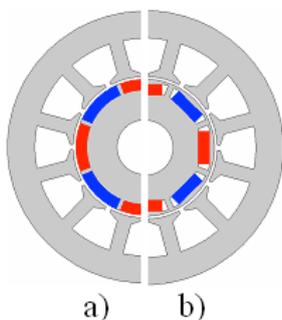


Figura 4 – a) Ímãs superficiais, b) Ímãs internos (WEG, 2011)

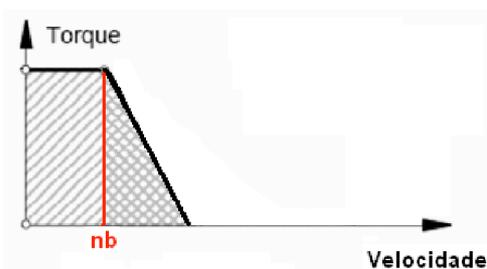


Figura 5 – Curva de torque x velocidade do motor com ímãs superficiais. (WEG, 2011)

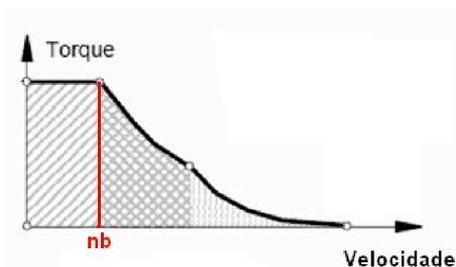


Figura 6 – Curva de torque x velocidade do motor com ímãs internos (WEG, 2011)

Os motores Wmagnet com ímãs de NdFeB quase não possuem perdas Joules ( $RI^2$ ) no rotor, ao contrário dos motores de indução com gaiola de esquilo convencional. Como as perdas Joule são uma parcela significativa das perdas totais nos motores de indução, conforme apresentado na figura 1, retirando a gaiola de esquilo e substituindo-a por ímãs, o Wmagnet assegura um rendimento muito maior

do que os encontrados nos motores das linhas Standard e Alto Rendimento Plus, conforme Figura 7 (WEG, 2011).

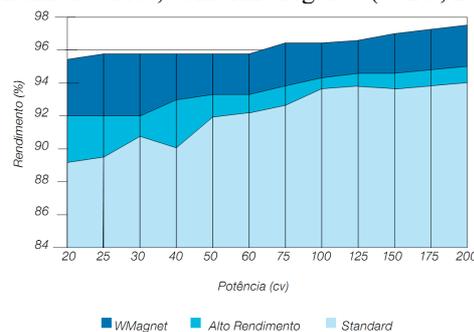


Figura 7 – Gráfico comparativo de rendimento dos motores Wmagnet, Alto Rendimento Plus e Standard (WEG, 2011)

Os ímãs no rotor garantem uma grande redução nas perdas elétricas e conseqüentemente asseguram uma menor elevação da temperatura do motor. Devido a estas vantagens, o volume e peso do Wmagnet comparado a um motor de indução de mesma potência é menor e o tempo de vida é significativamente aumentado. A figura 8 apresenta a pequena diferença de temperatura para uma rotação dez vezes maior. Aliado a esta pequena diferença de temperatura, está o sistema de lubrificação do rolamento que possibilita a relubrificação sem a parada do motor, aumentando a vida útil do rolamento para valores superiores a 95000h de trabalho.

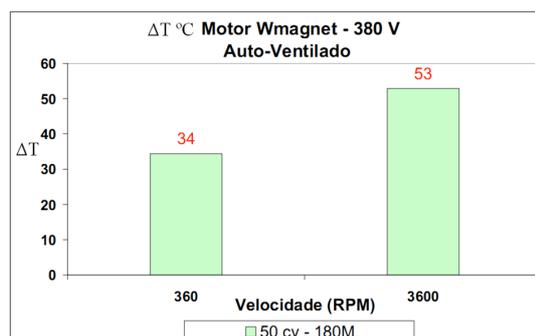


Figura 8 – ΔT em °C para faixa de rotação 10:1 (WEG, 2011)

Comparado a um motor de indução equivalente, o volume do Wmagnet é reduzido em aproximadamente 47%, resultando em uma alta relação de torque/volume e uma redução de 36% no peso. Para uma mesma relação de torque/potência, diminuindo-se o tamanho da carcaça, o sistema de resfriamento também é reduzido. Desta forma, é verificado um significativo decréscimo no nível médio da pressão sonora de 75 dB(A) para 72 dB(A) devido ao ventilador acoplado ao eixo do motor.

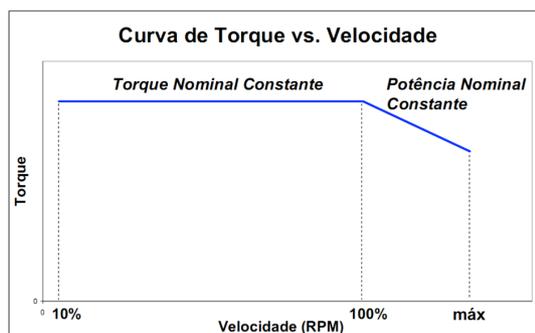


Figura 9 – Curva de torque x velocidade (WEG, 2011)

Outra grande vantagem do Wmagnet é que este pode operar com torque constante em uma ampla faixa de velocidade, conforme mostrado na figura 9.

Motores síncronos com Ímã permanentes internos fornecem uma excelente densidade de potência, uma alta eficiência energética e um alto torque. Nos últimos anos, o preço dos ímãs de terras-raras diminuiu significativamente. Por esta razão as máquinas com ímãs permanentes estão disponíveis para potências de até 300 kW. A principal desvantagem de máquinas com ímãs permanentes é o sensor de posição, que é vulnerável ao ruído eletromagnético, a ambientes hostis e possuem um limite de temperatura de trabalho. Para motores com ímãs permanentes de potencia nominal de 10 kW o custo de um sensor de posição do rotor está em torno de 10% do custo de fabricação do motor, por exemplo, para aplicações na indústria automobilística, com o elevado número de unidades produzidas a eliminação do sensor de posição é desejável. Assim, com a eliminação dos sensores eletromecânicos reduz os custos de hardware, reduz a complexidade da instalação do sistema (por causa da cablagem associada), diminui a inércia do sistema, aumenta a robustez e a confiabilidade e obviamente reduz a sensibilidade de ruído do acionamento elétrico. Nos últimos anos, grandes esforços têm sido feito no campo de controle de velocidade e posição de motores, drives controlando sem sensores. Estes drives são chamados de "sensorless" (Benjak & Gerling, 2010).

O torque eletromagnético em um motor síncrono de ímãs permanentes internos possui dois componentes principais, conforme apresentado na figura 13. O maior componente é o torque de alinhamento, que é proporcional ao fluxo concatenado produzido nos enrolamentos do estator pelos ímãs do rotor e com o vetor componente da corrente do estator que se encontra em quadratura com o fluxo magnético. Esta componente de corrente, só produz torque e não contribui para a magnetização do circuito magnético do motor. O segundo componente é devido há variação da relutância no rotor, ou seja, um componente adicional de torque é desenvolvido. Por meio de controle eletrônico, o ângulo de torque, o ângulo entre o fasor fluxo magnético e o fasor corrente, pode ser otimizado e ajustado de modo a aumentar o torque de saída para uma dada magnitude. No exemplo da figura 10, o ângulo do torque máximo é de aproximadamente 115 graus (Ionel, 2008).

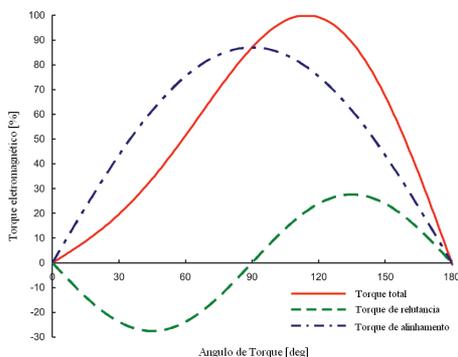


Figura 10 – Curva de torque eletromagnético (Ionel, 2008).

A principal técnica de controle, para motores síncronos com ímãs permanentes internos (IPMSM), é o controle com campo orientado (Controlador PI Síncrono), onde se é possível saber exatamente a posição angular do rotor em função das correntes de eixo direto  $I_d$  e a corrente de eixo

em quadratura  $I_q$ . O Controlador PI Síncrono é recomendado para os acionamentos de máquinas trifásicas onde não se tem o emprego dos sensores de posição e velocidade do rotor. Neste sistema, os componentes síncronos das correntes do estator  $I_d$  e  $I_q$  são grandezas DC e, dessa forma, os reguladores PI reduzem os erros da componente fundamental à zero. O controlador de corrente PI síncrono de comparação de rampa tornou-se um produto comercial e está presente na maioria dos acionamentos de motores trifásicos com orientação de campo.

A fácil sintonização, a estabilidade com a variação de parâmetros do motor, o idealmente erro de rastreamento nulo em regime estacionário e baixa complexidade de implementação fazem, deste controlador, a melhor opção, permitindo um bom equilíbrio entre desempenho e complexidade. A figura 11 mostra o controlador síncrono com dois controladores PI, um para o componente direto e outro para o componente em quadratura do sistema de referência síncrono.

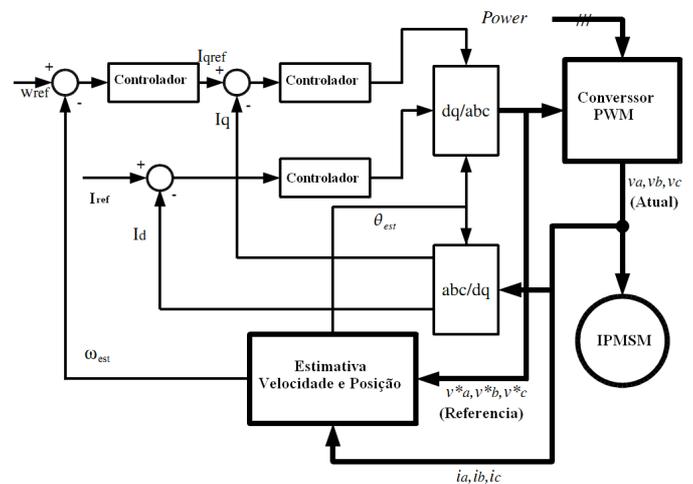


Figura 11 – diagrama de controle do motor Brushless AC com ímãs internos

No caso do controlador de corrente alimentar uma máquina de indução, as funções de transferência em coordenadas d-q permitem observar a influência e o grau de acoplamento entre as componentes de eixo direto  $I_d$  e em quadratura  $I_q$ . As variáveis,  $I_d$  e  $I_q$ , quando a malha externa é o controle vetorial, estão associadas diretamente às magnitudes de fluxo e conjugado respectivamente, permitindo a realização de uma análise do sistema com maior profundidade (Altuna, 2002) (Benjak & Gerling, 2010).

Aliado às técnicas mencionadas o inversor CFW11, possui um software especial desenvolvido pela fabricante WEG, no qual é necessário para acionar o Wmagnet, permitindo o controle de torque em velocidade muito baixa, quase nula e, também em altas rotações. Para isto utiliza-se do método de controle vetorial sensorless, que possui um avançado algoritmo que estima a posição e velocidade e elimina o sensor de posição, reduzindo o custo do acionamento.

### III. PROCEDIMENTO PARA O RETROFITTING

Em busca de solução para a otimização de seus processos para atender a demanda crescente do mercado do alumínio, faz se necessário à modernização de seus

equipamentos. Tendo em vista esta afirmação verificou-se a necessidade de efetuar um *retrofitting* no acionamento de um equipamento chamado de *puller* que está em operação contínua há mais de 15 anos na empresa Exall Alumínio S/A, O acionamento era realizado por um motor CC, cujos dados estão na tabela 2.

Tabela 2 – Dados do MCC e taco gerador

Dados do motor		Dados do taco gerador	
Modelo	MGL112 M	Modelo	2R 60
Fabricante	CEAR	Fabricante	DEBU
P	18,4kW	Nº Serie	6002068
Ua	400V	U <sub>min</sub> <sup>-1</sup>	0,06V
Uf	220V	n <sub>max</sub>	10000min <sup>-1</sup>
Ia	52A	I <sub>max</sub>	0,25A
If	2,3A	IP	55
n	2555 rpm	Sentido	Reversível
Momento de Inércia J	0,047 kgm <sup>2</sup>		
Regime de trabalho	S1		
Torque	69Nm		

Considerando a periodicidade da manutenção preventiva de acordo com a recomendação do fabricante, que recomenda a substituição dos rolamentos, por fim da vida útil do lubrificante, ajustado a periodicidade para 12 meses, para uma rotação do motor a 2555 rpm e rolamentos 6306-ZZ e 6308-ZZ respectivamente conforme tabela 3.

Tabela 3 – Vida útil da graxa lubrificante para os diversos rolamentos (WEG, 2012)

ROLAMENTOS DAS CARCAÇAS 90 ATÉ 132 - MÁQUINAS ABERTAS						
VIDA ÚTIL DA GRAXA DE LUBRIFICAÇÃO EM HORAS						
Rolamento	ROTAÇÃO (rpm)					
	1.000	1.200	1.500	1.800	2.400	3.000
EIXO NA HORIZONTAL						
6205-2RS	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	17.000
6305-2RS	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	17.000
6306-2RS	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	15.000
6307-2RS	20.000	20.000	20.000	20.000	18.000	13.500
6308-2RS	20.000	20.000	20.000	20.000	16.000	12.000

Seguindo a periodicidade, as devidas manutenções preventivas foram realizadas na máquina. Os custos de manutenção preventiva durante o período do ano 2000 até 2011, última manutenção preventiva, estão apresentados na figura 12.

Os valores acumulados em manutenção preventiva no motor CC atingem cifras enormes, em contra partida, se fosse um MIT, a previsão é que os valores seriam da ordem de  $\frac{1}{5}$  durante o período medido, perfazendo uma diferença significativa. Observando esta diferença verificou que se poderia investir em uma nova tecnologia de controle, em que o retorno do investimento é garantido.

Valores Acumulados de Manutenção Preventiva MCC x MIT x WMagnet

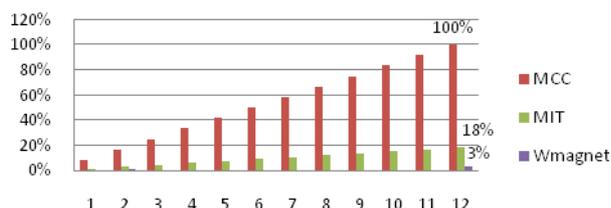


Figura 12 – Valores acumulados de manutenção preventiva MCC x MIT x WMagnet

Durante as análises verificou-se que o motor deve trabalhar com baixa velocidade e torque elevado e efetuou-se algumas medições em campo com a máquina CC, usado um equipamento Analisador de Grandezas Elétricas. O resultado foi chegou-se a curva de torque da máquina em operação apresentado na figura 16. Observou-se que o ponto crítico é a região de maior potência e velocidade chegando próximo a valores nominais do motor.

Variação do torque Nm

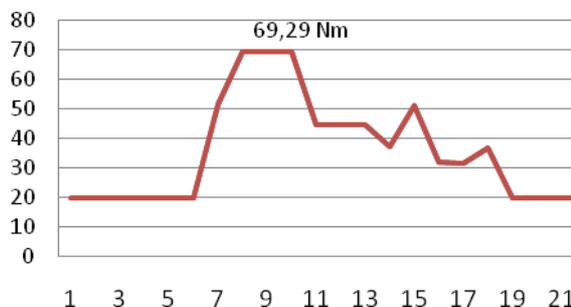


Figura 13 – Medição de torque em um ciclo de operação

A relação do movimento entre as polias do sistema, apresentado na figura 17, foi calculada através da expressão (1) onde  $n_1, n_2$  e  $n_3$  são as rotações angulares das polias. Para o motor com velocidade nominal  $n_1 = 2555rpm$ , obteve-se  $n_2 = 487,7rpm$ , os valores de  $D_1, D_2, D_3, D_4$  e  $D_5$  são os valores dos diâmetros das polias em metros. Através da expressão (2) obteve-se a velocidade na máquina de  $v = 444m/min$ . A força tangencial na polia do motor,  $F_t = 1329N$ , através da expressão (3) e força disponível no sistema,  $F = 6065N$ , através da expressão (4). De acordo com o fabricante da máquina a mesma solicita uma força de 1400N para se movimentar e a carga solicita uma força variável de 0–2000N e diz-se que há um torque extra disponível no sistema, o valores usados foram os nominais para testar os valores fornecidos pelo motor.

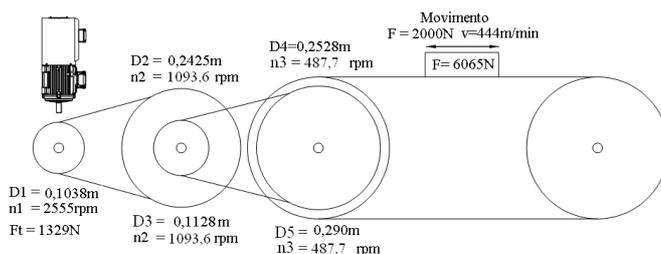


Figura 14 – Relação da transmissão do movimento

$$n_3 = n_1 * \frac{D_1}{D_2} * \frac{D_3}{D_4} \quad (1)$$

$$v = \pi * D_5 * n_3 \quad (2)$$

$$F_t = \frac{2 * T}{D_1} \quad (3)$$

$$F = F_t * \frac{D_2}{D_1} * \frac{D_4}{D_3} * \frac{D_4}{D_5} \quad (4)$$

Para identificar o melhor motor para a aplicação, verificou-se que a tecnologia de motores Síncronos com Imãs Permanentes Internos oferece um ganho maior em relação aos MIT, e a tabela 4 apresenta uma comparação entre os motores de indução trifásicos e os motores com imã permanentes internos.

Verificou-se que para mesma potência e mesmo torque o motor síncrono com imãs internos possui seu tamanho

reduzido em uma carcaça. Por exemplo, para uma potência de 25cv, fornece um torque de 49,1Nm, o MIT oferece a carcaça 160 já o Wmagnet carcaça 132. Isto se tornou um grande atrativo para a aplicação.

Tabela 4 – Comparativo de motores de torque x carcaça 2 polos 3600rpm (WEG, 2011)

Potência (cv)	Torque (Nm)	Carcaça	
		Motor Indução	WMagnet
20	39,8	160M	132s
25	49,1	160M	132S
30	58,4	160L	132M
40	79,6	200M	160L
50	98,1	200L	180M
60	119	225S/M	200M
75	145	225S/M	200L
100	198	250S/M	225S/M

Outra vantagem deste motor é que não há perdas por efeito Joule no rotor, devido aos imãs instalados em seu interior e desta forma, esta máquina dispensa uso de ventilação e, em consequência a redução do ruído, fornecendo para a carga uma potência maior, uma vez que as perdas por efeito Joule são representativas nas máquinas elétricas. Também devido aos imãs internos tem-se um ganho adicional em rendimento de 92,8% para os 94,6% para a mesma potência conforme apresentado na tabela 5. Tendo em vista estas vantagens o motor Síncrono com Imãs Permanentes Internos o Wmagnet do fornecedor WEG, foi o usado para a *retrofitting* objetivo deste trabalho e, de acordo com a potência e rotação solicitada verificou-se no catálogo, conforme tabela 5, que a máquina indicada para a aplicação seria o motor de 25cv, 380V, 4 polos, carcaça 132M, torque 98,1Nm e rendimento de 94,6%. Comparou-se os dados dos cálculos, e este motor apresenta melhor desempenho em relação ao anterior. Para acionamento do motor, o fabricante recomenda o uso do Inversor CFW11, que possui algoritmos para controle de motor com imãs permanentes internos, corrente nominal de 38A, tensão de saída de 380V, alimentação de 440V, entradas e saídas de controle compatíveis com controle existente.

Tabela 5 – Características elétricas do motor de 4polos Wmagnet (WEG, 2011)

Potência		Carcaça	Torque [Nm]	Corrente nominal em 380V [A]	Rendimento [%]	Nível médio de pressão sonora [dB(A)]	Peso do motor aprox. [kg]
cv	kW						
15	11	132S	58,4	19,2	94,1	61	58
20	15	132M	79,6	28,5	94,6	61	63
25	18,5	132M	98,1	32,7	94,6	61	74
30	22	160L	117	37,5	94,7	69	144
40	30	180M	159	50,2	95,2	68	202
50	37	180L	196	62,2	95,2	68	219

#### IV. CONCLUSÃO

Este trabalho realizou o estudo de viabilização para a substituição do motor de corrente contínua por motor síncrono com imãs permanentes. Verificou-se que, pelo fato de não possuir perdas por efeito Joule no rotor, o motor como um todo trabalha com temperatura reduzida, minimizando a fadiga da parte ativa, também aumentando a

vida útil dos mancais e lubrificantes neles contidos. Outra vantagem é que estes motores possuem pontos para relubrificação, possibilitando a substituição do lubrificante sem a parada do equipamento e, desta forma, aumentando o tempo entre as paradas de manutenção preventiva. Com esta combinação o intervalo de manutenção preventiva é de 95000 horas, ou seja, 10 anos, que é um número expressivo mesmo para quem trabalha no seguimento. Associado ao motor, o inversor vetorial sensorless, reduz as conexões mecânicas dos sensores de posição, minimizando assim as falhas mecânicas, tornando-o um motor seguro e confiável para as aplicações onde se necessita de torque e velocidade variável. Verificou-se a redução para 3% do custo de manutenção preventiva nos motores síncronos com imãs permanentes internos, contra 18% do motor de indução trifásico, comparados ao motor de corrente contínua.

Com os cálculos efetuados para a certificação pode-se afirmar que o motor ideal para a substituição do motor de corrente contínua é o motor síncrono com imãs permanente internos ao rotor, que além de atender as solicitações técnicas, têm o atrativo do custo, que garante o retorno do investimento.

Este estudo permitiu que casos equivalentes, em que se pretende utilizar um motor de indução trifásico em substituição a um motor de corrente contínua, também considerem outra alternativa, com dados reais e procedimentos confirmados.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. *Alumínio para uma vida melhor* 2009. [www.abal.org.br/servicos/biblioteca/alu\\_vida\\_melhor](http://www.abal.org.br/servicos/biblioteca/alu_vida_melhor) acesso em 15 de 07 de 2012).
- Altuna, José Alberto Torrico. *ANÁLISE DINÂMICA DE CONTROLADORES DE CORRENTE PARA MÁQUINAS DE INDUÇÃO TRIFÁSICAS ALIMENTADAS POR INVERSOR PWM*. Tese (doutorado). Campinas, São Paulo, 2002.
- Benjak, O., e D. Gerling. *Review of Position Estimation Methods for IPMSM Drives Without a Position Sensor Part I: Nonadaptive Methods*. XIX International Conference on Electrical Machines - ICEM 2010, Rome, 2010: 1-2.
- BNDES. *BNDES. A indústria do alumínio: estrutura e tendências*. 2011. [www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/.../set3302.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/.../set3302.pdf) (acesso em 15 de 07 de 2012).
- Corp., Arnold Magnetic Technologies. *Arnold Magnetic Technologies*. 2012. <http://www.arnoldmagnetics.com/> (acesso em 27 de 09 de 2012).
- Ionel, Dan M. *Brushless Interior Permanent Magnet (IPM) Motors – A New Solution for High Performance Appliances*. A. O. Smith Corporate Technology Center. 2008. [www.aosmith.com](http://www.aosmith.com) (acesso em 5 de 10 de 2012).
- Miller, T. J. E. “SPPED’s Electric Motors.” In: *An outline of some of the theory in the SPEED software for electric machine design*, por T. J. E. Miller, 1.30 - 1.35. Glasgow, 2002.
- MMPA. *STANDARD SPECIFICATIONS FOR PERMANENT MAGNET MATERIALS*. Standard

*Specification for Permanent Magnet Materials*. 2000. [http://www.magnetsim.com/mmpa\\_standards.php?menu\\_id=30](http://www.magnetsim.com/mmpa_standards.php?menu_id=30) (acesso em 27 de 09 de 2012).

WEG. **Manual Geral de Instalação, Operação e Manutenção de Motores Elétricos**. 2012. <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEGhttp://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-iom-general-manual-of-electric-motors-manual-general-de-iom-de-motores-electricos-manual-geral-de-iom-de-motores-electricos-50033244-manual-english.pdf> (acesso em 08 de 2012).

—. **Motor de Ímãs Permanentes e Inversor de Frequência**. 09 de 2011. <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motor-de-imas-permanentes-e-inversor-de-frequencia-artigo-tecnico-portugues-br.pdf> (acesso em 07 de 2012).

—. **WEG DT-5. Características e Especificações de Geradores**. 2006. <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet> (acesso em 17 de 10 de 2012).

—. **WMagnet Drive System. WEG Equipamentos Elétricos S.A.** 2011. <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-wmagnet-drive-system-sistema-de-acionamento-com-motor-de-imas-permanentes-50015189-catalogo-portugues-br.pdf> (acesso em 08 de 2012).

## VI. COPYRIGHT

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

## VII. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o financiamento parcial do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.



## BISCOITOS PRODUZIDOS COM RESÍDUO DA PUPUNHA (*BACTRIS GASIPAES KUNTH*): AVALIAÇÕES FÍSICO- QUÍMICAS E SENSORIAL

MARGARETE DE SÁ SOARES<sup>1</sup>, ELIZABETH BATISTA GOMES<sup>1</sup>, JAIME PAIVA LOPES AGUIAR<sup>1</sup>,  
LUCIA KIYOKO OZAKI YUYAMA<sup>1</sup>, FRANCISCA DAS CHAGAS DO AMARAL SOUZA<sup>1</sup>.

1 - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA / INPA . TEL.: (92) 3643-3286.

francisca.souza@inpa.gov.br

**Resumo** - Este trabalho teve como objetivo avaliar o aproveitamento da farinha da casca da pupunha (FCP) na produção de biscoitos tipo cookies. Foram produzidos biscoitos com substituição parcial da farinha de trigo por FCP na proporção de 5, 10 e 15%, e biscoitos Padrão sem FBV. Os biscoitos foram avaliados quanto à composição química, aceitabilidade por meio de testes sensoriais afetivos. O teste de aceitação dos biscoitos indicou não haver diferença significativa entre as diferentes formulações e o padrão. A composição química dos biscoitos não diferiu significativamente em relação ao teor de umidade e lipídios totais. As maiores diferenças foram verificadas entre os teores de amido, açúcares redutores totais e sais minerais. Assim, por elevar o valor nutricional do produto sem alterar significativamente suas propriedades físicas e características sensoriais, a utilização da farinha da casca da pupunha como substituto parcial da farinha de trigo é viável e pode ser recomendada no preparo de alimentos alternativos enriquecidos em relação aos alimentos tradicionais.

**Palavras-chave:** Farinha da Casca da Pupunha. Biscoito. Análise Sensorial. Composição Química.

### I. INTRODUÇÃO

Vários estudos tem revelado que um terço dos alimentos produzidos no mundo todo é desperdiçado, ou seja, um terço da produção mundial é jogado no lixo ou se perde pelo caminho e o pior de tudo é que essa quantidade de alimentos desperdiçados poderia erradicar completamente a fome do mundo. O Brasil é o quarto produtor mundial de alimentos produzindo 25,7% a mais do que necessita para alimentar a sua população (FAO). De toda esta riqueza, grande parte é desperdiçada. De acordo com o caderno temático “A nutrição e o consumo consciente” do Instituto Akatu (2003), aproximadamente 64% do que se planta no Brasil é perdido ao longo da cadeia produtiva: 20% na colheita; 8% no transporte e armazenamento; 15% na indústria de processamento; 1% no varejo; 20% no processamento culinário e hábitos alimentares. Baseado em tanto desperdício tem sido feito inúmeros estudos utilizando resíduos do processamento de alimentos visando à redução do impacto ambiental e o desenvolvimento de tecnologias que agreguem valores nutricionais aos produtos com o intuito de combater as carências nutricionais. (KOBORI e JORGE, 2005; LAUFENBERG et al., 2003; PELIZER et al., 2007). Os chamados alimentos funcionais que a cada dia que passa vem ganhando espaço perante a população e entre inúmeras definições sobre alimentos funcionais pode-se dizer que é

todos alimentos ou bebidas que, consumidos na alimentação cotidiana, podem trazer benefícios fisiológicos específicos, graças à presença de ingredientes fisiologicamente saudáveis (CÂNDIDO e CAMPOS, 2005). A região amazônica conhecida por sua vasta diversidade em frutos é riquíssimos em valor nutricionais que são aproveitados em toda a sua plenitude e, dentre estes frutos, encontra-se a pupunha (*Bactris gasipaes kunth*). Entre diversas pesquisas realizadas em diversos frutos da Amazônia revelam que a pupunha é um dos frutos que se destacam por sua riqueza em carboidratos, proteínas, gorduras, fibras. E nas indústrias de alimentos têm buscado identificar e atender os anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo, outra forma de agregar valor ao produto é farinha de pupunha e sua utilização em produtos de panificação.

No que se refere aos hábitos alimentares, à baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais é uma constante em nossa população em função do baixo consumo de vegetais frescos. Na tentativa de se elevar o consumo desses nutrientes, várias alternativas têm sido propostas, dentre elas a produção de novos itens alimentícios que possam ter um valor nutricional superior ao alimento original, mas que sejam, ao mesmo tempo, acessíveis às classes economicamente menos favorecidas. Uma alternativa para este problema é o emprego de novos ingredientes que possam atuar elevando o valor nutricional de alimentos tradicionais (VORAGEN, 1998) A idéia de se produzirem farinhas compostas para uso em panificação e confeitaria não é nova (EL-DASH, et al., 1994). A viabilidade técnica e econômica do uso de farinhas mistas em alimentos também já foi amplamente demonstrada e empregada na indústria (TSEN, 1976). No Brasil têm surgido alguns programas de produção de alimentos formulados nos quais se procura substituir, ou reduzir, a proteína de origem animal da dieta, por proteínas de origem vegetal, uma vez que estas apresentam custos mais reduzidos. Os derivados protéicos da soja e do milho têm sido muito usados na suplementação ou em substituição parcial da farinha de trigo, para a obtenção de produtos como pão, biscoito e macarrão. Os biscoitos tipo cookies apresentam grande consumo, longa vida de prateleira e boa aceitação, sobretudo entre as crianças (TSEN, 1976), e têm sido formulados com a intenção de torná-los fortificados com, ou de torná-los fontes, de fibras ou proteínas, devido ao grande apelo existente nos dias atuais para a melhoria da qualidade da dieta (JAMES, et al., 1989.). Partindo deste princípio, este

trabalho teve por objetivo desenvolver um produto com elevado valor nutritivo e de custo acessível às famílias menos favorecidas economicamente, à base de farinha da casca da pupunha; além disso, determinar a composição química e física desse produto e avaliar sua aceitação junto aos potenciais consumidores, com auxílio de testes sensoriais.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

Os frutos de pupunha, procedentes do Município de Rio Preto da Eva-Amazonas, foram transportados em sacos de polietileno até o Laboratório de Alimentos e Nutrição da Coordenação de Pesquisa em Ciências da Saúde do INPA, onde foram processados. Para o processamento dos frutos de pupunha realizaram-se as seguintes operações unitárias: seleção dos frutos, eliminando os que apresentavam grau de maturação avançado; lavagem em água corrente e imersão em solução de hipoclorito de sódio a 400 ppm por 30 minutos; enxágue em água corrente potável; drenagem do excesso de água; cozimento e descascamento manual, com auxílio de faca de aço inoxidável; remoção do mesocarpo; distribuição da casca em bandejas para desidratação em estufa com circulação de ar forçada à temperatura de 60 °C durante 72 horas; resfriamento em temperatura ambiente e moagem em processador doméstico até a obtenção de um pó que foi tamisado em malha com 1,5 mm de diâmetro (padronização do diâmetro dos grânulos), embalados em plástico transparente de polietileno conforme fluxograma apresentado na Figura 1.

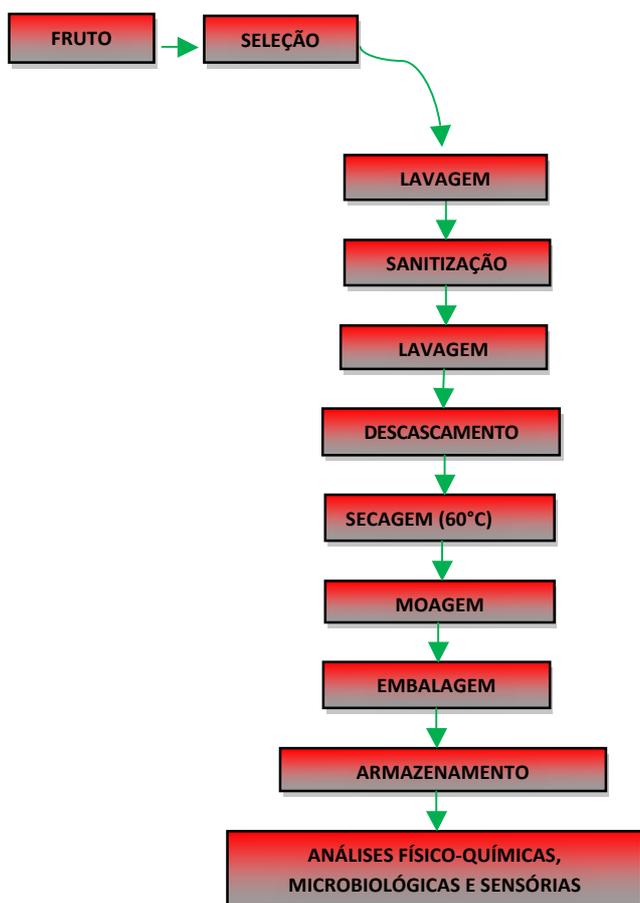


Figura 1 – Fluxograma do processamento e obtenção da farinha da casca da pupunha

### 2.2 Métodos

#### Formulação dos biscoitos tipo cookies

Misturas compostas de farinha de trigo e 5,10 e 15% de farinha da casca da pupunha (FCP) foram utilizadas para produção dos biscoitos. Os biscoitos assim elaborados serão denominados: Tipo I, Tipo II e Tipo III, respectivamente. Uma formulação básica para controle foi elaborada sem a FCP e será denominado Padrão. Todas as formulações foram desenvolvidas por modificações do método 10-50D, descrito pela AACC, conforme apresentado na Tabela 1. Todos os produtos utilizados na formulação dos biscoitos foram obtidos no comércio de Maringá, sendo todos rotineiramente utilizados em culinária.

Tabela 1 - Teor dos ingredientes que compõem os biscoitos, para as três variações de teores de farinha da casca da pupunha investigados. Dados expressos em %

Teor de farinha de resíduo de Pupunha	5%	10%	15%
<b>Ingredientes</b>			
Farinha de trigo	47,71	47,71	42,71
Farinha de resíduo de pupunha	5	10	15
Ovo	27	27	25
Açúcar	18,74	15,74	15,74
Sal	0,05	0,03	0,05
Fermento	0,91	0,49	0,91

A quantidade de água adicionada à massa foi calculada a partir da umidade e das massas de farinha de trigo e de casca da pupunha em cada mistura, conforme Tabela da AACCI, método 10-50D. A massa foi processada em batedeira doméstica. Inicialmente a margarina, o açúcar, o sal e o fermento químico em pó foram misturados a baixa velocidade por 3 minutos. Em seguida, foi adicionado o volume correspondente de água destilada e a massa foi misturada em velocidade baixa por 1 minuto e em velocidade média por 1 minuto. Após a adição de toda a farinha, a massa foi misturada em velocidade baixa por mais 2 minutos. Em seguida a massa foi dividida em pequenas porções que, por sua vez, foram estendidas com rolo de madeira e os biscoitos moldados com auxílio de forma circular. Os biscoitos foram assados a 200 °C por 15 minutos. Logo após a saída do forno, os biscoitos foram resfriados à temperatura ambiente e acondicionados em sacos plásticos. A análise sensorial dos biscoitos foi iniciada no décimo duas horas após a elaboração dos biscoitos, em função da disponibilidade dos avaliadores, e foi finalizada em dois dias.

#### Caracterização Físico-química e sensorial

Os biscoitos foram caracterizados quanto ao teor de umidade, proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos, de acordo com os métodos da AOAC (1998). O valor energético, com base nos valores de lipídios, proteínas e carboidratos fornecem 9, 4 e 4 kcal.g<sup>-1</sup>, respectivamente (BRASIL, 2003). Foram determinados ainda: o pH em potenciômetro digital Micronal modelo B474 de acordo com a metodologia preconizada pelo IAL (1985). A aceitação

dos biscoitos formulados com os diferentes percentuais de substituição de FBV foi avaliada por meio de um teste afetivo laboratorial, utilizando provadores não treinados que foram selecionados de forma aleatória. O teste de aceitação foi realizado com trinta crianças (entre onze e quatorze anos) e com trinta universitários (> dezessete anos), de ambos os sexos. Os avaliadores informaram o quanto gostaram ou desgostaram de cada formulação preparada, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos que variava de gostei muitíssimo (pontuação máxima) a desgostei muitíssimo (pontuação mínima).

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, esquematizado em parcelas subdivididas, e a comparação das médias foi realizada por meio de Teste de Tukey a 5% de significância.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os biscoitos elaborados com farinha do resíduo da pupunha



Figura 2 - Biscoitos elaborados com farinha do resíduo da pupunha

#### Formulação do biscoito tipo cookie

As proporções testadas foram 5, 10 e 15 % na qual a escolhida pelos provedores foi a formulação com percentual de 15 % de Farinha do resíduo da pupunha misturada com a farinha de trigo, a massa do cookie apresentaram uma ótima características organolépticas porem as proporções de 5 e 10% também apresentaram uma aceitação.

#### Análises físico-químicas

Os resultados das análises químicas dos biscoitos elaborados com resíduo oriundo do processamento da casca da pupunha misturada com a farinha de trigo e de outros trabalhos com resíduos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características físico-químicas da farinha de resíduo da pupunha e das farinhas de resíduo da goiaba e maracujá (dados expressos em % exceto pH)

Análise	Resíduo Pupunha	Resíduo Goiaba (ABUD, 2009)	Resíduo Maracujá (ABUD, 2009)
Umidade	3,07	8,65	8,85
Cinzas	2,71	2,32	4,41
Proteínas	11,53	0,58	0,41
Lipídios	14,38	16,25	19,05
pH	5,6	4,88	4,21

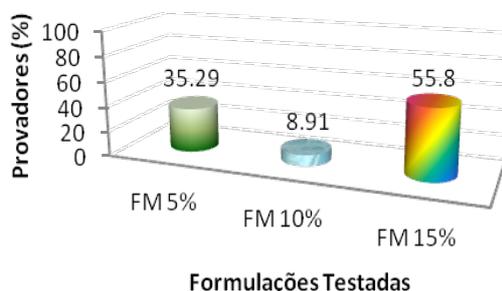
Podemos observar na tabela que o teor de umidade do biscoito ficou dentro do padrão estipulado pela Comissão Nacional de Normas e Padrões de Alimentos (1978), no qual especifica que o valor máximo é 14% (1978). Em relação ao resíduo das cinzas, obteve-se o valor de 2,71%. Este resultado ficou dentro dos parâmetros dos biscoitos apresentadas pela CNNPA – ANVISA (BRASIL, 1978) que determina no máximo 3,0%.

Em relação aos teores de lipídios houve diferença significativa entre as três amostras dos biscoitos porem valem ressaltar que as sementes da goiaba e do maracujá contribuíram para esse aumento.

#### Análise Sensorial

O estudo mostrou que 55,8% dos avaliadores preferiram os cookies com percentual de 15% de farinha do resíduo da pupunha e 35,29% referiram como melhor aceitação a amostra de concentração de 5% e 8,91% a amostra com 10%, como mostra o (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Avaliação sensorial da aceitação do cookie



A aceitabilidade pela escala hedônica (Gráfico 2) demonstrou que a somatória de provadores satisfeitos com o sabor atingiu 70% para os cookies com 10 e 15% indicando que será um produto promissor para o mercado. Isto corrobora com as pesquisas de PHILIPPI (2006), quando afirmou que o teor de óleo dos alimentos proporciona melhor palatabilidade dos mesmos. Confere também a

crocância, bem como a sensação de redução no teor de gordura utilizada (GUTKOSKI, 2000).

Gráfico 2 - Avaliação da aceitabilidade pela escala

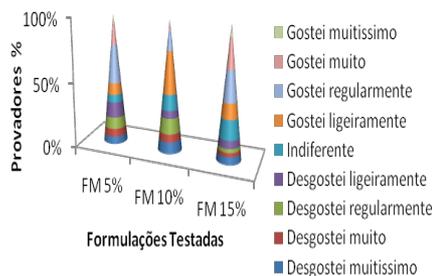
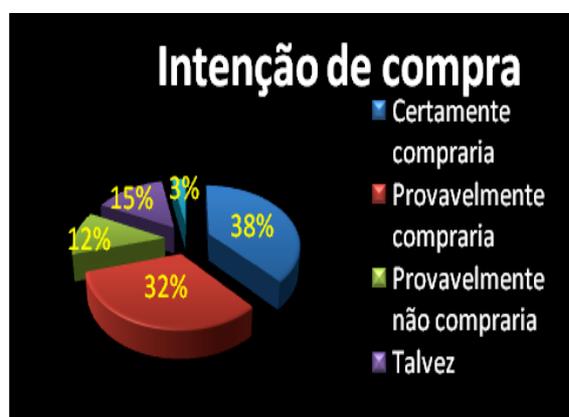


Gráfico 3 - Avaliação do cookie com a intenção de compra



#### IV. CONCLUSÃO

A análise dos resultados permite concluir que a metodologia utilizada para a produção de biscoitos tipo cookies substituídos parcialmente por farinha da casca de pupunha, em escala laboratorial, foi adequada para a avaliação do uso final da farinha da casca da pupunha. Além do que, a boa aceitação dos biscoitos por consumidores de faixas etárias diferentes, corrobora o objetivo central deste trabalho que foi o de se produzir um alimento de maior valor nutricional que pudesse ser apreciado pelo maior número de consumidores. Portanto, em função dos bons resultados obtidos no projeto, acredita-se ser possível a substituição parcial da farinha de trigo por esta matéria-prima na formulação aqui apresentada, sem que haja perdas da qualidade sensorial do produto. Além do fato do produto ter um teor de umidade baixo faz com que ele tenha um tempo de prateleira maior, podendo ser armazenado mais facilmente e assim ser utilizado em lugares que não tenham uma boa estrutura para estoque de alimentos, como, por exemplo, em cidades ribeirinhas no interior do estado.

#### V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão de recursos financeiros à realização desse trabalho.

#### VI. REFERÊNCIAS

AACC. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9 ed. Saint Paul: AACC, 1995.1 v. (paginação irregular).

ABUD, A. K. S. e NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde Secretária de Vigilância Sanitária. Aprova normas técnicas especiais do estado de São Paulo, relativa a alimentos e bebidas. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos-CNNPA n. 12, D.O.U. de 24 de julho de 1978. Seção 1, pt.1.

CANDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais. Uma revisão. Boletim da SBCTA. v.29, n.2, p.193-203. 2005.

EL-DASH, A.; CABRAL, L. C.; GERMANI, R. Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. In: EMBRAPA. Coleção Tecnologia de Farinhas Mistas. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v. 3, 1994.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. Aveia composição química valor nutricional e processamento. São Paulo: Livraria Varela, 2000.192 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físicos e químicos de análises de alimentos. 3. ed. São Paulo, v.1, 1985.

INSTITUTO AKATU. A nutrição e o consumo consciente. Caderno Temático 2004.

JAMES, C.; COURTNEY, D. L. D.; LORENZ, K. Rice bran-soy blends as protein supplements in cookies. Int. J. Food Sci. Technol., v. 24, n. 5, p. 495-502, 1989.

KOBORI, C.N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.9, n.5, p.1008-1014, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n5/a14v29n5.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2009.

LAUFENBERG G.; KUNZ B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added, products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementations. Bioresource Technology, v. 87, p.167-198, 2003.

Pelizer, L. H.; Pontieri, M. H.; Moraes, I. O.Ututilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. Journal of Technology Management and Innovation, v. 02, n. 01, 2007.

PHILIPPI, S. T. Nutrição e Técnica Dietética. Barueri: Manole, 2006. p. 56-66.

TSEN, C. C. Regular and protein fortified cookies from composite flours. Cereal Foods World, v. 21, n. 12, p. 634-637, 1976.

VORAGEN, A. G. J. Technological aspects of functional foodrelated carbohydrates. Trends in Food Science & Techlogy, v. 9, n. 8, p. 328-335, 199

#### VII. COPYRIGHT

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



## ESCOLARIZAÇÃO INDÍGENA TUPINAMBÁ: UMA ANÁLISE DA PRÁTICA DOCENTE NA COMUNIDADE ITAPOÃ DE OLIVENÇA, ILHÉUS – BAHIA

MARCELLA GOMEZ PEREIRA<sup>1</sup>; MARIA DE FÁTIMA S.S OLIVEIRA<sup>1</sup>; CHRISTIANA CABICIERI PROFICE<sup>1</sup>; EMERSON ANTÔNIO ROCHA<sup>1</sup>;  
1- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
pereira.gomez@hotmail.com

**Resumo** - *Ao longo do processo de escolarização, as populações indígenas têm enfrentado diversos tipos de impactos que se inter-relacionam como os ambientais, os sociais, os culturais e os econômicos. Este artigo tem como objetivo analisar o discurso dos professores da Escola Estadual Tupinambá, núcleo Itapoã, verificando quais as estratégias utilizadas para a construção do currículo escolar, o qual deve ser diferenciado, a fim de atender as particularidades da etnia Tupinambá. Nesse contexto, pôde ser observada a necessidade de Políticas Públicas mais bem elaboradas, que priorizem os direitos constitucionais desses cidadãos, e de uma equipe pedagógica apropriada que compreenda as necessidades locais, para que com isso sejam capazes de formar cidadão críticos e questionadores, aptos a continuar o trabalho de revitalização cultural.*

**Palavras-chave:** *Escarlarização Indígena. Tupinambás. Cidadania.*

### I. INTRODUÇÃO

Os primeiros povos a habitar o Brasil tinham seus próprios costumes e leis, que regiam o comportamento de cada um em sua comunidade. Cada comunidade indígena tinha um comportamento próprio, além de regras e tradições que os caracterizavam. Contudo, com a colonização, muitos grupos indígenas sofreram influência do colonizador explorador, que aos poucos se apossou das terras indígenas, destruindo assim o modo de vida original, e implantando uma outra forma de organização baseada na exploração e no lucro (SIEGEL, 2010).

A fim de manter os indígenas sobre total subserviência, os colonizadores implantaram nas comunidades unidades educacionais (escolas indígenas), fundadas pelas missões jesuíticas e enviadas ao Brasil durante o governo de Dom João III (CARVALHO, SANTOS e LOPES, 2008). Essas por sua vez, tinham como principal objetivo doutrinar os nativos, ou seja, objetivavam aniquilar a cultura indígena e incorporar à sua mão de obra a sociedade nacional (PEREIRA, ARAUJO e VARELA, 2010).

Os indígenas viram-se sujeitos a negar sua ancestralidade, suas vivências culturais, sua linguagem, tradições e obrigados a seguir padrões e regras impostos pelos missionários da Companhia de Jesus. Foram obrigados a seguir o que lhes era imposto, caso contrário, eram punidos com castigos físicos, os quais, muitas vezes levavam o indivíduo ao óbito.

Ao longo do processo de escolarização, as populações indígenas têm enfrentado diversos tipos de impactos que se

inter-relacionam; como os ambientais, os sociais, os culturais e os econômicos (TOLEDO *et al.*, 2006). Graças a estratégias próprias, os povos indígenas sustentaram sua alteridade, uma delas foi propriamente a ação pedagógica. Em outros termos, o processo de educação desses povos continua, mais é uma educação que permite que o modo de ser e a cultura venham a se reproduzir nas novas gerações indígenas (MELIÁ, 1999).

Conjunto de povos indígenas que habita o extremo Sul Nordeste, os Tupinambás atualmente passam por um período de invisibilidade política, cultural e histórica (MESSEDER & FERREIRA, 2010). Contudo, depositam suas esperanças em uma melhora na qualidade de vida a partir da escolarização de seus jovens. Atualmente, a escolarização indígena caracteriza-se por processos tradicionais de aprendizagem e aquisição de saberes peculiares de cada etnia (GONÇALVES & MELLO, 2010).

Durante os anos do século XX, passando pelos do século XXI, os índios Tupinambás do Sul da Bahia passam por um período de turbulência política quanto ao processo de retomada de terras; histórica, com a necessidade de afirmarem-se como indígenas e culturais; com a certeza que têm o direito a revitalização da cultura. Mas em meio a tantas dificuldades, eles não deixaram de acreditar e reivindicar por sua liberdade de expressar-se culturalmente, e de desenvolver habilidades, atitudes e competências relevantes sobre o tema revitalização cultural.

Protagonistas de inúmeras revoltas, como a “Revolta do Caboclo Marcelino” e “O Massacre do Cururupe”, os índios Tupinambás de Olivença transmitem sua história as novas gerações, e junto com ações pedagógicas que envolvem o ensino de cantos tradicionais e rituais sagrados, visam criar um elo entre cada novo indivíduo e a natureza e através destas promover a revitalização da sua cultura e tradições.

Utilizando-se desses elementos culturais e ainda tão representativos, os professores indígenas tentam estabelecer uma relação entre as ações pedagógicas da chamada escola regular, com as atividades, festividades e demais aspectos da cultura Tupinambá, para que com isso o currículo escolar esteja de comum acordo com as necessidades desses discentes, que atualmente tentam conviver com uma cultura “branca” sem a necessidade de expurgar novamente seus costumes, tradições e crenças de suas vidas.

Partindo da necessidade de se ter um currículo diferenciado, que aborde as peculiaridades da etnia, interculturalidade e a multidisciplinaridade, é que os

professores da Escola Estadual Tupinambá de Olivença núcleo Itapoã, esforçam-se cada vez mais para que seus discentes tenham uma escolarização diferenciada. Por isso, este artigo tem como principal objetivo observar a construção desse currículo diferenciado, as estratégias que estão sendo utilizadas, qual a participação dos professores, alunos e comunidade durante esse processo, e como isso auxiliam na revitalização cultural junto aos discentes.

#### *Bases Legais da Educação Indígena*

A Educação Indígena está prevista na lei desde 1973, a partir da Lei nº 6.001 de 9 de Dezembro. Este documento dispõe sobre o Estatuto do Índio. No Título V- “Educação, Cultura e Saúde”, os artigos 47 a 52 asseguram:

**Artigo 47** – É assegurado o respeito ao patrimônio cultural das comunidades indígenas, seus valores artísticos e meios de expressão.

**Artigo 48** – Estende-se a população indígena, com as necessárias adaptações, o sistema de ensino em vigor no País.

**Artigo 49** – A alfabetização do grupo far-se-á na língua do grupo a que pertença, e em português, salvaguardando o uso da primeira.

**Artigo 50** – A educação do índio será orientada para a integração na comunhão nacional mediante processo de gradativa compreensão dos problemas gerais e valores da sociedade nacional, bem como do aproveitamento das suas aptidões.

**Artigo 51** – A assistência aos menores, para fins educacionais, será prestada, quando possível, sem afastá-los do convívio familiar.

**Artigo 52** – Será proporcionada ao índio a formação profissional adequada, de acordo com o seu grau de aculturação.

Em 1988 a Constituição da República Federativa do Brasil entra em vigor, e com isso os direitos dos índios ficam mais evidentes. No título VIII – “Da Ordem Social”, Capítulo III – “Da Educação, da Cultura e do Desporto”, seção I – “da Educação”, o artigo 210 assegura que:

*“Serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais.”*

O parágrafo segundo deste artigo refere-se ao Ensino Fundamental:

*“O Ensino Fundamental regular será ministrado na língua portuguesa, assegurada às comunidades indígenas também a utilização de suas línguas maternas e processos próprios de aprendizagem.”*

Na Seção II da Constituição Federal – “da Cultura”, no artigo 215:

*“O Estado garantirá a todos o pleno exercício dos direitos culturais e acesso às fontes da cultura nacional, e apoiará e incentivará a valorização e a difusão das manifestações culturais.”*

O artigo primeiro da Seção II assegura que:

*“O Estado protegerá as manifestações das culturas populares, indígenas e afro-brasileiras, e das de outros grupos do processo civilizatório nacional.”*

Em 20 de Dezembro de 1996, é assinada a Lei nº 9.394, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). No capítulo II – Da Educação Básica, Seção III –

Do Ensino Fundamental” deste documento, o artigo 3º inciso 3º define que:

*“O ensino fundamental regular será ministrado em língua portuguesa, assegurada às comunidades indígenas e utilização de suas línguas maternas e processos próprios de aprendizagem.”*

No Título VIII – “Das Disposições Gerais”, da LDB, os artigos 78 e 79 mencionam a necessidade de uma educação diferenciada que respeite aspectos culturais e étnicos de cada povo.

**Artigo 78** – O sistema de Ensino da União, com a colaboração das agências federais de fomento à cultura e de assistência aos índios, desenvolverá programas integrados de ensino e pesquisa, para oferta de Educação escolar bilingue e intercultural aos povos indígenas, com os seguintes objetivos:

- I – Proporcionar aos índios, suas comunidades e povos, a recuperação de suas memórias históricas; a reafirmação de suas identidades étnicas; a valorização de suas línguas maternas;
- II – Garantir aos índios, suas comunidades e povos, o acesso às informações, conhecimentos técnicos e científicos da sociedade nacional e demais sociedades indígenas e não-indígenas.

**Artigo 79** – A União apoiará técnicas e financeiramente os sistemas de ensino no provimento da educação intercultural às comunidades indígenas, desenvolvendo programas integrados de ensino e pesquisa.

O inciso 1º do artigo 79 diz que: os programas serão planejados com audiências das comunidades indígenas. Enquanto no inciso 2º, que os programas do referido artigo, incluídos no Plano Nacional de Educação, terão como objetivos:

- fortalecer as práticas socioculturais e a língua materna de cada comunidade indígena;
- manter programas de formação de pessoal especializado, destinado à comunidade indígena;
- desenvolver currículos e programas específicos, neles incluindo os conteúdos culturais correspondentes às respectivas comunidades;
- elaborar e publicar material didático específico e diferenciado.

Após a LDB, o documento de maior relevância que trata da educação indígena, levando em consideração o fato desta ter que ser diferenciada, multicultural, bilíngüe e intercultural, é o Plano Nacional de Educação, sancionado pela Lei 10.172 de 9 de Janeiro de 2001. Esse documento traz o diagnóstico de como era o processo de educação indígena e como esse processo esta mudando. Sobre isso, o documento traz que:

*“No Brasil, desde o século XVI, a oferta de programas de educação escolar às comunidades indígenas esteve pautada pela catequização, civilização e integração forçada dos índios à sociedade nacional.”*

*“Só em anos recentes esse quadro começou a mudar. Grupos organizados da sociedade civil passaram a trabalhar junto com comunidades indígenas, buscando alternativas à submissão desses grupos, como a garantia de seus territórios e formas menos violentas de relacionamento e convivência entre essas populações e outros*

segmentos da sociedade nacional. A escola entre grupos indígenas ganhou, então, um novo significado e um novo sentido, como meio para assegurar o acesso a conhecimentos gerais sem precisar negar as especificidades culturais e a identidade daqueles grupos.”

O mesmo documento trata sobre as Diretrizes que alicerçam o direito a educação diferenciada, assim como a necessidade de profissionais capacitados para trabalhar com programas específicos. Podemos citar:

“A proposta de uma escola indígena diferenciada, de qualidade, representa uma grande novidade no sistema educacional do País e exigem das instituições e órgãos responsáveis a definição de novas dinâmicas, concepções e mecanismos, tanto para que estas escolas sejam de fato incorporadas e beneficiadas por sua inclusão no sistema oficial, quanto para que sejam respeitadas em suas particularidades.”

“A formação que se contempla deve capacitar os professores para a elaboração de currículos e programas específicos para as escolas indígenas; o ensino bilíngue, no que se refere à metodologia e ensino de segundas línguas e ao estabelecimento e uso de um sistema ortográfico das línguas maternas; a condução de pesquisas de caráter antropológico visando à sistematização e incorporação dos conhecimentos e saberes tradicionais das sociedades indígenas e à elaboração de materiais didático-pedagógicos, bilíngües ou não, para uso nas escolas instaladas em suas comunidades.”

Por fim, a Lei 10.172 relata os Objetivos e Metas a serem alcançados, entre eles:

3. Universalizar, em dez anos, a oferta às comunidades indígenas de programas educacionais equivalentes às quatro primeiras séries do ensino fundamental, respeitando seus modos de vida, suas visões de mundo e as situações sociolinguísticas específicas por elas vivenciadas.

4. Ampliar, gradativamente, a oferta de ensino de 5ª a 8ª série à população indígena, quer na própria escola indígena, quer integrando os alunos em classes comuns nas escolas próximas, ao mesmo tempo em que se lhes ofereça o atendimento adicional necessário para sua adaptação, a fim de garantir o acesso ao ensino fundamental pleno.

5. Fortalecer e garantir a consolidação, o aperfeiçoamento e o reconhecimento de experiências de construção de uma educação diferenciada e de qualidade atualmente em curso em áreas indígenas.

8. Assegurar a autonomia das escolas indígenas, tanto no que se refere ao projeto pedagógico quanto ao uso de recursos financeiros públicos para a manutenção do cotidiano escolar, garantindo a plena participação de cada comunidade indígena nas decisões relativas ao funcionamento da escola.

13. Criar, tanto no Ministério da Educação como nos órgãos estaduais de educação, programas voltados à produção e publicação de materiais didáticos e pedagógicos específicos para os grupos indígenas, incluindo livros, vídeos, dicionários e outros, elaborados por professores indígenas juntamente com os seus alunos e assessores.

16. Estabelecer e assegurar a qualidade de programas contínuos de formação sistemática no que diz respeito aos

conhecimentos relativos aos processos escolares de ensino-aprendizagem, à alfabetização, à construção coletiva de conhecimentos na escola e à valorização do patrimônio cultural da população atendida.

21. Promover a correta e ampla informação da população brasileira em geral, sobre as sociedades e culturas indígenas, como meio de combater o desconhecimento, a intolerância e o preconceito em relação a essas populações.

## II. PROCESSOS METODOLÓGICOS

### *Área de Estudo*

Localizada em Olivença, distrito de Ilhéus, a trinta e dois metros acima do nível do mar, a comunidade indígena Itapoã caracteriza-se por estar inserida numa região de fragmentos de Mata Atlântica com transição para Restinga e um clima marcado por temperaturas em torno dos 25° C. A coleta de dados foi realizada na comunidade indígena Tupinambá de Olivença, localizada entre os meridianos S 15° 00. 93' E W 039° 00. 88'.

A região que compreende a aldeia Itapoã abriga cerca de oitenta (80) famílias, aproximadamente trezentos e sessenta (360) moradores, entre crianças, jovens e adultos. Cada família disponibiliza de uma residência de pau a pique e sapê, dispostas lado a lado ao longo de toda a aldeia. Há energia elétrica. Mas falta água encanada, rede de esgoto e coleta de lixo.

No centro da aldeia fica uma grande oca comunitária, local de conversas informais sobre as atividades diárias da comunidade, de reuniões da liderança e área de lazer para os mais jovens.

O acesso a aldeia ocorre através do transporte particular, que possibilita a chegada até os portões da comunidade. O transporte público também chega, mas em horários determinados, sendo o primeiro pela manhã, outro pela tarde e outro apenas a noite. Contudo, há disponibilidade de transporte público que passa pelo asfalto, as margens da BA 001, este por sua vez não chega até o destino final, sendo necessária uma caminhada de aproximadamente quinze minutos até a aldeia, inclusive passando por um grande declive.

Durante os meses da pesquisa, o acesso a comunidade foi através de transporte particular e na maioria das vezes pelo transporte público que passa pela BA 001, exigindo assim uma caminhada de quinze minutos, aproximadamente, pela principal via de acesso, um ramal asfaltado, mas em condições precárias.

### *Público Alvo*

Foram entrevistados três professores da Escola Estadual Tupinambá de Olivença, núcleo Itapoã, que atuam na educação do Ensino Fundamental, Médio e na Educação de Jovens e Adultos (EJA). Esses professores têm entre dezenove (19) e trinta (30) anos de idade e de um a nove anos de experiência profissional no campo da educação indígena.

Alguns possuem formação acadêmica em áreas específicas da Licenciatura, enquanto outros possuem graduação em Magistério Indígena, que permite a atuação deles como docentes em escolas indígenas, sendo preferencialmente encaminhados a atuar na comunidade em que reside.

### *Delineamento da pesquisa*

Inicialmente procurou-se estabelecer uma aproximação com a comunidade, fazendo observações gerais, conhecendo a comunidade e a escola, realizando entrevistas livres e informais com professores e alguns moradores. Durante a primeira visita foi apresentado o projeto e a metodologia a ser trabalhada. O estudo foi realizado entre os meses de agosto a novembro de 2010, e teve como objetivo realizar o levantamento básico e descritivo de informações que permitiram analisar como, através da elaboração de um currículo escolar diferenciado, os professores indígenas conseguem promover revitalização cultural junto aos jovens.

A pesquisa foi dividida em duas etapas qualitativamente distintas. A primeira fase ocorreu durante o primeiro mês onde foram feitas visitas de reconhecimento da área e da população, para conhecimento histórico-cultural da comunidade e aproximação com os professores através de entrevistas informais.

A segunda fase teve o objetivo de trabalhar diretamente com os professores, utilizando-se para isto entrevistas semi-estruturadas (ALEXIADES, 1996; COTTON, 1998), contendo questões flexíveis para obtenção das informações a respeito de como o currículo é elaborado e quais os recursos utilizados no resgate cultural, assim como acerca da transmissão oral de conhecimento. As questões abordaram tópicos como: quem participa da elaboração do currículo, se os membros da comunidade participam desta elaboração, se eles contemplam aspectos relevantes como a interculturalidade e se os costumam participar de discussões com a secretaria de educação municipal.

Foram realizadas entrevistas para coleta de dados sobre aspectos tradicionais, como rituais e crenças, assim como de âmbito social, econômicos e outros, sendo utilizados um caderno de campo e um gravador para que não haja perda da riqueza de detalhes sobre os referidos assuntos.

Os dados obtidos através do levantamento foram formatados através do procedimento de amostragem não probabilística intencional ou por julgamento, pois sua metodologia permite que o pesquisador centre-se em um grupo específico, nesse caso os professores da escola Tupinambá, núcleo Itapoã. De acordo com Albuquerque *et al.* (2008), esses registros são realmente muito importante para que não haja a perda da riqueza de detalhes sobre os aspectos culturais, sociais e econômicos da tribo pesquisada.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise inicial do relato dos professores e do que pôde ser observado em campo, foi possível especificar e caracterizar pontos importantes para o desenvolvimento das atividades escolares, que segundo os professores muitas vezes são suspensas devido a falta de infraestrutura física, fiscal e pedagógica.

#### *A escola*

A escola Tupinambá da aldeia Itapoã é um dos dezenove (19) núcleos da Escola Estadual Tupinambá de Olivença, a qual sua sede foi construída em Sapucaieira, distrito de Ilhéus. Este núcleo atende o ensino fundamental de 1ª e 2ª séries e o Ensino de Jovens e Adultos (EJA).

O núcleo escolar da Aldeia Itapoã foi construído pela própria comunidade, a qual preocupada com a escolarização de seus jovens mobilizou-se para erguer a construção, que é de alvenaria, mas com a sua frente de pau a pique.

A escola núcleo possui duas salas, as quais têm pequenas prateleiras de madeira utilizadas para guardar o material dos alunos, e não tem carteiras suficientes para acomodá-los. Ornamentada com atividades produzidas pelos próprios discentes, possui também alguns escritos em Tupi nas paredes tais como: Katu Ara (Bom Dia); Katu Karuene (Boa Tarde) e Katupiruna (Boa Noite), língua materna da referida comunidade.

A escola atende aproximadamente oitenta (80) alunos entre os três turnos: manhã, tarde e noite, sendo todos indígenas e moradores da comunidade. Pela manhã funciona a escolarização de 1ª e 2ª série, pela tarde a alfabetização infantil, enquanto a noite a escola atende a Educação de Jovens e Adultos (EJA). O ensino médio é concluído na escola sede da Sapucaieira ou em escolas de não-indios.

#### *A equipe pedagógica*

A escola Tupinambá, núcleo Itapoã, possui uma equipe pedagógica composta por seis professores, cinco com o segundo grau completo, e um com formação superior em Geografia Licenciatura, mas sem Magistério Indígena. Este programa de magistério é do Governo Federal, que visa à formação de professores indígenas, para que estes atuem na comunidade em que residem, tanto no Ensino Fundamental, como no Ensino Médio, quanto na Educação de Jovens e Adultos.

A direção da escola não é indígena, ela foi designada pela DIREC 6 para atuar nesta comunidade. Sem equipe pedagógica propriamente dita, a diretora se faz presente também nas funções que competem aos coordenadores pedagógicos, já que, mesmos tendo magistério em educação indígena, os professores não podem ser designados para o cargo, pois não são formados em pedagogia plena.

#### *A construção dos requisitos pedagógicos:*

Currículo, calendário e projeto político pedagógico.

Segundo os professores da Escola Estadual Tupinambá de Olivença núcleo Itapoã, a construção do currículo escolar indígena deve ser diferenciado, ou seja, deve respeitar a diversidade cultural de cada etnia. Com isso, é necessária a participação da comunidade como um todo. Os membros da comunidade participam das discussões sobre os assuntos que irão ser contemplados no currículo, contudo, não há um currículo permanente, ele é construído de acordo com as necessidades de aprendizagem dos discentes.

O calendário escolar segue o determinado pela DIREC 06, contudo os professores indígenas junto com a direção consideram as festividades Tupinambás, tais como o Porancin, para que com isso a escolarização indígena seja intercultural, respeitando também as particularidades da cultura Tupinambá. Mas assim como o currículo escolar, o calendário ainda esta em construção, e este processo também leva em consideração as decisões da comunidade.

Assim como o currículo e o calendário escolar, o projeto político pedagógico da escola está por construir. Enquanto isso, a direção utiliza-se do projeto político pedagógico da Escola Estadual Tupinambá de Olivença o

qual, segundo o professor de cultura, foi estruturado levando-se em consideração a interculturalidade e a escolarização diferenciada, como proposto pela Constituição de 1988 - artigos 210 e 215-, pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB) - artigos 32, 78 e 79-, pelas Leis 10.172 e 6.001- artigos 49 a 52.

#### *O material didático*

Quanto ao material didático, os professores da escola da aldeia Itapoã relatam que não possuem um material específico e diferenciado, que trate das particularidades da cultura Tupinambá. Elas utilizam o material destinado pela DIREC 6, o mesmo utilizado pelas escolas dos não índios. Esse fato causa certa confusão durante o processo de escolarização, que é superada pelas atividades escolares diárias que buscam a revitalização cultural desse povo. Contudo, eles sentem a necessidade de ter um material didático próprio, que os auxiliem no resgate de sua cultura.

Os professores utilizam livros de outras etnias como material didático de apoio, como é o caso do livro que conta a história dos Pataxós. Através destes, procuram aproximar os discentes da realidade multicultural e interdisciplinar que deveria vigorar em totalidade, já que este direito está assegurado pela Constituição de 1988, pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB) e pelas Leis 10.172 e 6.001.

Segundo o professor de cultura e as professoras de ensino fundamental (G.A.J; D.R.S. e S.S.V.A), o material didático referente à cultura Tupinambá esta em construção. Neste material constarão as atividades diárias da comunidade, assim como aspectos tradicionais e culturais. Enquanto isso, o professor de cultura, assim como as professoras de ensino fundamental, utilizam elementos como à pintura e cantos tradicionais para aproximar os discentes do tradicional, assim com elementos lingüísticos na escolarização os jovens índios.

A partir dos relatos dos docentes que atuam nesse núcleo escolar, fica evidente a ausência de suporte financeiro e pedagógico por parte dos órgãos competentes. A falta de uma infraestrutura física adequada, que possa comportar os alunos de forma satisfatória, assim como a carência de profissionais graduados em Licenciatura ou Magistério Indígena, amplificam ainda mais essas ausências. Com isso esses profissionais buscam superar essas dificuldades a fim de contribuir efetivamente na construção de programas diferenciados que respeitem as particularidades da etnia, como para melhor instruir os discentes, possibilitando uma aprendizagem mais significativa, levando em consideração os aspectos inerentes a sua cultura e resgate de suas tradições.

Então, para se trabalhar conteúdos que agucem a curiosidade e o interesse dos alunos, se faz necessário a presença de uma equipe pedagógica que conheça e se possível viva a realidade local. Dessa forma, a ausência de uma equipe pedagógica composta por docentes indígenas, dificulta a elaboração de programas curriculares diferenciados, que atenda as necessidades de aprendizagem dos discentes e que garanta o que está previsto por Lei: uma educação diferenciada, multicultural, bilíngüe e intercultural.

#### IV. CONCLUSÕES

A partir dessa análise inicial do relato dos professores da Escola Estadual Tupinambá de Olivença, núcleo Itapoã, percebe-se que o esforço de manter e (re) estabelecer um vínculo com a cultura e tradições Tupinambás, é algo importante para eles enquanto comunidade. Contudo a falta de incentivos fiscais, pedagógicos e de fiscalização, dificulta e muitas vezes impossibilita o trabalho de educação diferenciada a que os indígenas têm direito garantido por Lei.

A ausência de uma estrutura física apropriada, como o número de salas reduzido, dificulta a aprendizagem dos discentes e desmotiva os professores, isso porque a falta de carteiras, de merenda escolar, de água encanada entre outros serviços, faz com que a concentração desses alunos diminua, comprometendo assim sua aprendizagem. Contudo, os professores afirmam que não há muitas desistências, acontece que os alunos trocam freqüentemente de núcleo escolar devido ao processo de retomada de terras pelo qual os Tupinambás passam atualmente, e que, além disso, muitos alunos freqüentam as aulas mesmo não estando regularmente matriculados, assim como alguns estão matriculados e não se apresentam as aulas.

O material didático não apropriado, também permite que o aluno se desinteresse pelos temas propostos em sala, pois segundo Carvalho *et al.* (2008), o desempenho dos alunos melhora quando se tem uma escola voltada para a própria cultura. As aulas se tornam mais atrativas, quando a escola trabalha conteúdos que sejam interessantes para os alunos.

A ausência de uma equipe pedagógica que conheça de perto a realidade local, também é um fator que dificulta o processo de escolarização, ainda mais quando não são oferecidos a esses profissionais programas de capacitação voltados para as particularidades da educação indígena. Essa ausência torna-se mais complicada no momento da elaboração do currículo escolar, do projeto político pedagógico, do material didático e do calendário escolar, pois as necessidades e particularidades que deveriam ser contempladas, quase sempre ficam de fora da construção desses requisitos.

Portanto, é importante a colaboração dos órgãos responsáveis por assegurar essa educação diferenciada e o desenvolvimento de currículos e programas específicos, a fim de que a Escola Estadual Tupinambá, núcleo Itapoã, possa atender as necessidades de seus discentes e da comunidade como um todo, finalizando e desenvolvendo a construção do currículo escolar, do calendário e do projeto político pedagógico da escola. Entretanto, apesar de previsto pela Constituição da República Federativa do Brasil, a qual garante que todos os cidadãos brasileiros tenham o direito a educação, saúde e saneamento básico, isso ainda não foi assegurado a esse povo, que vive as margens da sociedade e continuam sendo ignorados.

#### V. AGRADECIMENTOS

A todos da comunidade Tupinambá da Aldeia Itapoã pela recepção e amizade; aos professores da Estadual Tupinambá de Olivença núcleo Itapoã, pela disponibilidade e carinho e a Universidade Estadual de Santa Cruz.

## VI. REFERÊNCIAS

- ALEXIADES, M. N. **Selected guidelines for ethnobotanical research: A field manual**. 1ª Edição. New York: The New York Botanical Garden. 304p, 1996.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 05 de outubro de 1988.
- BRASIL. **Disposição sobre o Estatuto do Índio**. Lei nº 6.001 de 19 de dezembro de 1973.
- BRASIL. **Educação Indígena no Plano Nacional de Educação**. Lei nº 10.172 de 09 de janeiro de 2001.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.
- CARVALHO, J. E. N.; SANTOS, J. R. & LOPES, E. D. **Educação Escolar Indígena**: um estudo em um contexto indígena. Revista Fórum Identidades, vol. 3, pp. 67 – 73, jan./jun de 2008.
- COTTON, C. M. **Ethnobotany – principles and applications**. 1ª Edição. London: School of life sciences, Roehampton institute London, UK: Wiley, p.424, 1998.
- GONÇALVES, E. & MELLO, F. **Educação Indígena**. Disponível em: <http://estagiocewk.pbworks.com/f/emily+e+fernanda.pdf>. Acesso: 26 out. 2010.
- MELIÁ, B. **Educação Indígena na Escola**. Caderno Cedes, nº 49, pp.11 – 17, dez. de 1999.
- MESEDER, M.L.L & FERREIRA, S.M.M. **A Educação Escolar entre os Tupinambá da Serra do Padreiro: reflexões sobre a prática docente e projeto comunitário**. Revista FAEEBA - Educação e Contemporaneidade. Salvador, v.19, nº33 p. 185-198, jan/jun 2010.
- PERETI, D.; ARAÚJO, K.T & VARELA, S. **A Educação Indígena e sua Expropriação pelo Homem não-indio**. Disponível em: [http://web.unifil.br/docs/revista\\_eletronica/terra\\_cultura/36/Terra e Cultura\\_36-3.pdf](http://web.unifil.br/docs/revista_eletronica/terra_cultura/36/Terra_e_Cultura_36-3.pdf). Acesso: 25 out. 2010.
- SIEGEL, N. **Eticidade e Educação Indígena: uma análise Habermasiana**. Disponível em: <http://www.assevim.edu.br/agathos/2edicao/norberto.pdf>. Acesso: 25 out. 2010.
- TOLEDO *et. al.* **Comunidade indígena na Amazônia: metodologia da pesquisa-ação em Educação Ambiental**. O mundo da saúde. São Paulo, vol. 4, pp. 559 – 569, out/dez, nº33, 2006.

## VII. COPYRIGHT

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



## TRANSMISSÃO SIMPLEX POR FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA DE MEDIÇÕES DE POTENCIAIS ELÉTRICOS EM SISTEMAS DE ALTA TENSÃO

AMAURI DOS SANTOS<sup>1,2</sup>; MARCIO ABUD MARCELINO<sup>1,3</sup>; PEDRO PAULO LEITE DO PRADO<sup>1</sup>

1 – UNITAU - UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ; 2 - IFSP – INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO – CAMPUS SÃO PAULO; 3 - UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – CAMPUS GUARATINGUETÁ

amauri.2003@uol.com.br; braziles@gmail.com; pplprado@uol.com.br

**Resumo** - Este trabalho apresenta uma aplicação de Fibra Óptica Plástica (POF), para medição de Alta Tensão com leitura em um multímetro comum. O mesmo foi dividido em 4 etapas; a primeira foi a implementação de um fonte variável de Alta Tensão de até 10kVac (60Hz), que juntamente com uma ponteira divisora de tensão (KV-40 ICEL) e um multímetro comum, compõe a “Giga” de testes e comparações; a segunda foi o estudo e montagem de uma conversão Analógica/Digital e Digital/Analógica com saída serial, utilizando o CI Microchip TC9400 (F/V e V/F), escolhida entre quatro propostas estudadas; a terceira foi o estudo e montagem de um transmissor e um receptor óptico para POF utilizando circuitos específicos para transmissão e recepção da AVAGO technologies; a quarta e última etapa foi a integração de todos os módulos, com a comparação e análise dos dados obtidos comprovando a eficácia da proposta.

**Palavras-chave:** POF. Fibra Óptica Plástica Transmissão Óptica. Alta Tensão.

### I. INTRODUÇÃO

As Fibras ópticas estão ocupando um espaço cada vez maior dentre as tecnologias de transmissão digital, pois a sua largura de banda supera em muito as tecnologias de RF (Rádio Frequências) e Cabos Metálicos, além de que os custos de fabricação, instalação e manutenção tem caído consideravelmente.

No atual panorama tecnológico, basicamente, são definidos três tipos de fibras ópticas para uso em telecomunicações:

- Fibra Óptica de Vidro – **GOF** (*Glass Optical Fiber*), fibra produzida com Óxido de Sílica (SiO<sub>4</sub>), é a fibra óptica clássica, mais utilizada atualmente, principalmente em longas distâncias, devido à atenuação de 0,5dB/km a 1310nm e à emendas por fusão com perdas mínimas da ordem de 0,05dB [PEREIRA,1998].

- Fibra Óptica Plástica – **POF** – (*Polymer Optical Fiber*), Fibra produzida com materiais poliméricos como o **PMMA** (Polimetilmetacrilato), **PC** (Policarbonato) entre outros. Este tipo de fibra óptica teve um grande aumento na sua qualidade e aplicações nos últimos anos. Como aplicações em redes de dados de alta velocidade (até 2,5 Gbps) com enlaces de até 1 km usando POF IG [OLIVEIRA, 2004].

- Fibra de Sílica com Casca Plástica – **PCS** – (*Plastic Clad Silica*), fibra em que o núcleo é fabricado em Sílica e casca em material plástico. Esta fibra óptica é um híbrido entre GOF e POF, somando assim as suas principais qualidades: distância e flexibilidade, respectivamente.

Além de serem amplamente utilizadas em transmissões de longas distâncias, as fibras ópticas estão sendo utilizadas em áreas metropolitanas, como por exemplo, Redes Metro Ethernet e FTTH (*Fiber To The Home*); em transmissões locais como as Redes Giga Ethernet e Redes Industriais (ProfBus); em sistemas embarcados de automóveis, barcos e aeronaves; sem contar os sistemas de áudio, vídeo, segurança e instrumentação. Neste último surgiu a ideia do estudo e aplicação de Fibra Óptica Plástica, em medição de Alta Tensão, usando como mostrador um multímetro comum, objeto deste trabalho.

### II. TRANSMISSÃO ÓPTICA

Nos sistemas de transmissão óptica a mensagem a ser transmitida é modulada por uma fonte óptica apropriada, cuja luz é acoplada a uma fibra óptica, que a conduz até o local de recepção. Neste, o sinal óptico é reconvertido num sinal elétrico e a mensagem é recuperada.

Os termos “Fibra Óptica” e “Guia de Ondas Óptico” são usados para descrever fibras de vidro ou plástico, destinadas à transmissão óptica de sinais de telecomunicações. As Fibras que se destinam à iluminação, como microscópios, endoscópios, abajures etc., denominam-se “Condutores de Luz” [PEREIRA, 1998].

A figura 01 mostra a composição básica de um enlace de transmissão óptica unidirecional. O sinal elétrico passa por um circuito de condicionamento de sinal, o qual pode, por exemplo, modificar a amplitude, a frequência ou a forma do sinal. O sinal condicionado é então encaminhado para o conversor eletro-óptico.

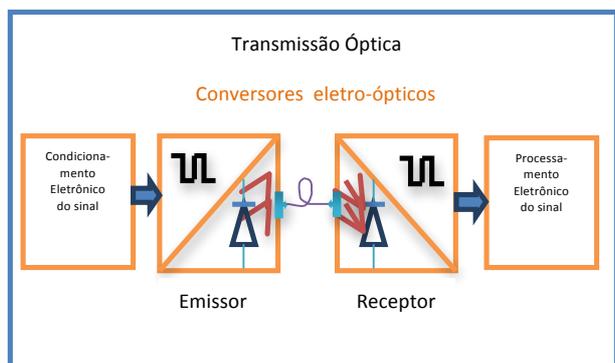


Figura 1 – Enlace de comunicação óptica [Pereira,1998]

Conversores eletro-ópticos são dispositivos semicondutores que produzem uma radiação na faixa da luz, visível ou não, mediante estímulos elétricos.

Diodos emissores de luz (LEDs) especialmente desenvolvidos, ao lado de Lasers semicondutores (Diodos Lasers) de alta qualidade, estão sendo empregados em sistemas de transmissão ópticos. Estes dispositivos convertem variações de corrente elétrica no domínio do tempo em variações correspondentes de Luz. Conectores especiais são usados para acoplar os emissores e receptores eletro-ópticos aos cabos de fibras ópticas.

O mecanismo de condução do feixe de luz dentro da fibra óptica, o qual é regido pelas leis de reflexão e refração, recorre à óptica geométrica e à óptica física [PEREIRA, 1998].

**Óptica Geométrica:** Muitos fenômenos ópticos podem ser explicados modelando a luz como um fluxo de raios se propagando em um ou mais meios. A descrição das regras que determinam a trajetória desses raios constitui uma teoria conhecida como óptica geométrica. Na verdade, a óptica geométrica é uma aproximação. Seus resultados são válidos na medida em que as dimensões geométricas da abordagem considerada forem bem maiores que o comprimento de onda da luz, ou da radiação eletromagnética analisada. Por exemplo, é sabido que a propagação de micro-ondas pela atmosfera pode ser modelada através do traçado de raios, que é a metodologia básica da óptica geométrica; mas a propagação dessas mesmas ondas em guias metálicos exige o uso das equações de Maxwell, das aplicações de contorno, etc..

**Óptica Física:** A óptica física se preocupa não só com a descrição geométrica dos traçados dos raios, mas também com a caracterização integral dos fenômenos ópticos. Assim, por exemplo, no caso de um raio incidindo sobre a fronteira entre dois meios, a óptica física não se limita a fornecer os ângulos dos raios refletidos e refratados, mas também se preocupa em determinar as frações da potência incidente que se destina a cada raio. Além disso, ela se ocupa de fenômenos clássicos que não podem ser explicados pela óptica geométrica, geralmente envolvendo a interferência entre raios. Por isso, ela é também conhecida como Teoria da Difração. A descrição desses fenômenos exige a caracterização da luz como onda eletromagnética, apresentando o Ângulo Crítico e a Lei de Snell.

**Guia de Ondas e Fibras Ópticas:** A forma do guia de onda pode variar muito conforme os três exemplos demonstrados na figura 2. À esquerda é uma fibra de vidro monomodo que hoje é, quase exclusivamente, utilizada no campo das

telecomunicações. Um guia de ondas plano pode ser visto no meio e o diodo laser semicondutor à direita, em corte transversal, no qual um guia de ondas óptico é também incorporado.

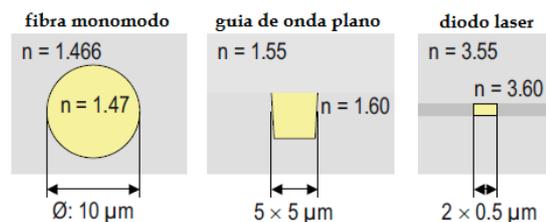


Figura 2 – Exemplos de guias de ondas ópticos [ZIEMANN,2008]

No caso de um guia de onda ter uma dimensão muito pequena em relação à variação do comprimento de onda da luz, a trajetória do raio óptico não será perceptível. O número de possíveis ângulos de propagação (modos) diminui com a diminuição do diâmetro. Num caso extremo tem-se um guia de onda monomodo [ZIEMANN, 2008].

### III. FONTE VARIÁVEL DE ALTA TENSÃO

A primeira etapa deste projeto foi a implementação de uma fonte variável de Alta Tensão, que varia de 0 a 10 kVac (60Hz). Apesar do uso do termo “Alta Tensão” neste trabalho, o qual serve para lembrar que está se trabalhando com tensões altas, a ABNT em sua norma NBR 14039:2005 define as tensões entre 1,0 kV e 36,2 kV como Média Tensão.

A escolha de um transformador com entrada de 220 Vac e saída de 10kVac (60Hz), entre polos, com potência de 180W e corrente máxima de 30mA, para fornecer as Altas Tensões de saída, baseou-se principalmente em critérios de segurança.

Para variar a tensão de entrada e conseqüentemente obter um controle adequado às Altas Tensões de saída, utilizou-se um alto transformador VARIAC, com entrada de 220Vac e saída variável de 0Vac à 220Vac e capacidade de corrente máxima de 8A.

Finalizando a fonte de Alta Tensão variável e “Giga” de testes, foi introduzida uma ponteira, com divisores resistivos 1/1000, modelo KV-40 da ICEL, para medição de Altas tensões até 40kV.

A foto da figura 3, mostra o transformador (preto), o VARIAC (azul claro), a ponteira (vermelha) e o Multímetro (vermelho) efetuando uma medição direta de 5kVac. Apesar do transformador de Alta Tensão ter uma saída de 10kVac, ele tem um polo com +5kvac e outro -5kVac em relação ao terra. Por isto esta fonte variável tem uma tensão máxima de 5kVac, pois foi utilizado para medições o ponto entre terra e +5kVac.



Figura 3 – Foto da Fonte de Alta Tensão Variável

#### IV. CONVERSORES A/D E D/A

A segunda etapa deste projeto consistiu na escolha dos conversores Analógico/Digital (A/D) e Digital/Analógico (D/A). O A/D converte os sinais de baixa tensão (5V 60Hz) em sinais binários (zeros e uns), para serem transmitidos por um modulador óptico, através de fibra óptica plástica. Que ao serem recebidos pelo demodulador óptico, são convertidos em sinais analógicos de baixa tensão (5V 60Hz).

A seguir são apresentadas as quatro propostas que foram analisadas, levando principalmente em consideração o custo e o tempo de implementação. Mas podendo servir de base para outros projetos.

##### IV. 1 - Microcontrolador PIC com A/D e USART

Alguns Microcontroladores PIC das famílias 16FXX e 18FXX, já possuem internamente um A/D, o que a princípio facilita em muito a utilização dos mesmos. Os PIC 18FXX, além de tudo ainda possuem uma USART (Transmissor e Receptor Universal Síncrono e Assíncrono), o que possibilita uma transmissão serial bidirecional e controlada pelo protocolo *Start/Stop* no caso de transmissão assíncrona. A figura 4, mostra que fisicamente é muito simples a implementação, dependendo somente de programação interna do PIC [MICROCHIP, 2002].

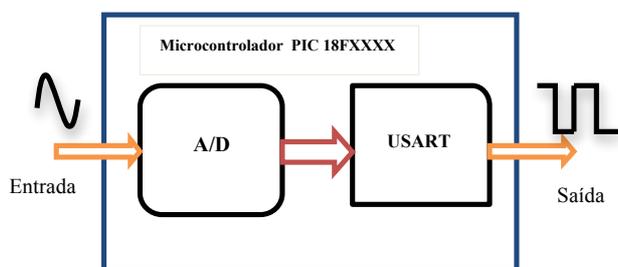


Figura 4 – A/D (saída serial) com PIC

Como o PIC não tem um D/A interno a solução, dada pela própria Microchip [STEIN,2002] foi a utilização do

PIC-16F627 combinado com um Circuito Integrado conversor D/A com rede R-2R interna da BI-Tecnologies o M10-8-R10K, como mostrado na figura 5.

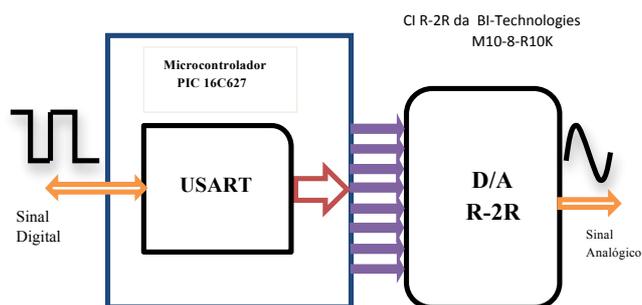


Figura 5 – PIC 16C627 com CI-D/A R-2R

##### IV. 2 - Circuitos Integrados A/D e D/A com saídas paralelas

A ideia desta proposta foi de eliminar toda a parte de programação e tempo de processamento do PIC, com a utilização de Circuitos Integrados com as funções de A/D e D/A, combinado com outros Circuitos Integrados com funcionalidade de UART (Transmissor Receptor Universal Assíncrono). Apesar de existirem muitos outros CIs no mercado, foram escolhidos: Para o A/D a utilização do CI ADC-0804LCN [TEXAS, 2009] da Texas e o CI UART – SCC2691 da Phillips [PHILIPS, 2006], conforme apresentado na figura 6; Para o D/A utilizou-se o mesmo CI UART com o CI DAC-0808LCN da Texas Instruments (National Semiconductor) [TEXAS, 2011], figura 7.

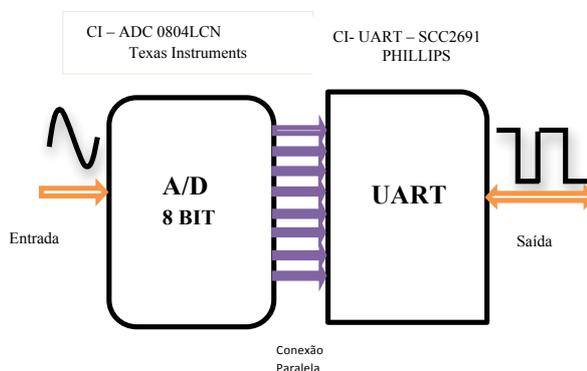


Figura 6 – CI A/D 8BIT e CI UART

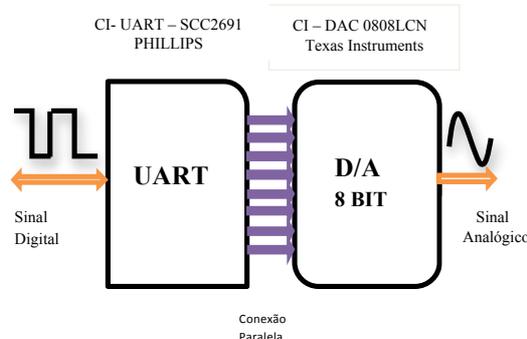


Figura 7 – CI – UART e CI D/A 8BIT

#### IV. 3 - Circuitos Integrados A/D e D/A com saídas seriais

Esta proposta visou eliminar a utilização de uma UART externa para fazer a serialização dos dados e o controle de fluxo, visto que os circuitos integrados A/D e D/A com saídas seriais possuem um protocolo para controle de fluxo e dados tipo: SPI (*Serial Peripheral Interface*), I2C (*Inter-Integrat Circuit*) e 3-WIRE.

O circuito integrado escolhido para compor o A/D foi o CI-ADS 7822 da Texas Instruments [BURR-BROWN, 2011], que devido ao protocolo 3-wire, necessita de um gerador de sincronismo externo e um controle para a porta C/S (*chip select*) que seleciona o dispositivo em caso de conexão em rede, conforme apresentado na figura 8.

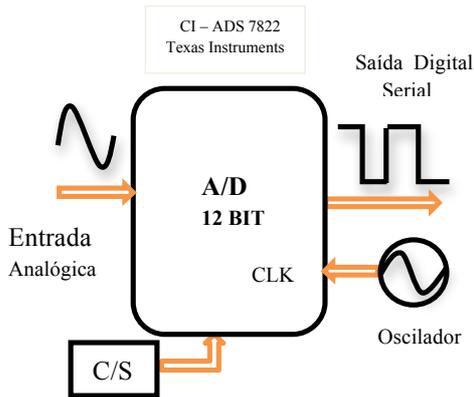


Figura 8 – CI A/D com saída serial

Para compor o D/A, o circuito integrado escolhido foi o CI-DAC 7611 da Texas Instruments [BURR-BROWN, 2009] que além de um circuito para controle do C/S, necessita de um circuito PLL (*Phase Loked-Loop*) para recuperação do sinal de CLOCK e sincronização dos dados. O circuito PLL seria implementado a partir do CI- V/F-TC9400 da Microchip, que basicamente é um conversor de Tensão em Frequência [MICROCHIP, 2007], mostrado na figura 9.

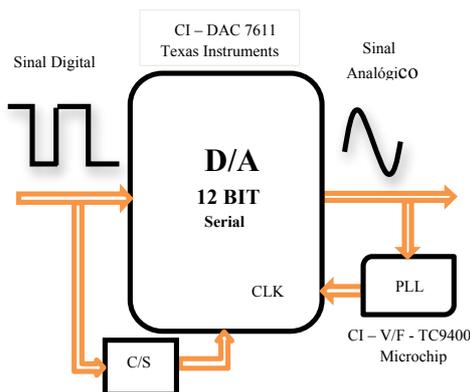


Figura 9 – CI D/A com saída serial

#### IV. 4 - Circuito Integrado Conversor V/F e F/V

Analisando com mais profundidade o CI-TC9400, da proposta anterior, utilizado como PLL, verificou-se que este trabalha como um A/D e como um D/A ao realizar tanto a conversão de Tensão em Frequência (V/F) como a conversão de Frequência em Tensão (F/V), já que a entrada

ou saída de tensão é analógica e a entrada ou saída de frequência é digital, como mostrado nas figuras 10 e 11.

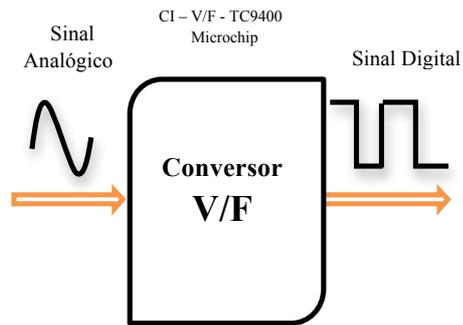


Figura 10 - CI TC9400 como conversor V/F

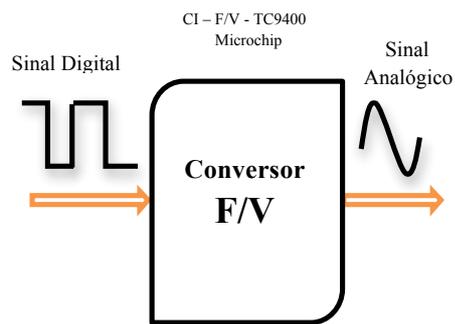


Figura 11 – CI TC9400 como conversor F/V

Pela sua facilidade de implementação e versatilidade, o CI TC9400 foi o escolhido para ser utilizado neste projeto como conversor A/D e D/A, e esta proposta também apresenta suas dificuldades e peculiaridades, quando for interligada ao transmissor e receptor ópticos.

#### V. TRANSMISSOR E RECEPTOR ÓPTICO

Para a montagem do Transmissor e Receptor Óptico foram escolhidos, entre vários, os componentes da linha VLF (*Versatile Link Family*) da AVAGO Technologies. A série HFBR- 0500Z inclui transmissores, receptores, conectores e cabos especificados de fácil desenvolvimento. Esta série de componentes é ideal para solução de problemas como: Isolação de Tensão; Isolamento Eletro Magnético (EMI); Imunidade à Rádio Frequências (RFI); ou segurança de dados. O desenvolvimento de links ópticos ficou muito simplificado por transmissores e receptores lógicos compatíveis e pelas especificações completas de cada componente em seus *Data Sheets*. Os principais parâmetros ópticos e elétricos de links configurados com a família HFBR- 0500Z são totalmente garantidos dentro da faixa de temperatura de 0°C e 70°C.

Os Transmissores têm incorporados um LED com comprimento de onda de 660nm, um conector VL fêmea e lentes apropriadas. Os Receptores incluem um bloco de acoplamento DC, um CI receptor digital com saída de coletor aberto, de um transistor Schottky. Uma blindagem foi integrada ao CI receptor para fornecer imunidade adicional a ruídos localizados. Lentes internas foram otimizadas para uso com fibra óptica de plástico de 1 mm de diâmetro da OPTOLOCK®.

Especificações para VL (*Versatile Link*) podem incorporar todas as perdas de interfaces e conexões.

Entretanto, os cálculos e dimensionamentos ópticos para aplicações em Links comuns são bastante simplificados [AVAGO, 2011]. A figura 12 mostra o link.

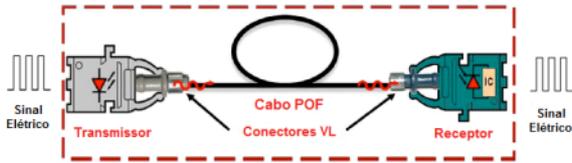


Figura 12 - Componentes da linha VLF – AVAGO [AVAGO, 2011]

A figura 13 apresenta o diagrama proposto pela AVAGO para construção de um transmissor utilizando o CI HFBR-15X3Z e um CI SN75451 como driver de transmissão.

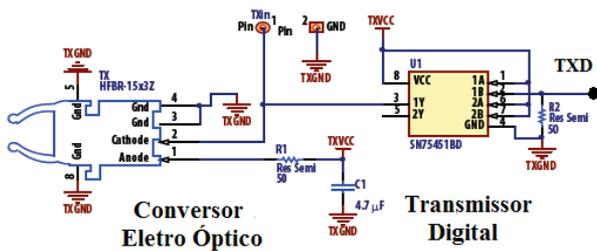


Figura 13 – Diagrama do Transmissor Óptico [AVAGO, 2010]

Para o receptor óptico foi utilizado o CI HFBR-25X3Z da AVAGO, apresentado na figura 14. Como se pode ver, os CIs AVAGO requerem poucos componentes eletrônicos para condicionamento dos sinais, o que os tornam muito versáteis.

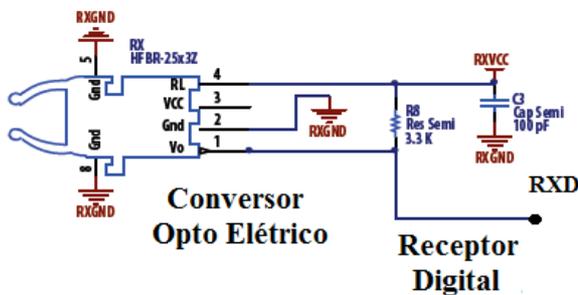


Figura 14 – Diagrama do Receptor Óptico [AVAGO, 2010]

## VI. MONTAGEM, TESTES E RESULTADOS

A montagem dos conversores V/F e F/V foi executada em dois *protoboard*, um para o módulo transmissor e outro para o receptor e seguiu os diagramas propostos pela Microchip em seu respectivo *data sheet* do CI TC9400, conforme pode ser visto nas figuras 15 e 16.

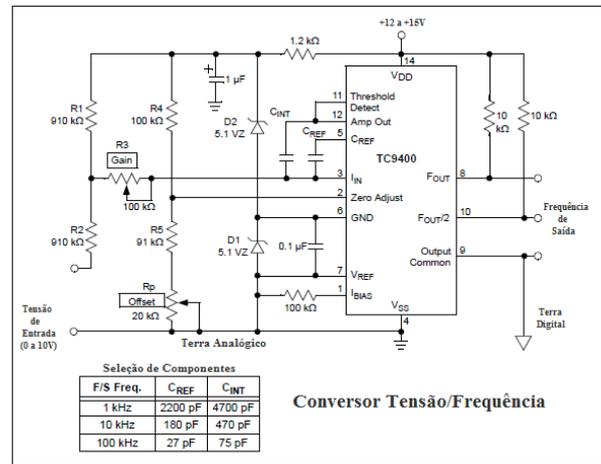


Figura 15 – Diagrama do Conversor T/F [MICROCHIP, 2007]

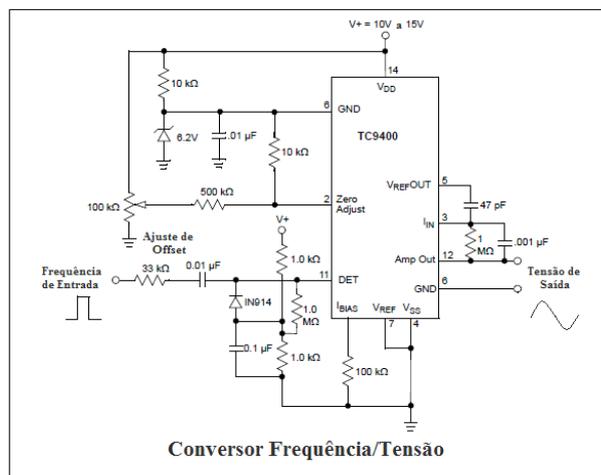


Figura 16 – Diagrama do Conversor F/T [MICROCHIP, 2007]

Na figura 17 pode-se ver o Módulo Transmissor Completo, composto pelo Bloco do Conversor V/F, na parte de cima da placa, e o Bloco Transmissor Óptico na parte de baixo da placa.

Na figura 18 é mostrado o módulo receptor completo, onde é possível ver o bloco do receptor óptico, na parte de cima da placa, e o bloco do conversor F/V, na parte de baixo da placa. Os blocos de Transmissão Óptica e Recepção Óptica foram montados conforme os diagramas descritos nas figuras 13 e 14, respectivamente.

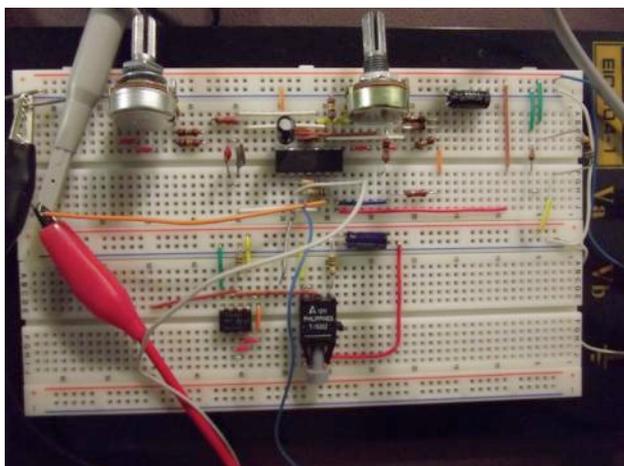


Figura 17 – Transmissor completo

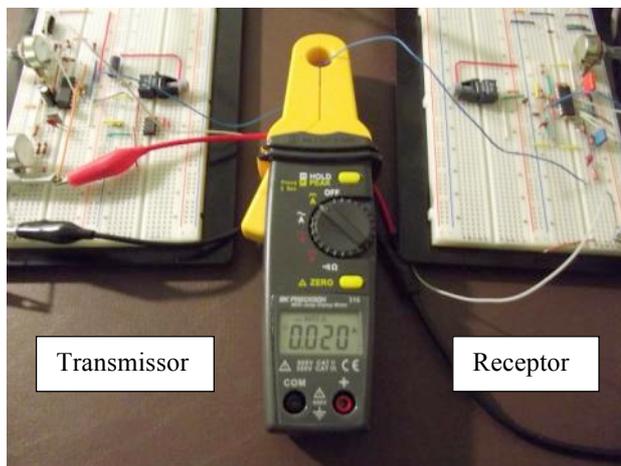


Figura 19 – Transmissão entre conversores V/F e F/V

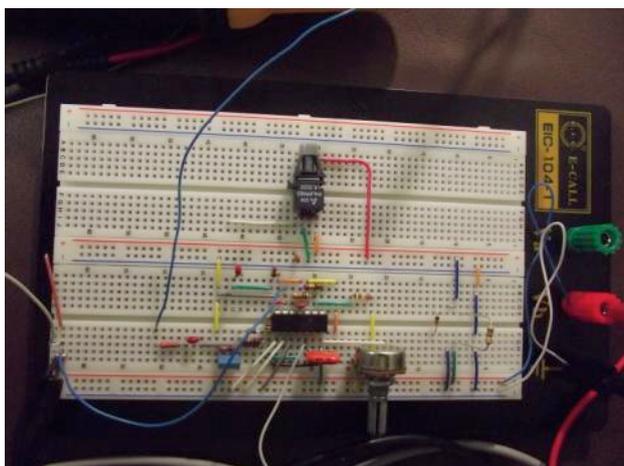


Figura 18 – Receptor completo

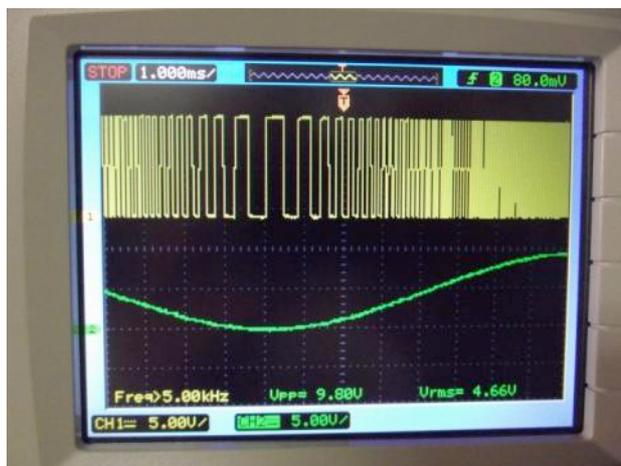


Figura 20 – Sinais de entrada e saída do Conversor V/F

Antes de efetuar uma transmissão completa usando a fibra óptica plástica, foi feita uma transmissão a fio entre os conversores V/F e F/V, visando os devidos ajustes de ganho, *offset* e principalmente de frequências de trabalho/amostragem entre os conversores. A figura 19 mostra os dois módulos conectados por fio e a medição de corrente em torno de 20mA, o que na prática sugere que é possível uma transmissão razoavelmente longa.

Na figura 20, pode-se ver o sinal de entrada do Conversor V/F, em cor verde. Pode-se ver também em amarelo, o sinal digital de saída, semelhante a um sinal PWM, que será inserido na entrada do bloco transmissor óptico.

Já a figura 21, mostra o sinal de entrada do conversor V/F em verde e o sinal distorcido na saída do conversor F/V, em amarelo, antes dos ajustes necessários.

Esta distorção sumiu completamente quando os conversores passaram a trabalhar na mesma frequência de 10kHz, após as trocas dos Capacitores de Referência (Cref) e de Integração (Cint).

Houve também a necessidade de grampear o sinal senoidal de entrada, deixando-o totalmente positivo antes de entrar no conversor, pois a parte negativa não estava sendo amostrada e consequentemente não era digitalizada.



Figura 21 – Saída do Conversor F/V com distorção

Após os testes de transmissão direta com os conversores, foram interligados os blocos de transmissão e recepção óptica e um lance de 1m de fibra óptica plástica com conectores VL nas duas pontas, como pode ser visto na figura 22.

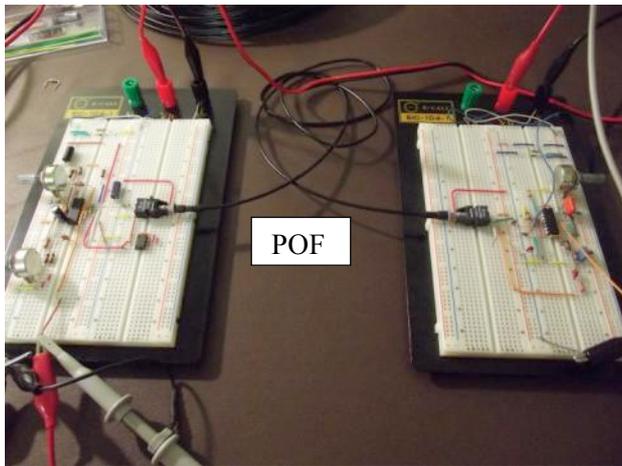


Figura 22 – O Transmissor e o Receptor interligados por POF

O resultado desta transmissão pode ser visto na figura 23. É bom lembrar que o sinal de entrada, em amarelo, foi gerado a partir de um gerador de sinais, grampeado em 12V, e não proveniente ponteira de alta Tensão. Analisando o resultado, pode-se ver que o sinal de saída é quatro vezes menor que o sinal de entrada e que este possui um ruído de 733,6 Hz.

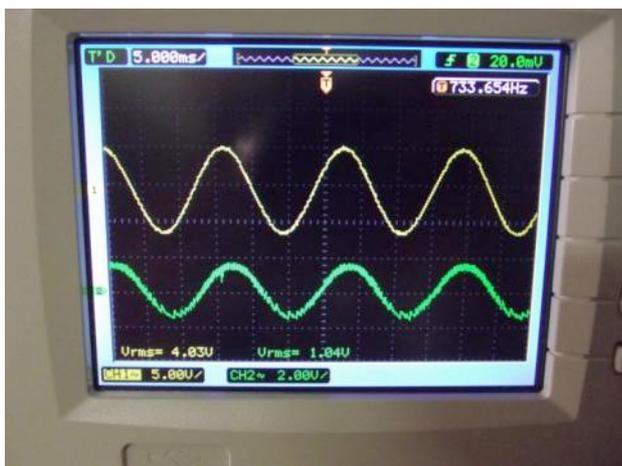


Figura 23 – Sinal de entrada e sinal de saída, transmitido por Fibra Óptica Plástica (POF)

## VII. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou todos os passos percorridos pelo sinal, desde a sua geração até a medição final de alta tensão usando fibra óptica plástica e multímetro comum.

Foi gerado um sinal senoidal de 4V Rms (60Hz), por Gerador de Funções Instrutherm modelo GF-220, grampeado com 12Vdc, simulando a saída da ponteira de alta tensão KV-40 da ICEL. Ao passar pelo Conversor V/F (CI TC9400), o sinal senoidal foi convertido em um sinal digital tipo PWM. Após ser devidamente acondicionado pelo Driver de Transmissão (CI SN75451), o sinal digital é enviado ao conversor Eletro Óptico (CI HFBR-1523Z), para ser transmitido por um metro de cabo SI-POF da SKILANE com conector VL da AVAGO. Ao chegar ao Receptor o sinal é convertido de sinal óptico para sinal digital pelo Conversor Opto Elétrico (CI HFBR-2523Z). Passando pelo converso F/V (CI TC9400) o sinal digital é convertido em

sinal analógico e por fim medido e comparado com o sinal inicial, por um Osciloscópio.

Para a realização com sucesso precisou se Grampear o sinal de entrada, proveniente da ponta de alta tensão, em pelo menos 12 Vdc, pois o Conversor TC9400 trabalha com fonte simples. Como o sinal de saída foi gerado com amplitude quatro vezes menor, e com um ruído em torno de 700 Hz, sugere se a introdução de um amplificador na saída com um filtro passa baixa.

Com a realização deste trabalho pode-se concluir que a transmissão e recepção do sinal foi satisfatória e que após as melhorias sugeridas, o circuito poderá ser implementado em placa de circuito impresso e refeito os testes, utilizando a fonte de alta tensão e dando maior ênfase à linearidade do sistema, possibilitando a medição de alta tensão com multímetro comum, com uma configuração de baixo custo, permitindo o uso principalmente em medições periódicas de múltiplos pontos, em que há a necessidade de investigação de problemas de tensão em subestações ou linhas de transmissão de distribuição, como também em redes de alta tensão de trólebus, metrô ou trens elétricos.

## VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PEREIRA, Amaury A. (Org.) **Básico de Comunicações Ópticas**. 2. Ed. Rio de Janeiro: EMBRATEL, 1998, p. 07-31.
- OLIVEIRA, Iracema A. S. **ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS PLÁSTICAS PARA APLICAÇÃO EM TELECOMUNICAÇÕES**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 162p. 2004
- ZIEMANN, Olaf; et al. **POF Handbook : Optical short Range Transmission Systems**. 2<sup>nd</sup> Edition. Berlin: Springer, 2008.
- MICROCHIP. Data Sheet. PIC18FXX2. **28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D**. USA: Microchip Technology Inc, 2002, 330 pages. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39564b.pdf>>. Acesso em: 09/04/2012
- STEIN, R.; DAY, J. **D/A conversion Using PWM and R-2R Ladders to Generate Sine and DTMF Waveforms**. Application Notes, AN655. USA: Microchip Technology Inc., 2002. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00655a.pdf>>. Acesso em: 09/04/2012
- TEXAS. Data Sheet : **ADC0804C, ADC08041: 8-BIT ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTERS WITH DIFFERENTIAL INPUTS**. Dallas, USA: Texas Instruments, 2009. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/adc0804.pdf>>. acesso em: 10/04/2012
- PHILIPS. Data Sheet. **SCC2691 Universal Asynchronous Reiver/Transmitter (UART)**. Philips Semiconductors, Aug 04, 2006. Disponível em: <[http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/SCC2691.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/SCC2691.pdf)>. Acesso em: 12/04/2012
- BURR-BROWN. Data Sheet. **ADS7822. 12-Bit, 200kHz, microPower Sampling ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER**. Dallas, USA: Burr-Brown Products from

Texas Instruments Inc, 2011. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads7822.pdf>> Acesso em: 10/04/2012

BURR-BROWN. Data Sheet. DAC7611. **12-Bit Serial Input DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER**. Dallas, USA: Burr-Brown Products from Texas Instruments Inc. 2009. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/dac7611.pdf>> Acesso em: 10/04/2012

TEXAS. Data Sheet. **DAC0808 8-BIT D/A Converter**. Dallas, USA: Texas Instruments, 2011. Disponível em : <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/adc0808.pdf>> Acesso em :10/04/2012

AVAGO. Data Sheet. HFBR-0500Z Series, **Versatile link – The Versatile Fiber Optic Connection**.USA: Avago Technologies, AV02-1501EN, August 25, 2011. Disponível em: <<http://www.avagotech.com/docs/AV02-1501EN>> Acesso em: 07/04/2012

AVAGO. Application notes 1035, **Verstile Link Family**. USA: Avago Technologies, AV02-0730EN, August 2, 2012. Disponível em: <<http://www.avagotech.com/docs/AV02-0730EN>> Acesso em: 11/09/2012

AVAGO. User Guide. HFBR-0503Z Evaluation Kit, **40DC KBd Versatile Link Evaluation Kit**. USA: Avago Technologies, AV02-2659EN, September 29, 2010. Disponível em: <http://www.avagotech.com/docs/AV02-2659EN>>. Acesso em: 07/04/2012

MICROCHIP. Data Sheet. TC9400/9401/9402. **Voltage-to-Frequency / Frequency-to-Voltage Converters**. USA: Microchip Technology Inc., 2007. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21483d.pdf>> Acesso em: 20/04/2012

## IX. COPYRIGHT

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

## X. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o financiamento parcial do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq



## IMOBILIZAÇÃO CELULAR DE *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* PARA FERMENTAÇÃO DE MATERIAL AMILÁCEO DE BATATA DOCE

ANA FÁTIMA CARDOSO<sup>1</sup>; FABIANO R. DE SOUZA<sup>2</sup>; MÁRCIO A. DA SILVEIRA<sup>1</sup>,  
NEI PEREIRA JR<sup>3</sup>.

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

anafatima2010@gmail.com

**Resumo** - O etanol parece ser uma fonte alternativa de energia, pode ser produzido a partir de diversas fontes de biomassa. A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L) Lam] Isso é uma cultura tem uma grande produção de biomassa para etanol, combinado com baixo custo de produção. Este estudo teve como objetivo quantificar a produção de etanol a partir de 10 clones de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.)]. A batata-doce foi produzida no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins - UFT. O mesmo foi transportado para o Laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ para a avaliação de parâmetros importantes para o processo de obtenção de etanol. Células de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizadas em alginato de cálcio foram, e para a produção de combustível de batata biopolímero etanol fermentação doce. Farinha foi preparada a partir dos clones pelo método do Savelli et. al. (1995). Este processo de fermentação inoculo Envolvendo peso molhado de *Saccharomyces cerevisiae*, em 200 ml de meio de hidrolisado. Os resultados aqui apresentados denota torna-se brilhante Que este processo e o processo adequado para escala industrial, onde as taxas de dados e conversões são mostradas com o mesmo desempenho, e menos onerosa para o processo em grande escala industrial.

**Palavras-chave:** Batata-Doce. Biomassa. Etanol. *Saccharomyces Cerevisiae*. Fermentação do Amido.

### I. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energias renováveis está alicerçada no constante aumento dos custos de obtenção do petróleo, pela pressão mundial visando a redução de impactos ambientais, que são gerados em razão das emissões de gases poluentes durante a sua combustão (O'LEARY, 2002). Entretanto um fato a ser bastante considerado está relacionado ao fim das reservas mundiais de petróleo que poderão ocorrer por volta de 2050 (NAJAFPOUR, 2004).

As exigências ambientais mundiais e as circunstâncias do mercado mundial de petróleo têm levado alguns países, com condições e tradição de produzir álcool, a procurarem no etanol uma fonte renovável de combustível, espelhando-se, principalmente, na bem sucedida experiência brasileira na produção e no uso desse combustível (NEGRÃO 2005). Neste cenário o Brasil tem uma longa tradição no uso de fontes renováveis de energia, com ênfase especial para a produção de etanol, oriundo da cana-de-açúcar.

O uso do álcool combustível é um tema em constante debate. Trinta anos depois do início do Proálcool, o Brasil

vive agora uma nova expansão dos canaviais com o objetivo de oferecer, em grande escala, o combustível alternativo. O plantio avança além das áreas tradicionais, do interior paulista e do Nordeste, e espalha-se pelos cerrados, fazendo fronteira com a floresta Amazônica. Mas, é preciso lembrar sempre que, o crescimento da área agrícola para suprir a demanda por parte da indústria não deve impor altos custos ambientais, tanto agora, quanto para as futuras gerações, sob pena de inviabilizar os benefícios gerados pelo uso de combustíveis limpos (TORQUATO, 2006).

Dentre as fontes de biomassa citadas no Brasil como importantes para produção de etanol estão: cana-de-açúcar, mandioca e batata-doce (MELLO, 2001). Dentre todas estas fontes de matéria prima citadas a batata-doce talvez seja a cultura que apresente o menor número de pesquisadores no Brasil envolvidos no seu estudo, seja para fins de consumo *in natura*, ou para indústria. Apesar do baixo interesse pela batata-doce, possivelmente por ser uma cultura de subsistência, ela apresenta um elevado potencial para produção de etanol.

O processo de imobilização celular foi pela primeira vez utilizada industrialmente em 1820 no sistema “quick vinegar” onde álcool era percolado através de um leito de lascas de madeira (NUNEZ e LEMA, 1987). Segundo os mesmos autores, a imobilização pode ser definida como um “procedimento que confina fisicamente células integra e cataliticamente ativas num sistema reacional e impede que elas passem à fase móvel que contém substrato e produto”. A imobilização é geralmente conseguida através do contato de um material utilizado para a imobilização com as células vivas que se pretende imobilizar, sob condições ambientais controladas. O material utilizado para a imobilização é denominado suporte (PRADELLA, 2001). Dentre as principais características de um suporte para a imobilização de células vivas pode-se destacar a não toxicidade às células; a alta capacidade de retenção; a resistência ao ataque químico e microbiano; a pouca sensibilidade às possíveis solicitações mecânicas (seja de compressão por peso, de tensões de cisalhamento ou eventuais pressões internas ou externas de gases); e alta difusividade de substratos e produtos.

No caso particular da fermentação alcoólica, o uso de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizada em alginato de cálcio mostra-se eficiente em diversos aspectos. Esta levedura é enzimaticamente estável, o baixo pH de operação dificulta a contaminação, seu metabolismo anaeróbico produz principalmente etanol e CO<sub>2</sub>. Além disto é facilmente

ativada por nutrientes ou oxigênio e não é patogênica (NUNES e LEMA, 1987). O alginato é um copolímero natural de ácido manurônico e gulurônico unidos por ligações glicosídicas, em várias proporções e arranjos (SANCHES, 1995). O alginato é encontrado na natureza como constituinte de algumas algas como *Laminaria hyperborea* e *L. digitata*. As propriedades físicas das esferas de alginato de cálcio dependerão da composição, estrutura sequencial e peso molecular do polímero (SANCHES, 1995). O gel de alginato deixa um pouco a desejar mecanicamente e apresenta instabilidade química em relação a fosfato, potássio e extrato de lêvedo, que são necessários para crescimento (SANCHES, 1995). A concentração de alginato empregada é importante para o desempenho do sistema, já que pouca quantidade do polímero fornecerá esferas pouco resistentes, enquanto que um excesso acarretará problemas difusionais, fazendo cair à produtividade. A imobilização em alginato de cálcio é simples, de baixo custo e se realiza sob condições suaves, permitindo a manutenção da viabilidade celular (GODIA et al., 1987). Segundo Martinsen et al. (1989), a formação do gel ocorrerá por quelação intercadeias de íons  $Ca^{2+}$  entre blocos de ácido gulurônico.

Diante do contexto apresentado, o objetivo geral deste estudo é imobilizar em alginato de cálcio células de *Saccharomyces cerevisiae* para fermentação e produção de etanol combustível de biopolímero de batata doce.

## II. PROCEDIMENTOS

A batata-doce foi produzida na área experimental da Universidade Federal do Tocantins – UFT. Esta área de produção apresenta latossolo vermelho-amarelo distrófico, para a realização do experimento utilizou-se a cultivar Palmas e os clones BD# 008, 084, 106, 112, 113 e 115, após a colheita as batatas foram levadas ao laboratório LASPER (Laboratório de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis), logo em seguida as batatas foram lavadas e processadas para transformação em farinha. , lavadas e processadas para transformação em farinha de acordo com a metodologia de SAVELLI ET AL. (1995).

A mesma foi transportada para o Laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ para avaliação de parâmetros importantes para o processo de obtenção de etanol. Assim foram avaliadas as quantificações dos glicídios redutores totais (GRT), depois foram determinados as curvas padrões de glicose com a finalidade de verificar se as amostras de farinha da batata-doce apresentavam ou não viabilidade para a produção de etanol. Para tanto se utilizou o processo fermentativo com células imobilizadas para a obtenção do etanol. Verificando assim a eficiência e a produtividade do etanol.

### **Quantificação de Açúcares Redutores (AR)**

Os açúcares redutores foram quantificados através do método de SOMOGYI-NELSON (1945).

### **Microorganismo**

O microrganismo agente da fermentação alcoólica utilizado foi *saccharomyces cerevisiae* (peso úmido) para panificação, industrializado por fleischmann e royal ltda., e adquirido na véspera da realização dos experimentos e

conservado em refrigerador até o momento de sua utilização.

### **Determinações de Glicídios e Produtos do Bioprocesso**

A medida de concentração de glicídeos, e do subproduto da fermentação (bioetanol) para o experimento, é realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

### **Fermentação do Meio Hidrolisado**

Após a escolha da melhor associação enzimática, a farinha passa pelo processo de hidrólise para produção do meio a ser utilizado no processo de fermentação.

Em seis erlenmeyer de 4 litros foram pesados e depois divididos o total de 3Kg de farinha de batata-doce, dos clones citados anteriormente, e adicionado 11,400 mL de água destilada. O pH do meio foi ajustado com solução de HCl (2N) para 6,5, segundo as condições ideais de atuação enzimática para  $\alpha$ -amilase. Em seguida, foi acrescentado em cada balão 70 mL de Termamyl 120L ( $\alpha$ -amilase), e aquecido em banho-maria a 90 °C, durante 20 minutos, sob agitação constante. Finalizada esta etapa, promoveu-se o resfriamento a 60°C, e ajustado o pH para 4,5, adicionou-se 70mL de AMG 300L (amiloglucosidase) e aqueceram-se os meios em banho-maria a 60 °C, durante 30 minutos sob agitação.

### **Imobilização Celular**

A técnica de imobilização utilizada neste trabalho foi uma adaptação da descrita por Cheetham (1979), onde o tipo de imobilização estudado foi o envolvimento.

O suporte usado foi o alginato de cálcio que era obtido a partir do alginato de sódio de origem alemã, adquirido da Farmus Indústria e Comércio, e de  $CaCl_2$  da Merck S/A Indústrias Químicas.

Um sistema constituído de um frasco de Mariotte acoplado a uma seringa foi adaptado para facilitar a etapa de produção de esferas de modo que com um simples controle da vazão de gotejamento podia-se quantificar o número de esferas produzidas.

As suspensões de alginato de sódio utilizadas neste trabalho foram preparadas a uma concentração de 1,5% (p/v). A estas suspensões, era adicionada a massa de células (p.u.) necessária para se obter a concentração celular desejada.

O número de células totais foi quantificado para verificar se amostra de fermento de panificação apresentava ou não viabilidade para uma boa fermentação alcoólica. Azul de metileno 0,1% (p/v) foi adicionadas no intuito de diferenciar células vivas e mortas, porém, ao microscópio não havia diferença visível entre as células. Isto provavelmente se deve à grande quantidade de substâncias coradas presentes no meio. Sendo assim, foi adotado o critério uniforme de contarem-se todas as células.

### **Operação do Biorreator na Fermentação Descontínua Alimentada**

O equipamento principal utilizado neste trabalho foi projetado e montado de maneira a proporcionar operação simples e versátil para diversos tipos de processos. O material escolhido para a construção do corpo de

fermentador foi fibra de acrílico, dado o custo reduzido, resistência química e facilidade de manuseio do material frente a futuras alterações no equipamento. Foi escolhido um tubo transparente para facilitar a visualização do comportamento do sistema, quando o reator estivesse recheado com as esferas, com leito fixo, durante o processo fermentativo. As dimensões foram calculadas para volume total de 1,430L, volume útil máximo de 665 mL, com uma relação altura: diâmetro (H/D) de 4,12 recheado com células imobilizadas.

Para alimentação foi utilizada proveta de 1 L de volume total, e o material hidrolisado guardado em Erlenmeyers de 4L e colocados em refrigeradores. Todos os meios foram esterilizados antes do uso.

As trocas eram realizadas no período de seis horas, antes de esgotar o material fermentado era retirada uma alíquota de 10mL através de uma pipeta e guardadas em recipiente imerso em banho de gelo para a quantificação dos açúcares-redutores através do método de Somogyi-Nelson (1976) e a quantificação do etanol através da CLAE,

No experimento, em processo descontínuo, com o reator preenchido com leito fixo, o fermentador foi recheado com cerca de 16000 esferas, de 2,9 mm de diâmetro médio, havendo o volume de líquido resultante ficado em torno de 380 mL, ou seja, 57% do volume total do reator.

Para a determinação do diâmetro médio das esferas produzidas, eram coletadas amostras de 10 esferas e seus diâmetros medidos com paquímetro.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### *Hidrólise do Amido*

As melhores quantidades de enzimas para o processo hidrolítico foram correspondentes ao volume de 50 mL para ambas as enzimas, sendo, no entanto, utilizada a proporção de 70 mL considerando a redução de eficiência que poderia ocorrer com a produção em maior escala.

#### *Imobilização Celular*

Para este experimento foi utilizado o sistema constituído de um frasco de Mariotte, conectado a um gotejador, como descrito no item 3.7. A solução de alginato de sódio em água foi preparada com uma concentração de 1,5% (p/v) e a solução de cloreto de cálcio com concentração de 0,1 M. É relevante citar a dificuldade encontrada em suspender e homogeneizar as células na solução inicial de alginato de sódio a 1,5% (p/v), devido a sua alta viscosidade. Esta dificuldade só foi superada quando se passou a utilizar um agitador mecânico.

Pode-se observar a reprodutibilidade dos resultados das experiências ao método de imobilização e a sistemática de quantificação celular adotada conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Dados da imobilização de células de *Saccharomyces cerevisiae* em alginato de cálcio

	Prep. A	Prep. B	Prep. C
Diâmetro das esferas de (mm)	2,9	2,9	2,9
Concentração de células na suspensão (cel./mL)	$5,86 \times 10^9$	$6,80 \times 10^9$	$4,86 \times 10^9$
Número total de células imobilizadas	$2,10 \times 10^{11}$	$3,97 \times 10^{11}$	$3,05 \times 10^{11}$
Número total de esferas produzidas	5.000	7.000	4.000

Alhadeff (1984), em seu ensaio de imobilização de leveduras em alginato de cálcio utilizou a concentração de 1,5% (m/v), com o diâmetro das esferas de 2,9 e 3,6mm, fornecendo valores da população celular em suspensão, em torno de  $4,67 \times 10^8$ /mL; o número total de células imobilizadas foi em média  $3,73 \times 10^{10}$  e o total de esferas produzidas foi 28.000.

Najafpour et al. (2004) trabalharam com concentrações de alginato de sódio variadas (1,5; 2; 3 e 6%), tendo apontado a concentração de 2% como a mais eficiente, por apresentar melhor difusão do substrato para o interior das esferas biocatalíticas. A concentração de 1,5% quando pressionada manualmente não apresentava muita resistência, podendo ser rompida pelo crescimento celular no interior da matriz, já a concentração de 6%, quando pressionada apresentou uma grande resistência mecânica, o que poderia dificultar a difusão do substrato e dos produtos formados pelas células para o meio externo.

A comparação entre os valores obtidos neste trabalho e os obtidos por Alhadeff (1984) e Najafpour et al. (2004) demonstra que a concentração de sódio a 1,5% é a mais utilizada evidenciando que a metodologia utilizada no presente trabalho foi eficiente, podendo ser considerada como confiável.

Com 66 horas de fermentação, o rendimento médio de substrato consumido em etanol foi 0,390g/g, correspondendo a uma eficiência de fermentação de 74,87%, sendo considerado um valor satisfatório tendo em vista ser este um experimento preliminar e também porque neste cálculo não foi considerado os açúcares redutores totais não fermentáveis existentes na matéria-prima usada. Os valores citados na literatura para as eficiências de fermentações em condições industriais variam de 88 a 92% (STUPIELLO, 1984 *in* VASCONCELOS, 1998).

A produtividade máxima foi alcançada no tempo de 48h, apresentando o valor de 14,12 g de etanol/ L.h. No entanto, como foi citado anteriormente, o meio precisou ser homogeneizado. Isto pode ter influenciado tanto a produtividade quanto o rendimento, pois as bateladas B8, B9 e B10 apresentaram valores superiores de rendimento do etanol (0,511 g/g). Verifica-se também que as bateladas B4 e B5 apresentaram bom desempenho no período compreendido entre 24 e 30 horas, apresentando valores para a produtividade de 12,189 e 12,675 g EtOH/ L.h, respectivamente, figura 1:

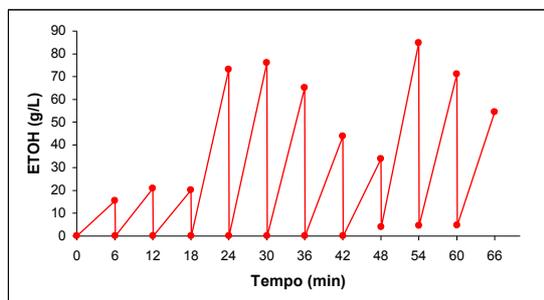


Figura 1- Produção de etanol por Batelada Sequencial

A eficiência de fermentação obtida por Vasconcelos (1998) foi em média 80,56%, quando este trabalhou com levedura imobilizada em colmos de cana-de-açúcar para produção de etanol. Godia (1987) obteve um valor de produtividade de 15,987 g/L de biorreator horizontal, a uma

concentração de etanol no meio fermentado de 163,02 g/L e rendimento da fermentação de 89% do valor teórico. Através desta comparação demonstra-se que a eficiência fermentativa e a produtividade do sistema, no presente estudo são promissores para a produção de etanol utilizando a batata-doce como matéria-prima.

Os processos fermentativos estudados neste ensaio, destinados à utilização da batata-doce como fonte de matéria prima para produção de etanol, as células imobilizadas se mostrou promissora.

#### IV. CONCLUSÃO

A condução do bioprocesso por batelada seqüencial, em biorreator de leito fixo, preenchido com as esferas de alginato de cálcio contendo as células de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizadas, exibiu uma produtividade média de 8,43 gEtOH/L.h, para um tempo de operação de 66 horas. Esse valor reportado para a produtividade da Indústria Brasileira, se encontra acima da média (5 a 8g EtOH/L.h). A melhor utilização do substrato na produção de etanol sem perturbar o sistema foi obtido, com um tempo de operação de horas, correspondendo a uma produtividade de 12,675 gEtOH/L.h.

O método de imobilização e a sistemática de quantificação celular estudados mostraram-se satisfatórios, possibilitando a sua reprodutibilidade através da metodologia adotada, tal constatação favorece os procedimentos da produção.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHADEFF, E. M. Fermentação Alcoólica com Células de Leveduras Imobilizadas em Alginato de Cálcio, 1984. Rio de Janeiro, 95p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Bioquímicos) – Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CHEETHAN, P.S.J., BLUNT, K.W., BUCKE, C. Physical Studies on Cell Immobilization Using Calcium Alginate Gels, 1979. *Biotechnology and Bioengineering*, 21:2152168. *Energia*, nº 47, p. 8 – 18, 2005. Disponível em: <<http://ecen.com>>. Acesso em: 06 de abril de 2005.

GODIA, F., CASAS, C., SOLÁ, C. A survey of continuous ethanol fermentation systems using immobilized cells, 1987. *Process Biochem.* April: 43-47

MARTINSEN, A., SKJAK-BRAEK, G., SMIDSROD, O. Alginate as immobilization material: correlation between chemical and physical properties of alginate gel beads, 1989. *Biotechnol. Bioeng.* 33:19-89.

MELLO, M. G. (org.) *Biomassa, Energia dos Trópicos em Minas Gerais.* Belo Horizonte: LabMidia/FAFICH, 2001. 272p.:il.

NAJAFPOUR, G., YOUNESI, H. KU ISMAIL, K.S. Ethanol fermentation in an immobilized cell reactor using *Saccharomyces cerevisiae*. 2004. *Bioresource Technology* – 92, p. 251-260.

NEGRÃO. L.C.P; URBAN, M. L P de. Álcool como “commodity” internacional. *Economia e Energia*, nº 47, p. 8 – 18, 2005. Disponível em: <<http://econ.χου>>. Acesso em: 06 de abril de 2005.

NELSON, N. A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose. *J.Biol.Chen.* , v. 153, p. 375-80, 1944.

NUNEZ, M.J., LEMA, J. M. Cell immobilization: application to alcohol production, 1987. *Enzyme Microb. Technol.* 9:642-651.

O’LEARY, B., Re-herdar a terra –Despertar para Soluções Sustentáveis e Verdades Maiores. Âncora Editora.2002.

PRADELLA, J.G. C. da. Reatores com células imobilizadas *Biotechnology Industrial: Engenharia Bioquímica (vol.2).* São Paulo. Editora Edgard Blucher. 1º ed., cap-16: 355-372.

SANCHEZ, E. N. Desempenho de um biorreator com Levedura Imobilizada na Fermentação Alcoólica Continua de Meio Melaço-Vinho, 1995. Rio de Janeiro, 95p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Bioquímicos) – Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SAVELLI, R. A.; PADUA, T.S.; DOBRZYCKI, J. H.; CAL-VIDAL, J. Análise texturométrica e microestruturais de pães franceses, contendo farinha de batata-doce. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 30, n. 3 , mar. 1995. p: 395-400.

SOMOGY, M. A New Reagent for Determination of Sugars. *A new Sugar Reagent*, May p. 61 — 68, 1945.

STUPIELLO, J.P. Aspectos Comparativos das Tecnologias de Produção de Álcool Antes do proalcohol e Presentemente, 1984. *STAB. Açúcar e Álcool e Subprodutos*, 3(2):25-27.

TORQUATO, S. A. ; cana de açúcar para indústria: O quanto vai precisar crescer, em Instituto de Economia Agrícola-IEA. disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php.codTexto=7448>, acesso em 06 de Junho de 2005.

VASCONCELOS, J.N. de. Fermentação Alcoólica com Levedura Imobilizada em Colmos de Cana-de-Açúcar, 1998. Rio de Janeiro, 110p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

#### VI. COPYRIGHT

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



**VERTICAL SEGREGATION OF *SERRAPINNUS PIABA* AND  
*SERRAPINNUS HETERODON* (CHARACIFORMES:  
CHARACIDAE) IN A RIVER STRETCH IN  
NORTHEASTERN BRAZIL**

LUIS ARTUR VALÕES BEZERRA<sup>1</sup>; RONALDO CÉSAR GURGEL LOURENÇO<sup>1</sup>;  
JORGE IVÁN SÁNCHEZ-BOTERO<sup>1</sup>  
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC)  
larturr@yahoo.com.br

**Abstract** - The objective of this study was to evaluate the occupation in the water column by the fish species *Serrapinnus piaba* and *S. heterodon* and test for correlations between abundance and environmental characteristics. The study was conducted in a tributary of the Curu river, in semi-arid Northeastern Brazil. Snorkelers made day-time observations of behaviors: water column occupation, foraging, social organization, syntopy and agonism. The environmental characteristics included river depth, width and current speed in sampling areas dominated by *Ceratophyllum demersum* beds. The two species differed significantly with regard to the frequency of all behaviors, and presented inverse, though not statistically significant, correlations with environmental characteristics. The absence of statistical significance may be explained by the presence of abundant *C. demersum* beds favoring the heterogeneity of current speed and microhabitats. In conclusion, vertical segregation was observed between *S. piaba* (n=45) and *S. heterodon* (n=93) in an environment attenuated by the presence of macrophytes; however, further studies are required to determine the original cause of this segregation.

**Keywords** - Cheirodontinae. Foraging. Social organization. Syntopy.

## I. INTRODUÇÃO

Animal species are distributed variably in ecosystems, in terms of both quality and quantity, due to a range of environmental factors (RINCÓN 1999, KAUFMANN and PINHEIRO 2009). Many studies have demonstrated the influence of biotic and abiotic variables on diversity and abundance of aquatic animals, including hydrodynamic conditions (MARCHETTI and MOYLE 2001), substrate (VLACH et al. 2005, HUMPL and PIVNICKA 2006), riparian vegetation (GROWNS et al. 2003) and water temperature and chemical composition (LAPPALEINEN and SOININEN 2006, BUISSON et al. 2007). Biotic variables include macrophyte beds which form a complex habitat colonized by a great variety of organisms (JUNK 1973, GREGG and ROSE 1982, SÁNCHEZ-BOTERO and ARAUJO-LIMA 2001, LIMA et al. 2008). In a study on the effect of beds of anchored water hyacinth (*Eichhornia azurea*) on predator-prey interactions, Padial et al. (2009) found that the latter are influenced by the structural heterogeneity provided by the roots. Macrophytes also serve as refuge for invertebrates, increasing the heterogeneity of the habitat, and as spawning grounds for fish, in addition to contributing to the distribution and interactions of

colonizing species (SAVINO and STEIN 1982, AGOSTINHO et al. 2003, PADIAL et al. 2009, BULLA et al. 2011). Thus, the spatial aspects of the habitat may be considered a key factor in the structuring of communities in which species interact dynamically and often compete for space (SCHOENER 1974, 1983, CUNHA and VIEIRA 2004).

The genus *Serrapinnus*, of the subfamily Cheirodontinae, one of the best known subfamilies of Characidae in terms of taxonomy and phylogenetics (MALABARBA 2003), is represented by three species in the middle and eastern part of Northeastern Brazil (ROSA et al. 2003). Considering the phylogenetic proximity of the species *S. piaba* (LÜTKEN 1875) and *S. heterodon* (EIGENMANN 1915) and their coexistence in a tributary of the Curu river, a perennial lotic ecosystem in semi-arid Northeastern Brazil, we expect that these species show some degree of resource partitioning. Thus, we investigated their resource use patterns for these two species in light of Schoener's (1974) concept of resource partitioning and Abrams' (1983) concept of limiting similarity. In addition, the abundance of each species was correlated with the physical characteristics of the ecosystem.

## II. MATERIAL AND METHODS

Observations were made along a stretch of a tributary of the Curu river between 3°48'6.10"S 39°19'4.82"W and 3°49'2.66"S 39°19'9.92"W, located within the confines of the Vale do Curu research farm of the Federal University of Ceará, in the municipality of Pentecoste (Figure 1). The study was conducted in the end of the dry season (December) (ZANELLA 2005) to obtain the greatest possible visibility between observer and fish (the visibility was until four meters of distance).

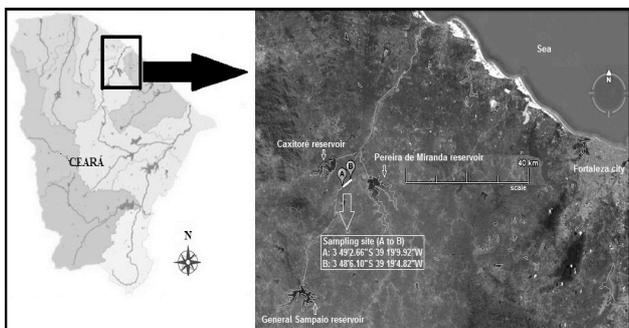


Figure 1 - Sampling area in the municipality of Pentecoste (Ceará, Brazil), showing location of the Vale do Curu Research Farm (Source: Adapted from GORAYEB et al. 2005; GOOGLE EARTH SOFTWARE 6.0.3.2197 Inc., 2011)

Day-time underwater observations were made by three snorkelers on December 6, 7 and 8, 2011. The individuals of *Serrapinnus* are usually found in the marginal areas of the stream, where the depth does not exceed 1.0 m and there are dense macrophyte stands. The chosen stretch of river presented a bottom of gravel and coarse sand and great abundance of hornwort beds (*Ceratophyllum demersum* L.), the macrophyte selected in this study for observation of associated fish fauna as a way to standardize the observations. The hornwort is a submerged free-floating macrophyte, though occasionally fastened to the substrate by rhizoids (DENNY 1987).

After approximately six hours of *ad libitum* exploration of different habitats along the river, 24 hornwort beds were selected at random for underwater observation of the species *S. piaba* and *S. heterodon* from the division of the total area in quadrants of 10 m<sup>2</sup>. Thus, using the focal sampling method of Martin and Bateson (1993), twenty-four observation sessions, for 10 min each, were carried out, registering four variables: i) water column occupation (surface, middle or bottom layers), ii) foraging behaviors (food-seeking in the water column, in the substrate or in the hornwort canopy), iii) social organization (individuals solitary or in shoals of 2-5 or more than 5 individuals), and iv) syntopy (whether in the company of other species of *Serrapinnus*, observed within the same visual field). The presence of other species and agonistic behaviors were also registered. Following the *ad libitum* exploration required to locate the object of the study, hornwort beds were sampled with a dragnet to capture specimens of *S. piaba* and *S. heterodon*. Based on the literature, the specimens were identified taxonomically at the Research Farm in Pentecoste and deposited in the Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (voucher codes: UFRN 934; UFRN 935).

Following each observation session, the physical characteristics (average depth, width and current speed) of the location were determined. The average depth was based on five probes within the observed hornwort bed. The average width was based on measurements of the two extremes encompassing the field of observation. The was determined by averaging the time required for a float to travel five meters downstream five times, according to the formula (1):

$$\text{Current velocity} = d / \Delta t \quad (1)$$

where d is the distance traveled and  $\Delta t$  is the average time elapsed.

Spearman correlations between abundance and habitat characteristics were analyzed with the software PAST 2.14 (HAMMER et al. 2001). Behavior-related data were analyzed with the software BioEstat 5.0 (AYRES et al. 2007) and compared with the G-test and the chi-square test, followed by Yates' correction. The level of statistical significance was set at 5% ( $p < 0.05$ ).

### III. RESULTS AND DISCUSSION

In all, 93 specimens of *S. heterodon* and 45 specimens of *S. piaba* were observed in or around the hornwort beds. Water column occupation differed significantly: *S. piaba* occupied the entire water column more frequently (63% of observations), while *S. heterodon* was mostly observed in the middle layer (66%) (Figure 2a). The existence of multiple microhabitats in the floating canopy of hornwort hypothetically favors the differential use of the water column, a question which could be further clarified in experiments involving the removal of one of the fish species.

The intraspecific social organization varied, but shoals of more than 5 individuals was the predominant pattern (*S. heterodon* = 94% vs. *S. piaba* = 73%) (Figure 2b). The latter species differed from the former as it was observed in shoals of 2-5 individuals in 27% of the observations. Syntopy was registered in 93% (*S. piaba*) and 59% (*S. heterodon*) of cases (Figure 2c). Thus, *S. heterodon* was syntopic with *Astyanax* gr. *bimaculatus* (Characidae), unlike *S. piaba* which was syntopic with *S. heterodon* only. Agonistic behaviors were observed between *S. piaba* and *Poecilia vivipara* (Poeciliidae) in the upper layers of the water column. Other species, such as *Astyanax* gr. *fasciatus*, *Leporinus* sp. and *Prochilodus brevis*, were sampled as bycatch and seen in the hornwort beds, but not in the same visual field as *Serrapinnus*.

The two species differed with regard to their feeding strategies: while *S. heterodon* was more frequently observed feeding on particles in the water column, *S. piaba* appeared to prefer the hornwort bed and the substratum (Figure 2d). According to Dias and Fialho (2009), both species are omnivorous and feed on detritus, fish scales, microcrustaceans, insects, algae and vegetable matter. The authors observed that *S. heterodon* and *S. piaba* were very predominant in hornwort beds in the Ceará Mirim river, an environment with microhabitats favoring species with generalist feeding strategies, but appeared to be segregated spatially or temporally due to the principle of competitive exclusion and were therefore not competing for food directly.

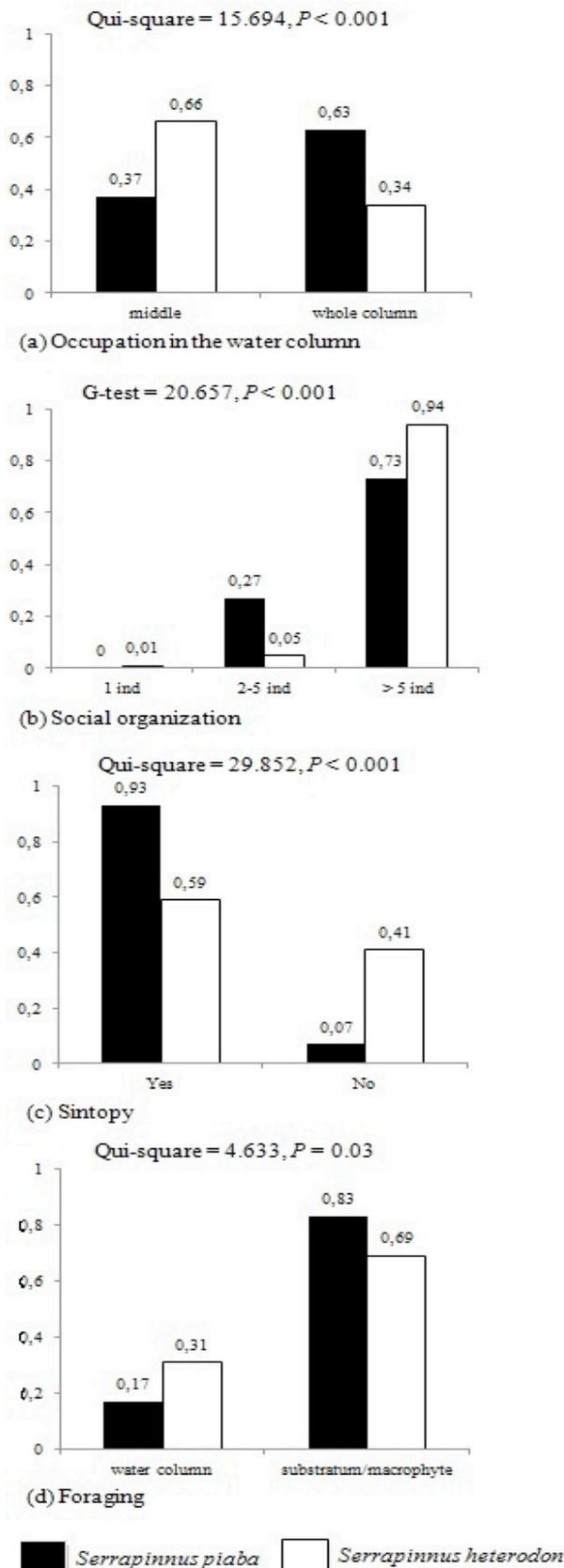


Figure 2 - Relative frequency and significance (chi-square and G-test) of study variables. In parenthesis, the number of observations for *Serrapinnus piaba* and *Serrapinnus heterodon* in each analysis: (a) occupation of the water column (n=45/93), (b) social organization (n=45/93), (c) syntopy (n=45/93) and (d) foraging (n=43/55) for individuals observed in a tributary of the Curu river (Ceará, Brazil).

The differential availability of suspended particles in the water column (SPENCE 1967), as observed in the

tributary of the Curu river in association with the presence and density of *C. demersum* in the water column, may in part account for the spatial segregation of the two species. In fact, greater differences in depth, water flow, light, nutrient availability and other variables related to the submerged macrophyte structures tend to lead to greater a diversity among associated organisms and particles (HENRIQUES et al. 1988, PIERINI and THOMAZ 2009, THOMAZ and ESTEVES 2011). Ibañez et al. (2007) looked at the importance of phylogenetic relationships between fish species, but stressed the role of ecomorphological characteristics in the establishment of feeding patterns, especially in their study from the Bolivian Amazon in which six ecomorphological characteristics (standard length, eye diameter, head length, mouth width, mouth position and gut length) were identified as relevant to analysis. Dias and Fialho (2009) made inferences regarding the existence of a common feeding pattern for *S. heterodon* and *S. piaba* based on their small size, similarities in trophic morphology and common ancestry.

Predator pressure may also affect the distribution of *Serrapinnus* in this environment. Several predators were observed or collected in association with the sampled hornwort beds, especially *Hoplias malabaricus*, an efficient ambush predator (WINEMILLER 1989), *Cichlasoma orientale* and *Crenicichla* sp. In most of our observations, both species of *Serrapinnus* were swimming in shoals of more than 5 individuals. As observed for other fish species, this behavior may reflect a strategy to prevent predation (BROCK and RIFFENBURGH 1960). The preference for hornwort beds may be justified by similar benefits, as previously demonstrated (SÁNCHEZ-BOTERO et al. 2007, PADIAL et al. 2009). However, in general, the processes related to spatial segregation between *S. heterodon* and *S. piaba* remain unclear. Further studies on microhabitat, predator pressure and particles suspended in the water column may shed light on these aspects (WARFE and BARMUTA 2006, PADIAL et al. 2009, PRADO et al. 2010).

On the average, the river stretch selected for the study was  $0.35 \pm 0.24$  m deep and  $6.6 \pm 2.18$  m wide. Depending on the location, the current speed varied from 0.20 to  $0.50 \pm 0.10$  m/s. The river bed consisted of coarse sand and gravel, with a few scattered rocks (KRUMBEIN and SLOSS 1963).

When the abundance of *Serrapinnus* was analyzed in relation to the physical characteristics of the river (Table I), the abundance of *S. piaba* was positively correlated with depth and width. On the other hand, the abundance of *S. heterodon* was negatively correlated with depth and width and positively correlated with current speed only. In comparison, Leal et al. (2011) found that both *S. piaba* and *S. heterodon* prefer environments with low current speed. They added that *S. heterodon* was more abundant than *S. piaba* in open stretches of river, but less abundant on flooded plains, indicating that *S. heterodon* prefer lotic environments while *S. piaba* prefer lentic environments. This is supported by our findings, with emphasis on depth and current speed. According to Leal et al. (2011), the two species differ with regard to body type: the body shape of *S. piaba* is more compressed (better adapted to lentic systems) than that of *S. heterodon* (LANGERHANS et al. 2003). The absence of significant correlations is compatible with the observed coexistence of *S. piaba* and *S. heterodon* in the

sampled hornwort beds, as these macrophytes attenuate the hydrodynamic properties of the river, favoring environmental heterogeneity (GREGG and ROSE 1982).

Table I - Correlations between physical variables of the sampling area in a tributary of the Curu river (Ceará, Brazil) and the abundance of *Serrapinnus piaba* and *Serrapinnus heterodon*. December 2011.

	Abundance	
	<i>S. piaba</i>	<i>S. heterodon</i>
Depth	$r = +0.50; p = 0.31$	$r = -0.29; p = 0.47$
Width	$r = +0.54; p = 0.26$	$r = -0.49; p = 0.21$
Current speed	$r = -0.56; p = 0.23$	$r = +0.35; p = 0.39$

In conclusion, *S. piaba* and *S. heterodon* were found to coexist in beds of *C. demersum* in a perennial river in semi-arid Northeastern Brazil. However, it was not possible to ascertain whether the observed vertical segregation was due to competition for space or the evolutionary history of each species. Interestingly, all the species observed and collected in this study (n=9) were native (ROSA et al. 2003) and were reported for this ecosystem for the first time in the present study. The Curu river may be said to be better preserved than similar waterways in semi-arid Northeastern Brazil in which exotic species have already been introduced (MEDEIROS and MALTCHIK 2001, MALTCHIK and MEDEIROS 2006).

#### IV. ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the Federal University of Ceará (UFC) for help with the funding of field trips, the Vale do Curu Research Farm/UFC for support with infrastructure, and the project PPP/FUNCAP #0011-00187.01.00/09 for lending us their sampling and diving equipment.

#### V. REFERENCES

ABRAMS, P. The theory of limiting similarity. **Annual Reviews of Ecology and Systematics** v. 14, p. 359-376, 1983.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., JULIO Jr, H. F. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. (S. M. THOMAZ, L. M. BINI, eds). Eduem, Maringá, Brazil. p. 261-279, 2003.

AYRES, M., AYRES Jr., M., AYRES, D. L., SANTOS, A. A. S. **BioEstat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. 5 ed. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007.

BROCK, V. E., RIFFENBURGH, R. H. Fish schooling: a possible factor in reducing predation. **Ices Journal of Marine Science** v. 25, n. 3, p. 307-317, 1960.

BUISSON, L., BLANC, L., GRENOUILLET, G. Modelling stream fish species distribution in a river network: the relative effects of temperature versus physical factors. **Ecology of Freshwater Fish** v. 17, n. 2, p. 244-257, 2007.

BULLA, C. K., GOMES, L. C., MIRANDA, L. E., AGOSTINHO, A. A. The ichthyofauna of drifting macrophyte mats in the Ivinhema River, upper Paraná River basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology** v. 9, n. 2, p. 403-409, 2011.

CUNHA, A. A., VIEIRA, M. V. Two bodies cannot occupy the same place at the same time, or the importance of space

in the ecological niche. **Bulletin of Ecological Society of America** v. 85, n. 1, p. 25-26, 2004.

DENNY, P. Mineral cycling by wetland plants – a review. **Archiv fur Hydrobiologie Beih** v. 27, p. 1–25, 1987.

DIAS, T. S., FIALHO, C. B. Biologia alimentar de quatro espécies simpátricas de Cheirodontinae (Characiformes, Characidae) do rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte. **Iheringia, Série Zoológica** v. 99, n. 3, p. 242-248, 2009.

GORAYEB A., SOUZA, M. J. N., FIGUEIRÊDO, M. C. B., ARAÚJO, L. F. P., ROSA, M. F., SILVA, E. V. Aspectos geoambientais, condições de uso e ocupação do solo e níveis de desmatamento da bacia hidrográfica do rio Curu, Ceará - Brasil. **Geografia** v. 14, n. 2, p. 85-106, 2005.

GREGG, W. W., ROSE, F. L. The effects of aquatic macrophytes on the stream microenvironment. **Aquatic Botany** v. 14, p. 309-324, 1982.

GROWNS, I., GEHRKE, P. C., ASTLES, K. L., POLLARD, D. A. A comparison of fish assemblages associated with different riparian vegetation types in the Hawkesbury-Nepean River system. **Fisheries Management and Ecology** v. 10, n. 4, p. 209-220, 2003.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T., RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** v. 4, n. 1, 9p. 2001.

HENRIQUES, R. P. B., ARAUJO, D. S. D., ESTEVES, F. A., FRANCO, A. C. Análise preliminar das comunidades aquáticas da Lagoa Cabiúnas, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Limnológica Brasiliensia** v. 2, p. 783-802, 1988.

HUMPL, M., PIVNICKA, K. Fish assemblages as influenced by environmental factors in streams in protected areas of the Czech Republic. **Ecology of Freshwater Fish** v. 15, n. 1, p. 96-103, 2006.

IBAÑEZ, C., TEDESCO, P. A., BIGORNE, R., HUGUENY, B., POUILLY, M., ZEPITA, C., JOSÉ ZUBIETA, J., OBERDOR, T. Dietary-morphological relationships in fish assemblages of small forested streams in the Bolivian Amazon. **Aquatic Living Resources** v. 20, p. 131–142, 2007.

JUNK, W. J. Investigation of the ecology and production biology of the “Floating meadows” (Paspalo-Echinochloetum) on the Middle Amazon. II. The aquatic fauna in the root zone of floating vegetation. **Amazoniana** v. 4, p. 9-112, 1973.

KAUFMANN, J., PINHEIRO, A. Relações entre diversidade íctica e fatores hidrodinâmicos de um riacho na bacia do rio Uruguai. **Biota Neotropica** v. 9, n. 1, p. 47-54, 2009.

KRUMBEIN, W. C., SLOSS, L. L. **Stratigraphy and Sedimentation**. Freeman and Company, San Francisco and London, 1963.

LANGERHANS, R. B., LAYMAN, C. A., LANGERHANS, A. K., DEWITT, T. J. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. **Biological Journal of the Linnean Society** v. 80, p. 689–698, 2003.

LAPPALAINEN, J., SOININEN, J. Latitudinal gradients in niche breadth and position – regional patterns in freshwater fish. **Naturwissenschaften** v. 93, n. 5, p. 246-250, 2006.

LEAL, C. G., JUNQUEIRA, N. T., POMPEU, P. S. Morphology and habitat use by fishes of the Rio das Velhas basin in southeastern Brazil. **Environmental Biology of Fish** v. 90, p. 143–157, 2011.

- LIMA, S. M. Q., CUNHA, A. A., SÁNCHEZ-BOTERO, J. I., CARAMASCHI, E. P. Vertical segregation of two species of *Hyphessobrycon* (Characiformes: Characidae) in the Cabiúnas coastal lagoon, southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology** v. 6, n. 4, p. 683-688, 2008.
- MALABARBA, L. R. Subfamily Cheirodontinae. In **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. (R. E. REIS, S. O. KULLANDER, C. J. FERRARIS Jr., eds). Porto Alegre, Edipucrs. p. 215-221, 2003.
- MALTCHIK, L., MEDEIROS, E. S. F. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquat. Conserv.** v. 16, p. 665-677, 2006.
- MARTIN, P., BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. 2 ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- MARCHETTI, M. P., MOYLE, P. B. Effects of flow regime on fish assemblages in a regulated California Stream. **Ecological Applications** v. 11, n. 2, p. 530-539, 2001.
- MEDEIROS, E. S. F., MALTCHIK, L. Diversity and stability of fishes (Teleostei) in a temporary river of the Brazilian semiarid region. **Iheringia, Série Zoológica** v. 90, p. 157-166, 2001.
- PADIAL, A. A., THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A. Effects of structural heterogeneity provided by the floating macrophyte *Eichhornia azurea* on the predation efficiency and habitat use of the small Neotropical fish *Moenkhausia sanctaeflorenae*. **Hydrobiologia** v. 624, p. 161-170, 2009.
- PIERINI, S. A., THOMAZ, S. M. Effects of limnological and morphometric factor upon Zmin, Zmax and width of *Eregia* spp. stands in a tropical reservoir. **Brazilian Archives of Biology and Technology** v. 52, n. 2, p. 387-396, 2009.
- PRADO, K. L. L., FREITAS, C. E. C., SOARES, M. G. M. Assemblagens de peixes associadas às macrófitas aquáticas em lagos de várzea do baixo rio Solimões. **Biotemas** v. 23, n. 1, p. 131-142, 2010.
- RINCÓN, P. A. Uso do micro-habitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas. In **Ecologia de Peixes de Riachos**. (E. P. CARAMASCHI, R. MAZZONI, P. R. PERES-NETO, eds). Série Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, v. 6, p. 23-90, 1999.
- ROSA, R. S., MENEZES, N. A., BRITSKI, H. A., COSTA, W. J. E. M., GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da caatinga. In **Ecologia e Conservação da Caatinga**. (I. R. LEAL, M. TABARELLI, J. M. C. DA SILVA, eds) Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p.135-180, 2003.
- SÁNCHEZ-BOTERO, J. I., ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. **Acta Amazonica** v. 31, n. 3, p. 437-447, 2001.
- SÁNCHEZ-BOTERO, J. I., LEITÃO, R. P., CARAMASCHI, E. P., GARCEZ, D. S. The aquatic macrophytes as refuge, nursery and feeding habitats for freshwater fish from Cabiúnas Lagoon, Restinga de Jurubatiba National Park, Rio de Janeiro, Brazil. **Acta Limnologia Brasiliensis** v. 19, n. 2, p. 143-153, 2007.
- SAVINO, J. F., STEIN, R. A. Predator-prey interaction between largemouth bass and bluegills as influenced by simulated, submersed vegetation. **Transactions of the American Fisheries Society** v. 111, p. 255-266, 1982.
- SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science** 185:27-39, 1974.
- SCHOENER, T. W. Field experiments on interspecific competition. **American Naturalist** v. 122, p. 240-285, 1983.
- SPENCE, D. H. N. Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland. **Journal of Ecology** v. 55, p. 147-170, 1967.
- THOMAZ, S. M., ESTEVES, F. A. Comunidades de macrófitas aquáticas. In **Fundamentos de Limnologia**. (F.A. ESTEVES, ed) 3 ed. Editora Interciência, Rio de Janeiro. p. 461-521, 2011.
- VLACH, P., DUŠEK, J., ŠVÁTORA, M., MORAVEC, P. Fish assemblage structure, habitat and microhabitat preference of five fish species in a small stream. **Folia Zoologica** v. 54, n. 4, p. 421-431, 2005.
- WARFE, D. M., BARMUTA, L. A Habitat structural complexity mediates food web dynamics in a freshwater macrophyte community. **Oecologia** v. 150, p. 141-154, 2006.
- WINEMILLER, K. O. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes. In the Venezuelan ilanos. **Environmental Biology of Fish** v. 26, p. 177-199, 1989.
- ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In **Ceará: um novo olhar geográfico**. (J. BORZACCHIELLO, T. CAVALCANTE, E. DANTAS, eds). Editora Demócrito Rocha. p.169-188, 2005.

## VI. COPYRIGHT

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



## UMA VISÃO DOS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

LUIS CARLOS MACHADO; ÂNGELO MÁRCIO OLIVEIRA SANT'ANNA  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANA  
luis.machado926@gmail.com

**Resumo** - Em função da necessidade de se diminuir o tempo de desenvolvimento de novos produtos fazendo também que se diminuam os custos de produção, as empresas se veem obrigadas a utilizar tecnologias que lhes proporcionem estas condições, o objetivo deste trabalho é apresentar a tecnologia de prototipagem rápida, através dos vários processos já existentes no mercado, e também mostrar as diversas áreas onde os processos de prototipagem são utilizados.

**Palavras-chave:** Prototipagem rápida. Processos.

### I. INTRODUÇÃO

A Prototipagem Rápida (PR) é um processo de fabricação muito utilizado nas empresas, principalmente nas áreas de desenvolvimento de novos produtos. Esta tecnologia pode ser também utilizada por outras áreas, como por exemplo, saúde médica e odontológica, aeronáutica aeroespacial, cerâmica e outros.

O design de produto foi profundamente influenciado pela revolução tecnológica dos últimos anos, quando surgiram novas tecnologias e novos processos produtivos, e junto a eles, novas metodologias de design adaptadas a esse novo contexto. Além disso, pelo desenvolvimento destes produtos industriais estarem inseridos em um universo tecnológico complexo e competitivo, onde a qualidade e a eficiência são requisitos primordiais, há um apelo para que designers utilizem essas tecnologias e linguagens computacionais a fim de minimizar os riscos envolvidos no processo, (ALCOFORADO, 2008).

O termo prototipagem rápida designa um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (C.A.D., Computer Aided Design). Tais métodos são bastante especiais, uma vez que eles ligam materiais, camada a camada, de forma a constituir o objeto desejado. Eles oferecem diversas vantagens em muitas aplicações quando comparados aos processos de fabricação tradicionais baseados em remoção de material, tais como fresagem ou torneamento, as vantagens mais evidentes são em relação ao tempo de confecção e principalmente a geometrias complexas, onde a fabricação pelo processo de usinagem se torna praticamente inviável.

Tais métodos permitem aos projetistas criar rapidamente protótipos concretos a partir de seus projetos,

ao invés de figuras bidimensionais. Esses modelos apresentam diversos usos. Eles constituem um auxílio visual excelente durante a discussão prévia do projeto com clientes. Além disso, o protótipo pode permitir testes prévios como, por exemplo, ensaios de resistência e análise para verificar pontos de concentração de tensões na peça.

A verdade é que os projetistas sempre construíram protótipos; os processos de prototipagem rápida permitem que eles sejam feitos mais depressa e de forma mais barata. De fato, estima-se que a economias de tempo e de custos proporcionada pela aplicação das técnicas de prototipagem rápida na construção de modelos sejam da acima de 70 %. (MEERKAM e WARZAC, 2001).

As primeiras técnicas para prototipagem rápida ficaram disponíveis na década de oitenta e foram usadas para produzir modelos e partes de protótipos. Hoje em função do desenvolvimento de novos materiais para prototipagem já é utilizada para produção de produtos em que a quantidade é relativamente pequena.

### II. HISTÓRICO DOS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

O surgimento inicial do sistema de prototipagem rápida foi em 1987 com o processo de estereolitografia da empresa americana 3D Systems.

Em 1991 surgiram os processos Fused deposition modelin (FDM) da empresa americana Stratasys, o Solid Ground Curing (SGC) da empresa Israelense Cubital e o Manufatura de Objetos em Lâmina (LOM) desenvolvido por Michel Fygin.

Em 1992 o Selective Laser Sintering (SLS) desenvolvido por Charles W. Hull e Raymond S. Freed e comercializado pela empresa americana DTM, o Sistema Soliform de Estereolitografia (SSE) da empresa japonesa Teijin Seiki.

Em 1993 o Direct Shell Production Casting (DSPC) da empresa americana Soligen.

Em 1994 ModelMaker (MM) da empresa americana Sander Prototype, Solid Center (SC) da empresa japonesa Kira Corp, Sistema de estereolitografia da empresa alemã Fockele & Schuartz, sistema Eosint da empresa alemã EOS, Sistema de estereolitografia da empresa japonesa Ushio.

A partir de 2000 surgiram outros processos que derivam dos anteriores, porém acrescentando a possibilidade da utilização de materiais metálicos, como os processos de prototipagem Laser Engineered Net Shaping (LENS) desenvolvido pelos laboratórios SANDIA- Estados Unidos, o processo Electron Beam Free Form Fabrication (EBF3) desenvolvido por engenheiros do Centro Langley da NASA e o processo Selective Inhibition of Sintering (SIS) desenvolvido pelo pesquisador Dr. Behnokh Khoshnevis da Universidade Southern Califórnia, Estados Unidos.

O processo de prototipagem rápida por impressão 3D é o que tem a possibilidade de aplicação mais evidenciado pois é o processo com menor custo de equipamento, além de já possuir equipamentos de alta velocidade e também esta sendo utilizado em nanotecnologia o Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) processo desenvolvido por engenheiros da Universidade de Viena, Áustria.

Os processos de prototipagem rápida, atualmente existentes são constituídos por cinco etapas básicas (PALM, 1988):

1. Criação de um modelo CAD da peça que está sendo projetada;
2. Conversão do arquivo CAD em formato STL, próprio para estereolitografia;
3. Fatiamento do arquivo STL em finas camadas transversais;
4. Construção física do modelo, empilhando-se uma camada sobre a outra;
5. Limpeza e acabamento do protótipo.

Esquema representado graficamente. A figura 1 mostra graficamente o que acontece na conversão do arquivo CAD em formato STL.



Figura 1 - Representação das principais etapas do processo de manufatura por camada  
Fonte: (VOLPATO, 2007)

### III. OS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA USADOS NO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS

#### ESTEREOLITOGRAFIA (SLA, "STEREOLITHOGRAPHY")

Este processo pioneiro, patenteado em 1986, deflagrou a revolução da prototipagem rápida. Ele constrói modelos tridimensionais a partir de polímeros líquidos sensíveis à luz, que se solidificam quando expostos à radiação ultravioleta. O modelo é construído sobre uma plataforma

situada imediatamente abaixo da superfície de um banho líquido de resina epóxi ou acrílica. Uma fonte de raio laser ultravioleta, com alta precisão de foco, traça a primeira camada, solidificando a seção transversal do modelo e deixando as demais áreas líquidas. A seguir, um elevador mergulha levemente a plataforma no banho de polímero líquido e o raio laser cria a segunda camada de polímero sólido acima da primeira camada. O processo é repetido sucessivas vezes até o protótipo estar completo. Uma vez pronto, o modelo sólido é removido do banho de polímero líquido e lavado. Os suportes são retirados e o modelo é introduzido num forno de radiação ultravioleta para ser submetido a uma cura completa (Figura 2). Uma vez que a estereolitografia foi a primeira técnica bem sucedida de prototipagem rápida ela se tornou um padrão de avaliação (benchmarking) para as demais, que surgiram posteriormente.

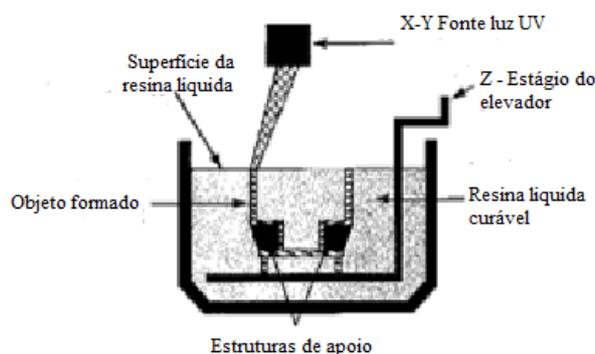


Figura 2- Processo de Estereolitografia  
Fonte: (SLA – 3D Systems Inc.)

#### MODELAGEM POR DEPOSIÇÃO DE MATERIAL FUNDIDO (FDM, "FUSED DEPOSITION MODELING")

O processo FDM é uma das tecnologias de prototipagem rápida que vem se consolidando como técnica para acelerar e melhorar o processo de desenvolvimento de novos produtos, (WOHLERS, 2007). Neste processo filamentos de resina termoplástica aquecida são extrudadas a partir de uma matriz em forma de ponta que se move num plano X-Y. A matriz de extrusão controlada deposita filetes de material extremamente fino sobre a plataforma de construção, formando a primeira camada do componente. A plataforma é mantida sob uma temperatura inferior à do material, de forma que a resina termoplástica endurece rapidamente. Após esse endurecimento a plataforma se abaixa ligeiramente e a matriz de extrusão deposita uma segunda camada sobre a primeira. O processo é repetido até a construção total do protótipo (Figura3). São construídos suportes durante a fabricação para segurar o protótipo durante sua fabricação. Tais suportes são fixados ao protótipo usando-se um segundo material, mais fraco, ou uma junção perfurada. As resinas termoplásticas adequadas a esse processo incluem poliéster, polipropileno, ABS, elastômeros e cera usada no processo de fundição por cera perdida.

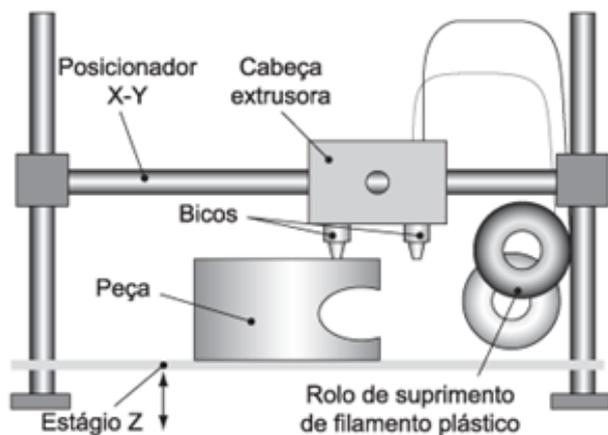


Figura 3- O processo de modelagem por deposição de material fundido  
Fonte: (Artis, 2006)

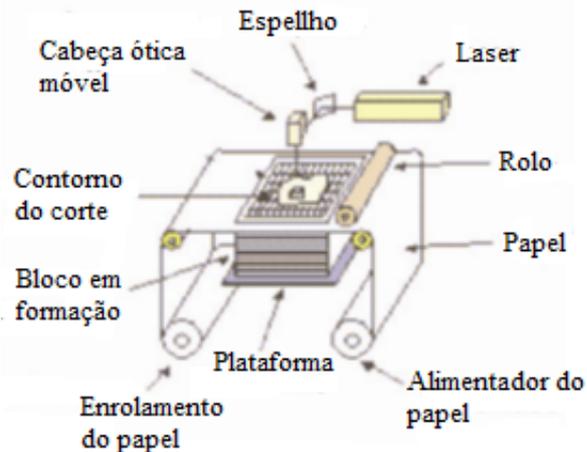


Figura 4 - Processo LOM  
Fonte: (Rede nacional de Prototipagem Rápida- Portugal)

### MANUFATURA DE OBJETOS EM LÂMINAS (LOM, "LAMINATED OBJECT MANUFACTURING")

Neste processo camadas de material, na forma de tiras revestidas de adesivo, são unidas umas nas outras formando o protótipo. A tecnologia de prototipagem rápida conhecida por Manufatura de Objetos em Lâminas (LOM) possui impacto direto (na espessura da camada, na temperatura, na plataforma, na velocidade de calor e na velocidade de calor do laser) ou indireto (na velocidade de alimentação e na velocidade da plataforma) durante o processo de deposição de camadas na superfície vertical, (KECHAGIAS, 2007). O material original consiste de bobinas de papel laminado com cola ativada pelo calor. Um rolo coletor avança a tira de papel sobre a plataforma de construção, onde há uma base feita de papel e fita com espuma nas duas faces. A seguir, um rolo aquecido aplica pressão para fixar o papel à base. Uma fonte de raio laser com alta precisão de foco corta o contorno da primeira camada sobre o papel e então quadricula a área em excesso, ou seja, o espaço negativo do protótipo. Esse quadriculado rompe o material extra, tornando fácil sua remoção durante o processamento posterior. Esse material em excesso proporciona um excelente suporte para projeções, saliências e seções com paredes finas durante o processo de construção. Após o corte da primeira camada a plataforma é abaixada, liberando o caminho para que o rolo coletor avance a tira de papel e exponha material novo. Então a plataforma se eleva até um ponto ligeiramente inferior à altura original, o rolo aquecido liga a segunda camada a primeira e a fonte de raio laser corta a segunda camada. Este processo é repetido tantas vezes quantas forem necessárias para construir a peça, a qual apresentará textura similar à de madeira. Uma vez que os modelos são feitos de papel, eles devem ser selados e revestidos com tinta ou verniz para se evitar eventuais danos provocados pela umidade (Figura 4).

### SINTERIZAÇÃO SELETIVA A LASER (SLS, "SELECTIVE LASER SINTERING")

Este processo, patenteado em 1989, usa um raio laser para fundir, de forma seletiva, materiais pulverizados, tais como náilon, elastômeros e metais, num objeto sólido. As peças são construídas sobre uma plataforma a qual está imediatamente abaixo da superfície de um recipiente preenchido com o pó fusível por calor. O raio laser traça a primeira camada, sinterizando o material. A plataforma é ligeiramente abaixada, reaplica-se o pó e o raio laser traça a segunda camada. O processo continua até que a peça esteja terminada (Figura5). O pó em excesso ajuda a dar suporte ao componente durante sua construção. ( SOUZA e ULBRICH, 2009)

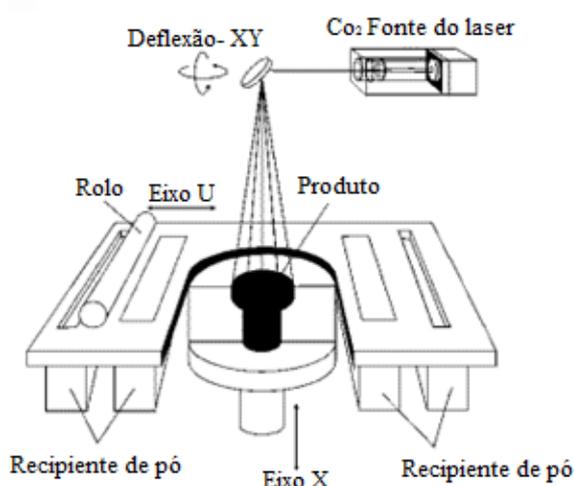


Figura 5 - Processo de Sinterização Seletiva  
Fonte: (SLS – DTM Corp.)

### CURA SÓLIDA NA BASE (SGC, "SOLID GROUND CURING")

Este processo é bastante similar a estereolitografia, pois ambos usam radiação ultravioleta para endurecer, de forma seletiva, polímeros fotossensíveis. Contudo, ao

contrário da estereolitografia, este processo cura uma camada inteira de uma vez. Em primeiro lugar, a resina foto-sensível é borrifada sobre a plataforma de construção. A seguir, a máquina gera uma foto-máscara (como um estêncil) correspondente à camada a ser gerada. Esta foto-máscara é impressa sobre uma placa de vidro acima da plataforma de construção, usando-se um processo similar ao das máquinas fotocopiadoras. A seguir a máscara é exposta à radiação ultravioleta, a qual passa apenas através das porções transparentes da máscara, endurecendo seletivamente as porções desejadas de polímero correspondentes à camada atual. Após a cura da camada, a máquina suga por vácuo o excesso da resina líquida e borrifa cera em seu lugar para dar suporte ao modelo durante sua construção. A superfície superior é fresada de forma a ficar plana e o processo é repetido para se construir a próxima camada. Assim que a peça ficar pronta é necessário remover a cera nela presente, através de sua imersão num banho de solvente. Essas máquinas são de grande porte e podem produzir modelos de grande tamanho.

#### IMPRESSÃO POR JATO DE TINTA (MJT, "MULTI JET MODELING"; BPM, "BALLISTIC PARTICLE MANUFACTURING")

Ao contrário das técnicas expostas anteriormente, esta aqui se refere a uma classe inteira de equipamentos que usam a tecnologia de jato de tinta. Os protótipos são construídos sobre uma plataforma situada num recipiente preenchido com material pulverulento. Um cabeçote de impressão por jato de tinta "imprime" seletivamente um agente ligante que funde e aglomera o pó nas áreas desejadas. O pó que continua solto permanece na plataforma para dar suporte ao protótipo que vai sendo formado. A plataforma é ligeiramente abaixada, adiciona-se mais material pulverulento e o processo é repetido. Ao se terminar o processo a peça "verde" é sinterizada, removendo-se o pó que ficou solto. Podem ser usados pós de materiais poliméricos, cerâmicos e metálicos, (SOUZA e ULBRICH, 2009).

#### CONFORMAÇÃO PRÓXIMA AO FORMATO FINAL VIA LASER (LENS, "LASER ENGINEERED NET SHAPING")

Processo relativamente novo, que apresenta a vantagem de produzir protótipos de metal plenamente densos, com boas propriedades metalúrgicas e velocidades razoáveis de construção. Aqui um gerador de raio laser de alta potência é usado para fundir pó metálico fornecido coaxial ao foco do raio laser, através de um cabeçote de deposição. O raio laser passa através do centro do cabeçote e é focado para um pequeno ponto através de uma lente ou conjunto e lentes. Uma mesa X-Y é movida por varredura de forma a gerar cada camada do objeto. O cabeçote é movido para cima à medida que cada camada é completada. O raio laser pode ser conduzido até a área de trabalho

através de espelhos ou fibra ótica. Os pós-metálicos são fornecidos e distribuídos ao redor da circunferência do cabeçote por gravidade ou através de um gás portador inerte pressurizado (Figura 6).

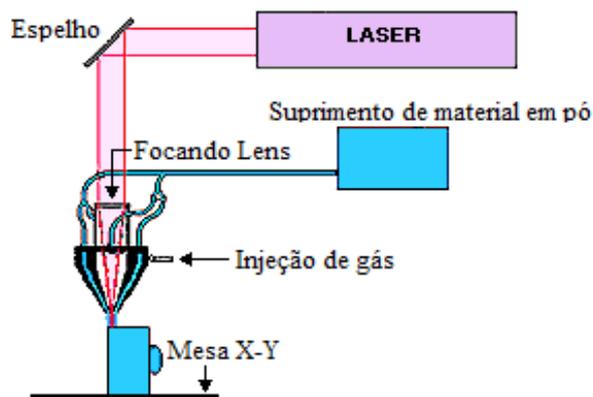


Figura 6 - Esquema do processo LENS  
Fonte: cimject.ufsc

#### FABRICAÇÃO DE PEÇAS EM FORMATO LIVRE POR FEIXES DE ELÉTRONS (EBF3 – "ELETRON BEAM FREE FORM FABRICATION")

A técnica de impressão 3-D de peças metálicas ocorre no interior de uma câmara de vácuo, onde um feixe de elétrons é focalizado sobre um suprimento contínuo de metal em pó, fundindo-o e fazendo sua deposição camada a camada sobre a peça em construção.

O processo foi batizado de EBF3 – Electron Beam Free Form Fabrication – fabricação de peças em formato livre por feixe de elétrons. O equipamento tem dois bicos de injeção de metal que funcionam simultaneamente, o que significa que ele é capaz de misturar dois metais diferentes em uma liga única ou incorporar um material no interior de outro. Esta última possibilidade permitirá, por exemplo, a incorporação de fibras ópticas de vidro no interior de peças metálicas e a colocação de sensores em áreas impossíveis de serem trabalhadas.

A única exigência do processo é que os metais sejam compatíveis com o uso do feixe de elétrons, tornando o alumínio, o titânio e outros metais semelhantes, as matérias-primas ideais para a fabricação das peças por impressão 3-D. O uso terrestre e mais imediato da impressão 3-D com metais é ainda mais promissor.

#### IMPRESSORA 3-D DE ALTA VELOCIDADE

A impressora de alta resolução constrói os objetos usando uma resina líquida, que é endurecida nos pontos precisos por um feixe de laser altamente focalizado. O ponto focal do laser é guiado ao longo de resina por espelhos móveis. A resolução é tão elevada que torna-se possível a construção de peças de alta complexidade que não são maiores do que um grão de areia. A nova impressora 3-D também é muito rápida. Costuma-se medir a velocidade de impressão em milímetros por segundo, este equipamento pode fazer em cinco metros em um segundo”, garante o

professor Jurgen Stampfl. E não se trata apenas de uma maravilha mecânica: a chamada técnica da litografia de dois fótons exigiu o desenvolvimento de uma resina especial. “A resina contém moléculas que são ativadas pelo laser. Elas induzem uma reação em cadeia em outros componentes de resina e os solidificam”, esta é a definição de Jan Torgesten, pesquisador que ajudou a desenvolver o aparelho.

Essas chamadas moléculas iniciadoras somente são ativadas se absorverem dois fótons do laser de uma vez- daí o nome da técnica. E isso só acontece no centro do feixe do laser, onde a intensidade é maior, garantindo uma precisão sem precedentes.

#### INIBIÇÃO SELETIVA DE SINTERIZAÇÃO (SIS - "SELECTIVE INHIBITIONS OF SINTERIN")

O Dr. Behrokh Khoshnevis pesquisador da Universidade Southern California (Estados Unidos) ganhou renome mundial com seu sistema "[Contour-Crafting](#)", capaz de construir até casas por meio de um sistema parecido com a impressão jato-de-tinta. O novo aparelho representa um avanço significativo sobre os equipamentos de sinterização a laser já largamente utilizados para a geração de peças complexas em 3D a partir de arquivos de computador. O Dr. Khoshnevis afirma que sua nova criação, batizada de SIS ( "Selective Inhibition of Sintering": Inibição Seletiva de Sinterização ) poderá viabilizar a prototipagem rápida em escritórios e até mesmo em residências. As máquinas de prototipagem rápida por sinterização constroem os objetos aplicando camadas sucessivas e finíssimas, de menos do que um milímetro de espessura, de material plástico em pó sobre uma área de trabalho. A seguir esse material é sinterizado, ou fundido, em áreas selecionadas. A parcela não fundida do pó é removida e o processo é repetido múltiplas vezes, até que a peça esteja pronta (Figura7). Esses processos são conhecidos como prototipagem rápida porque inicialmente eram utilizados para a geração de protótipos ou para a criação de moldes. Mas, com o avanço da tecnologia e dos equipamentos, várias empresas já utilizam o sistema para a criação de produtos finais. Esses equipamentos utilizam raio laser para sinterizar o material. O novo processo SIS, ao contrário, trata automaticamente uma parte do pó aplicado para que se torne resistente à ligação com as partículas adjacentes, submetendo a peça inteira a um calor uniforme e alta intensidade. Segundo o Dr. Khoshnevis, o seu processo tem várias vantagens sobre os equipamentos a laser. Os lasers e scanners utilizados são caros, duram pouco e consomem muita energia. Já o processo SIS pode utilizar uma chama a gás ou mesmo resistências elétricas de aquecedores comuns. Isto é o que permite que até pós-metálicos possam vir a ser utilizados, fabricando-se diretamente uma peça de metal. Outra vantagem levantada pelo criador do equipamento é que o método SIS é mais rápido, já que os sistemas a laser têm que passar

continuamente sobre toda a peça, ligando e desligando o feixe de luz para fundir partes específicas da peça. Isto pode fazer com que peças grandes e complexas levem até dias para serem construídas. Já uma peça padrão pode ser construída em 15 segundos com o método SIS.

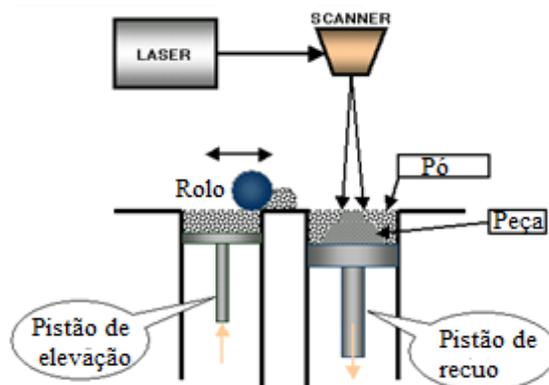


Figura 7- Esquema representativo do processo SIS. Fonte site inovação Tecnológica

#### PROTOTIPAGEM RÁPIDA POR REMOÇÃO DE MATERIAL

É o processo onde os modelos são obtidos através do desbaste de blocos de diversos materiais que podem ser de madeira, alumínio, resinas, etc., em máquinas de usinagem CNC de altas velocidades, as vantagens desse processo são a diversidade de materiais e a rapidez do processo, como desvantagens temos as limitações em relação a geometria dos modelos e a geração de resíduos com a remoção do material e a necessidade de em alguns casos de utilização de fluidos de corte.

Tabela 1- Análise dos processos de prototipagem rápida mais usados

PROCESSOS	ANO	ÁREAS DE ATUAÇÃO	DESENVOLVEDORES/EMPRESA	MATERIAIS	FORMAS DE PROCESSO	VANTAGENS	DESvantagens
ESTEREOLITOGRAFIA	1987	PRODUTOS FUNCIONAIS	3D SYSTEMS	RESINA LIQUIDA	FONTE DE LASER	Melhor processo em termo de acabamento Baixa precisão. Hé vasta gama de materiais	Custo da matéria prima elevado, baixa resistência mecânica das peças, tempo de construção alto, necessidade de pós-cura
FDM (FUSÃO POR DEPOSIÇÃO DE MATERIAL)	1991	PRODUTOS FUNCIONAIS	STRATASYS	ABS ELASTOMEROS	EXTRUSÃO A QUENTE	Grande precisão dimensional Permite a utilização de dois materiais simultâneos Propriedades mecânicas elevadas	Processo lento Custo do equipamento elevado. Custo do produto elevado.
LOM (MANUFATURA DE OBJETOS EM LÂMINAS)	1991	PRODUTOS FUNCIONAIS	MICHEL FYNGIN	PAPEL ADESIVO PLÁSTICO METAL	FONTE DE LASER	Bom precisão dimensional no eixo x,y Baixo custo do material e do processo Ótimo para peças de grande porte	Instabilidade do papel Baixa precisão no eixo x Necessidade de retábulo Dificuldade de obter pequenas espessuras
SLS (SINTERIZAÇÃO SELETIVA A LASER)	1992	PRODUTOS FUNCIONAIS	CHARLES W. HULL	POLIAMIDA CERÂMICA METAL	FONTE DE LASER	Resistência mecânica e térmica elevada Rápido na execução Grande variedade de material	Superfícies rugosas. Possibilidade, alto custo da matéria prima Baixa precisão dimensional
IMPRESSÃO JATO DE TINTA	1996	PRODUTOS FUNCIONAIS	3D SYSTEMS	PÓ CERÂMICO OU POLIMÉRICO	LÂMPADA ULTRA VIOLETA	Não necessita de suporte físico Peças de qualquer geometria Variedade de material Pode-se obter peças prontas.	Superfícies com rugosidade elevada. Difícil de remover o pó não ligado
LENS (CONFORMAÇÃO PRÓXIMA AO FORMATO FINAL VIA LASER)	2000	PRODUTOS FUNCIONAIS	SANDIA	LIGAS DE TITÂNIO E AÇO	FONTE DE LASER	Mistura de dois metais diferentes Usa menos electricidade que a fabricação da peça por meios convencionais.	Construção de peças metálicas Boas propriedades mecânicas Custo do equipamento elevado Necessidade de retábulo
EBF (FABRICAÇÃO DE PEÇAS EM FORMATO LIVRE POR FEIXES DE ELÉTRONS)	2009	PRODUTOS FUNCIONAIS	CENTRO DE PESQUISA LANGLEY (NASA)	PÓ METÁLICO -ALUMÍNIO -TITÂNIO	FEIXE DE ELÉTRONS		
SIS (INIBIÇÃO SELETIVA DE SINTERIZAÇÃO)	2009	PRODUTOS FUNCIONAIS	BEHNOKH KHOSINIEV	POLIMEROS METAIS	FONTE DE LASER	Hé vasta gama de materiais Processo relativamente mais barato segundo seu criador Tempo de processo baixo	Processo relativamente novo.
IMPRESSÃO 3D POR INJEÇÃO	2010	PRODUTOS FUNCIONAIS E CONJUNTOS MONTADOS	3D SYSTEMS	ABS RESINA EPOXI	LÂMPADA ULTRA VIOLETA	Alta precisão, alto grau de acabamento, construção de conjuntos montados.	Limitação de materiais Resistência mecânica média

IV. APLICAÇÃO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA (PR) NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Segundo (WOHLERS,2007), é possível utilizar a tecnologia da PR no desenvolvimento dos produtos como segue:

a) Na construção de protótipos, para avaliação e adequação da funcionalidade e da forma geométrica dos produtos, isto é, para análise da aplicabilidade. Desta análise derivam-se importantes mecanismos para quantificar a matéria-prima a ser utilizada e prever as dimensões e precisões envolvidas no produto;

b) Frequentemente os protótipos construídos são modelos físicos da aparência externa de produtos ou propostas intuitivas (mostruário). Nesses casos, a facilidade e a rapidez de construção do protótipo e seu custo são fatores fundamentais, isto é, a PR só é justificada quando efetivamente facilita a etapa inicial de desenvolvimento de produtos;

c) A PR é utilizada para satisfazer à exigência de alguns processos, como a fundição sobre pressão, que necessita de moldes especiais. Nesses casos, o protótipo gerado é o molde que deve ter alta precisão dimensional, excelente acabamento superficial, adequada resistência ao calor e satisfatória dureza.

Amplamente divulgada a aplicação da prototipagem na indústria tem aumentado consideravelmente, pois, com o desenvolvimento de novos produtos e a competitividade se faz necessário a redução de tempos, e com o desenvolvimento de novos materiais, em alguns casos podemos confeccionar peças já como produto final no processo de prototipagem rápida. A aplicação dos processos de prototipagem rápida é muito difundido no setor automotivo, porém de forma geral também em outros setores produtivos como por exemplo na manutenção, no desenvolvimento de novos produtos, na simulação de equipamentos, e também na engenharia reversa e com a tendência da diminuição dos custos outras áreas do setor industrial também investirão nesta tecnologia.

Também em expansão na área de saúde de modo geral são cinco as aplicações da prototipagem rápida, requerem a utilização de diferentes materiais e, conseqüentemente, o emprego de diferentes tecnologias de prototipagem rápida. São eles: (1) biomodelos para planejamento e treinamento cirúrgico em polímero ou gesso; (2) guias para perfuração de ossos feitas em polímero; (3) scaffolds ou telas de suporte de metais, cerâmicos, polímeros ou compostos biocompatíveis; (4) implantes densos que podem ser construídos em metal, composto, polímero, ou cerâmica ou composto e (5) confecção de próteses (MAIA, 2006).

O gráfico 1 demonstra que a quantidade de aquisição de equipamentos de prototipagem rápida no Brasil ainda é muito pequena. Enquanto, o gráfico 2 mostra o percentual dos processos de prototipagem por atividade a nível mundial.

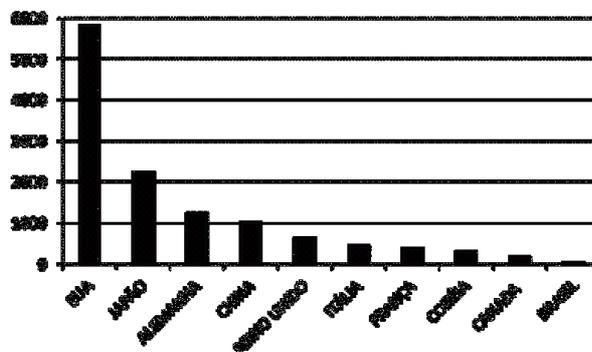


Gráfico 1 - Fonte: (Revista CADWARE INDÚSTRIA, junho/2006)

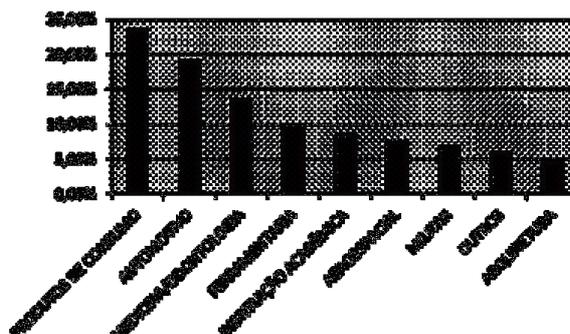


Gráfico 2 – Aplicações de prototipagem rápida em diferentes áreas (WOHLERS ASSOCIATES, 2007)

Construção de Scaffolds para engenharia tecidual utilizando prototipagem rápida (OLIVEIRA, 2007).

Os cientistas austríacos agora estão trabalhando em resinas biocompatíveis, para aplicações biomédicas. Essas resinas poderão ser usadas para criar estruturas de suporte, os chamados andaimes ou matrizes extracelulares, nos quais células vivas poderão se agarrar e crescer, facilitando criação de tecidos biológicos artificiais.

No campo da nanotecnologia Engenheiros da Universidade de Tecnologia de Viena, na Áustria, construíram a primeira impressão 3-D com resolução manométrica, abrindo caminho para seu uso também na fabricação de Microsistemas Integrados (MEMS-Micro-Electro-Mechanical Systems) e nano-máquinas.

Usando uma tecnologia chamada litografia de dois fótons, a impressora atingiu uma precisão tal que permite seu uso de peças para medicina.

## V. CONCLUSÃO

A prototipagem rápida é cada vez mais utilizada na confecção de geometrias mais complexas. Esta tecnologia permite a utilização de diferentes tipos de materiais em suas aplicações. A confecção de protótipos personalizados é uma realidade. Contudo, cada tipo de tecnologia utilizada para a confecção de modelos através da prototipagem rápida, pode gerar diferentes resultados dimensionais e visuais.

Este trabalho procurou mostrar vários processos de fabricação. A escolha do processo depende de fatores como resistência, acabamento, material, custo, tempo, etc.

Também foi comentado sobre as áreas de atuação em que o processo de prototipagem rápida mais cedo ou mais tarde se fará necessário para um maior desenvolvimento, como exemplo, na área médica onde a tendência é aumentar seu uso em função das novas tecnologias e materiais, na área de nanotecnologia onde já é possível fabricar peça com dimensões micrométricas.

Os primeiros equipamentos tinham um custo elevado, porém com o desenvolvimento de novas tecnologias estes custos foram reduzidos o que faz com que o acesso a essas tecnologias fique cada vez mais acessível, o que nos leva a crer que em muito pouco tempo esta tecnologia será utilizada em nossos lares assim com as impressoras que atualmente temos em nossas casas.

Uma área que tende a crescer é a de manutenção, pois, com o desenvolvimento de materiais e também com processos de prototipagem cada vez melhor, a certeza de que as peças confeccionadas por meio de prototipagem rápida terão resistência bem próxima ou igual a peças originais.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AHRENS, C.H ; FERREIRA, C.V. ; PETRUSVCH, G. ; MAIA, A.M. ; CARVALHO, J. ; SANTOS, R.L.S. ; SILVA, J.V.L. ; VOLPATO, N.-“**Prototipagem no Brasil.**

**Realidade e perspectivas”**, junho/2006. <[www.cadware.com.br](http://www.cadware.com.br)>. Acessado em 18/05/2012.

[2] ALCOFORADO, M. G. Design Interativo: **O Poder Comunicativo dos Protótipos**. In: 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, SENAC, São Paulo, Anais Eletrônicos, (2008).

[3] CHEN, L. C. **Reverse engineering in the design of turbine blades – a case study in applying the MAMDP**. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, v. 16, n. 2-3, p. 161-167, (2000).

[4] COLLINS; WOHLERS ASSOCIATES INC. vol. 1. **Desenvolvimento de Produto**. Máquinas e Metais. São Paulo, p.76-89, (1998)

[5] FOGIATTO, J.A. -“**O uso da prototipagem rápida na área médico-odontológica**”,21/05/2011.<[www.ortodontiacontemporanea.com/](http://www.ortodontiacontemporanea.com/)>. Acessado em 15/03/2012.

[6] INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.-“**Fábrica espacial fará peças usando canhão de elétrons**”, site inovação tecnologica,28/06/2011. <[www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br)> Acessado em 12/02/2012.

[7] INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.-“**Novo processo de prototipagem rápida**”, 09/12/2003 <[www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br)> Acessado em 13/03/2012.

[8] KECHAGIAS, F. **An experimental investigation of the surface roughness of parts produced by LOM process**. Rapid Prototyping Journal, v.13, n. 1, p.17-22, (2007).

[9] MAIA, I.A; NORITOMI, P.; SILVA, J.V.L.; PEREIRA, L.C.; OLIVEIRA M.; NARGI G. e ULBRICH, C.B.L. “**Aplicações da Prototipagem Rápida na construção de implantes femorais personalizados**”, IV Congresso Latino Americano de Órgãos Artificiais e Biomateriais, Caxambu-MG, (2006).

[10] OLIVEIRA, M.F; MAIA, I.A; NORITOMI, P.Y; NARGI, G.C; SILVA, J.V.L; FERREIRA, B.M.P; DUEK, “**Construção de Scaffolds para engenharia tecidual utilizando prototipagem rápida**”, Revista Matéria vol.12, n.2 , pp. 373- 382, (2007)

[11] PALM, W. **Rapid prototyping primer: the learning factory**. Disponível em:

<http://www.mne.psu.edu/lamancusa/rapidpro/primer/chapter2.htm>  
>, (1998). Acessado em 14/04/2012

[12] PROJETO MOBILIZADOR RNPR, (2000), **“Prototipagem Rápida na indústria cerâmica”**, Tecnometal, N.º 129, pp. 5-17, julho/agosto (2000).

[13] R.P.S., **“Rápid prototyping systems”** <[www.rapidprototypinghomepage.com/](http://www.rapidprototypinghomepage.com/)>  
Acessado em 12/05/2012

[14] RNPR, **“Rede Nacional de Prototipagem Rápida”**, O Molde, Ano 13, N.º 45, pp. 28-33, Setembro (2000).

[15] REDE NACIONAL DE PROTIPAGEM RÁPIDA DE PORTUGAL. **Comparação de Sistemas e Processos de RP e SRP**. Projeto de Implantação da Rede, 2002.

[16] SOUZA, A. F.; ULBRICH C.B.L. **“Engenharia integrada por computador e sistemas CAD/CAM/CNC - princípios e aplicações”**. São Paulo: Artliber Editora, 336p. (2009)

[17] TAMINGER, K. **“Aparelho semelhante ao replicador de Star Trek é desenvolvido pela NASA”**, 11/11/2009. <[hypescience.com](http://hypescience.com)>. Acessado em 25/10/2011.

[18] VOLPATO N. et al., **“Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações”**. São Paulo: Edgard Blücher, 244 p. (2007).

[19] WOHLERS, T. . **Rapid Prototyping & Tooling - Worldwide Progress Report**, Colorado, USA, (1998).

[20] WHOLERS, T. – **Rapid Prototyping, Tooling & Manufacturing, State of the Industry, Annual Worldwide Progress Report**, Wohlers Associates, Colorado, (2003).

[21] WOHLERS, T. T. **“Wohlers Report”**, Wohlers Associates, Fort Collins, U.S.A. 1999. (2007).

## VII. COPYRIGHT

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



## IDENTIFICAÇÃO QUÍMICA E MICROESTRUTURAL DE FERRITAS UTILIZADAS NA ELETROELETRÔNICA

ÉRIKA APARECIDA DA SILVA<sup>1</sup>; RODRIGO PINTO DE SIQUEIRA<sup>1</sup>; TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA<sup>1</sup>

1 – FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ – FEG/UNESP  
erikametais@gmail.com

**Resumo** - O principal objetivo deste trabalho foi caracterizar a microestrutura de três circunferências de ferrita utilizadas no interior da CPU e caixa de som de computador, sendo que duas delas são utilizadas para restringir a passagem de determinadas frequências pela CPU e apenas a utilizada em caixa de som apresenta atividade de ímã permanente. Sabe-se que tais materiais são compostos cerâmicos e eletromagnéticos e devido a isto, possuem diversas aplicações na indústria eletroeletrônica. A identificação química e caracterização do material foi feita através de metalografia do material como recebido e por meio de ensaios de difração de raios-X, além de ensaios de micro e macrodureza nestes materiais. Todos os materiais se mostraram porosos durante a metalografia e a ferrita com atividade de ímã permanente foi a que mostrou a menor média de área por poro, sendo tal material o que obteve o maior valor de micro e macrodureza, sendo mais resistente à indentação que os demais, e também o único material com estrutura hexagonal revelada através do ensaio de difração de raios-x. Já os demais materiais mostraram ter estrutura cúbica, maior área por poro e menor dureza.

**Palavras-chave:** Ferrita. Ímã. Metalografia. Difração de raios-X. Dureza. Porosidade.

### I. INTRODUÇÃO

Ferritas são compostos químicos que consistem de materiais cerâmicos, tendo o óxido de ferro III como seu principal componente. Muitos desses materiais são magnéticos e são usados para fabricar ímãs permanentes, núcleos de ferrita para transformadores e em várias outras aplicações.

O magnetismo pode ser definido como sendo um fenômeno através do qual alguns materiais induzem ou mantêm uma força de atração ou repulsão sobre outros materiais [1,2]. É possível afirmar que a fonte do magnetismo encontra-se na estrutura atômica, mesmo havendo uma complexidade envolvendo os princípios e mecanismos básicos que explicam tal fenômeno [2,3].

Tais ferritas tem sido amplamente utilizadas em diferentes aplicações de engenharia elétrica, incluindo rádio e aparelhos de TV, bem como telefonia transportadora como núcleos de indutores, transformadores e assim por diante, por suas boas propriedades elétricas e mecânicas. Porém, há um gasto substancial todos os anos sobre a importação de produtos acabados, quer de ferrita ou matérias-primas para fabricar as ferritas.

Ferritas são geralmente compostos cerâmicos ferrimagnéticos não condutores derivados do óxido de ferro, tais como hematita ( $Fe_2O_3$ ) ou magnetita ( $Fe_3O_4$ ), assim como os óxidos de outros metais. Ferritas são, como a maioria das outras cerâmicas, duras e quebradiças. Em

termos das suas propriedades magnéticas, as ferritas diferentes são muitas vezes classificadas como "moles" ou "dura", que se refere à sua coercividade magnética baixa ou alta.

Materiais ferrimagnéticos são os que possuem seus dipolos alinhados em paralelo e antiparalelo ao campo aplicado. Como o alinhamento em paralelo é mais intenso que o antiparalelo, isto resulta em um momento magnético considerável promovendo uma interação positiva com o campo externo aplicado. Tendo uma permeabilidade relativa maior que 1, estes materiais são facilmente magnetizados e possuem algumas características dos materiais ferromagnéticos [4].

Grande parte das ferritas são espinélios, ou seja, constituem um grupo de minerais que cristalizam no sistema cúbico, com hábito octaédrico. Sua fórmula geral é  $(X)(Y)_2O_4$ , onde X representa cátions que ocupam posições tetraédricas e Y representa cátions metálicos que ocupam posições octaédricas. Os ânions de oxigênio formam uma estrutura cúbica. Cátions divalentes, trivalentes e tetravalentes podem ocupar as posições X e Y, incluindo Mg, Zn, Fe, Mn, Al, Cr, Ti e Si. Os espinélios de ferrita apresentam cátions X ocupando um oitavo dos sítios tetraédricos e cátions Y ocupando metade dos sítios octaédricos. Se um dos oito sítios tetraédricos são ocupados por cátions Y, em seguida, um quarto dos sítios octaédricos são ocupados por um cátion X e o outro um quarto ocupados por cátions B, sendo que isto é chamado de estrutura espinélio inversa. É também possível ter ferritas com estrutura espinélio mista, apresentando a fórmula  $[M^{2+}_{\delta}Fe^{3+}_{1-\delta}][M^{2+}_{\delta}Fe^{3+}_{2-\delta}]O_4$ , onde  $\delta$  é o grau de inversão [5].

O material magnético conhecido como "ZnFe" tem a fórmula  $ZnFe_2O_4$ , com  $Fe^{3+}$  ocupando os sítios octaédricos e  $Zn^{2+}$  ocupam os sítios tetraédricos, é um exemplo da estrutura normal de espinela de ferrita.

Algumas ferritas têm estrutura cristalina hexagonal, por exemplo, ferrita de bário  $BaO \cdot 6Fe_2O_3$  ou  $BaFe_{12}O_{19}$ .

As propriedades eletromagnéticas das ferritas podem ser intrínsecas e extrínsecas. No caso das intrínsecas, tem-se a magnetização de saturação, anisotropia magnetocristalina, magnetoestricção, temperatura de Curie e resistividade da rede cristalina. Sendo que todas estas são propriedades determinadas apenas pela estequiometria do material. Já as propriedades extrínsecas, além de dependerem da estequiometria, são determinadas também por aspectos microestruturais como o tamanho de grão, porosidade, densidade e contorno de grão. Como propriedades extrínsecas, tem-se permeabilidade, perdas, resistividade e coercividade [6].

## II. PROCEDIMENTOS

Foram submetidas a testes 2 diferentes circunferências de ferrita retiradas do interior de uma CPU de um computador e 1 circunferência de ferrita retirada da caixa de som de um computador, sendo que apenas esta última possui atividade de imã permanente. A Figura 1 mostra as ferritas extraídas de um computador.

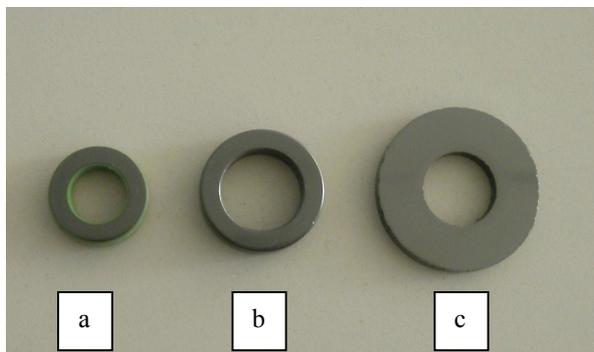


Figura 1 - Ferritas a e b extraídas do interior de uma CPU e ferrita c extraída da caixa de som de um computador

A identificação química foi feita por meio de difração de raios-X e a caracterização microestrutural foi feita através de técnicas de metalografia.

As 3 ferritas foram submetidas a cortes com auxílio de um abrasivo rotativo em máquina de corte, separando uma parte maciça para fazer a metalografia e deixando a outra parte para o ensaio de difração de raios-X.

Para o ensaio de difração de raios-X, uma parte de cada uma das três ferritas foram maceradas em moinho de bola, seguidamente em almofariz. Uma vez transformadas em pó, foram peneiradas separadamente utilizando uma peneira de 100 mesh de acordo com a ASTM que representa uma abertura de 150  $\mu\text{m}$ , sendo que a cada polegada da peneira tem-se 150 aberturas de 150  $\mu\text{m}$  cada uma. Assim, foi obtido um pó fino e homogêneo para cada material a ser analisado no difratômetro.

A caracterização da microestrutura das ferritas foi realizada de acordo com as técnicas convencionais de metalografia normatizados pela ASTM E 3-10 (2007).

As amostras após terem sido cortadas, foram embutidas a quente em resina fenólica (baquelite) na embutidora PRE 30Mi. As amostras então foram identificadas por meio de letras: a, b e c.

O lixamento foi realizado utilizando-se lixas d'água de granulometria cada vez menor, sucessivamente. Foram usadas as seguintes lixas: 220, 320, 400, 600, 1000 e 1200 mesh.

O polimento foi feito utilizando-se alumina e posteriormente pasta de diamante com granulometria de 3  $\mu\text{m}$  e em seguida, solução de OP-S com granulometria de 0,25  $\mu\text{m}$ .

A caracterização mecânica das amostras foi feita por meio de ensaios de micro e macro dureza.

Para a determinação da microdureza Vickers, foi utilizada uma força de 4900 mN para uma carga de 0,5 kgf e o tempo de indentação utilizado foi de 10 segundos.

A obtenção de valores de macrodureza Rockwell seguiu-se começando pela escala mais baixa desse tipo de ensaio, correspondente à macrodureza Rockwell A.

Para a determinação da macrodureza Rockwell A, foi utilizada uma pré-carga de 10 kgf e uma carga de 60 kgf. Para a determinação da macrodureza Rockwell C, foi utilizada uma carga de 150 kfg.

## III. RESULTADOS

As Figuras 2, 3 e 4 a seguir, mostram a microestrutura dos materiais como recebidos.

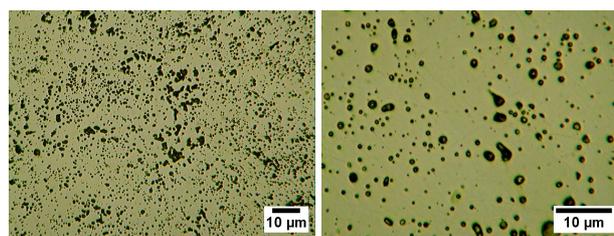


Figura 2 - Ferrita a, extraída da CPU e de menor diâmetro, como recebida, aumento de 200 e 400 X, respectivamente.

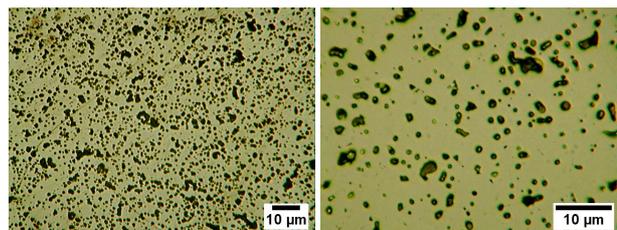


Figura 3 - Ferrita b, extraída da CPU e de diâmetro intermediário, como recebida, aumento de 200 e 400 X, respectivamente

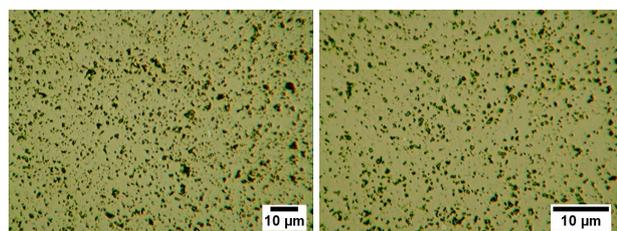


Figura 4 - Ferrita c, extraída da caixa de som de um computador e de maior diâmetro, como recebida, aumento de 200 e 400 X, respectivamente

Comparando-se as microestruturas desses três materiais, é possível notar, principalmente através do aumento de 200X, que as ferritas a e b são as que apresentam a maior área por poro em sua constituição quando em comparação com a ferrita c. Dessa forma, espera-se que as ferritas a e b sejam mais frágeis que a ferrita c devido às suas altas porosidades.

Tabela 1 - Quantidade de poros e medida da área porosa para as ferritas a, b e c, a partir de 6 repetições

Materiais	Nº poros ( $\mu\text{m}$ )	Média área por poro ( $\mu\text{m}$ )
Ferrita a	1.103,83 $\pm$ 2,2	51.546,00 $\pm$ 2,3
Ferrita b	514,00 $\pm$ 1,8	110.587,83 $\pm$ 2,5
Ferrita c	1.516,50 $\pm$ 2,1	47.194,17 $\pm$ 2,0

Utilizando-se o software ImageJ, foram calculadas as áreas dos poros desses materiais e a quantidade de poros presentes a partir de 6 repetições. Verificou-se de acordo com as tabelas que a ferrita c é a que possui o maior número de poros, sendo em média 1516  $\mu\text{m}$  contrastando com 1104  $\mu\text{m}$  e 514  $\mu\text{m}$  das ferritas a e b, respectivamente e também é a ferrita que possui a menor média de área dos poros sendo 47194  $\mu\text{m}$  se diferenciando de 51.546  $\mu\text{m}$  e 110.587  $\mu\text{m}$  das ferritas a e b, respectivamente. Já a ferrita b é a que apresenta o menor número de poros e a maior média de área de cada poro.

A Tabela 2 apresenta os valores de microdureza obtidos para cada amostra.

A microdureza Vickers foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$HV = 1,854 (F/D^2)$$

Tabela 2 - Valores de microdureza e respectivas diagonais na determinação da microdureza Vickers para as ferritas a, b e c.

Materiais	Diagonal 1 (µm)	Diagonal 2 (µm)	DUREZA (HV)
Ferrita a	33,02	32,84	855,0
Ferrita b	44,87	44,46	464,9
Ferrita c	28,64	29,68	1090,0

De acordo com a Tabela 2, é possível notar que a ferrita b foi a que apresentou o menor valor de HV, seguido da ferrita a, e por fim, se contrastou com a ferrita c, o qual apresentou o maior valor de HV.

A Tabela 3 mostra os valores de Rockwell A obtidos para as amostras.

Tabela 3. Valores de macrodureza Rockwell A para as ferritas a, b e c.

Dureza (HRA) e respectivo comportamento mecânico após cada medida						
Materiais	Ferrita a		Ferrita b		Ferrita c	
Repetição 1	72	normal	63	normal	70	normal
Repetição 2	58	rompeu	49	trincou	70	normal
Repetição 3	68	rompeu	73	normal	65	normal
Média	66 HRA		61,67 HRA		68,33 HRA	

Observa-se a partir da Tabela 3, que a única amostra que não apresentou rompimento do material e nem trincas foi a ferrita c, sendo que o mesmo apresentou o valor mais alto de HRA se comparado com os anteriores. Assim, foi realizado o ensaio de macrodureza Rockwell C somente para esta amostra, visto que acima de 60 HRA, já se pode utilizar a HRC, de acordo com a norma técnica.

Foi então obtido o valor de 38 HRC para a ferrita c, sendo que a amostra rompeu durante o ensaio.

O comportamento das ferritas a e b foram semelhantes, uma vez que ambos trincaram ou se romperam durante o ensaio de Rockwell A e ambos se diferenciaram da ferrita c, sendo que este além de apresentar um valor maior de HRA, não chegou a trincar e pode ser realizado neste mesmo material o ensaio de Rockwell C.

As Figuras 5, 6 e 7 a seguir, apresentam o efeito do indentador de penetração nas amostras após serem submetidas ao ensaio de Rockwell A.



Figura 5 - Ferrita a, de menor diâmetro, após submetido ao ensaio de macrodureza Rockwell A



Figura 6 - Ferrita b, de diâmetro intermediário, após submetido ao ensaio de macrodureza Rockwell A



Figura 7 - Ferrita c, de maior diâmetro, após submetido ao ensaio de macrodureza Rockwell A

Observando-se as Figuras 5, 6 e 7, nota-se que durante o ensaio de dureza, a aplicação de força através do indentador chegou a perfurar com facilidade a ferrita a, a qual apresenta crateras em sua superfície de maior profundidade relativamente ao imã b e c. A ferrita b também foi perfurada com facilidade, mas não chegou a abrir cratera em todas as repetições do ensaio, como no caso do imã a. Já a ferrita c foi a que se apresentou mais resistente dentre os materiais testados, visto que o ensaio de Rockwell A não foi capaz de provocar rachadura na superfície do material e isso somente aconteceu durante o ensaio de Rockwell C, no qual foi utilizada uma carga maior de penetração.

Para a análise dos dados provenientes da difração de raios-X, todos os materiais analisados no difratômetro foram comparados com uma base de dados do Portal de Pesquisa da Capes, chamado ICSD – Inorganic Crystal Structure Database e as figuras a seguir confeccionadas no software PowderCell mostram para cada material o difratograma experimental sobre o teórico para efeito de comparação [7].

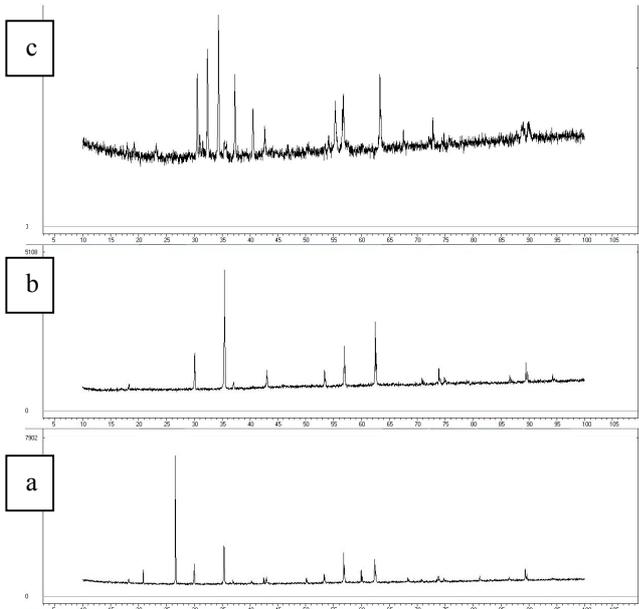


Figura 8 - Difratomogramas das ferritas a, b e c analisadas, onde no eixo y, tem-se a intensidade de difração de raios-X e no eixo x, tem-se os valores de  $2\theta$

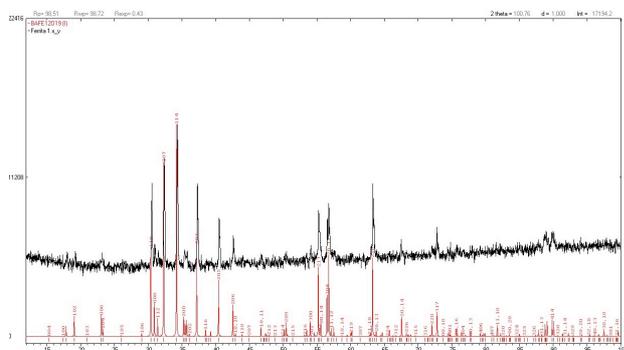


Figura 9 - O difratograma em vermelho é o teórico  $BaFe_{12}O_{19}$  e o difratograma em preto é o experimental para a ferrita c

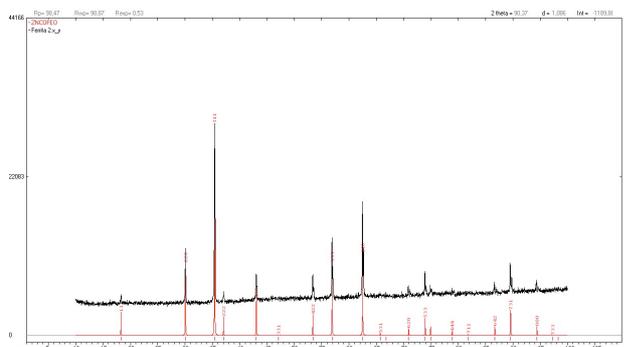


Figura 10 - O difratograma em vermelho é o teórico  $Zn_{0.2}Co_{0.8}Fe_2O_4$  e o difratograma em preto é o experimental para a ferrita b

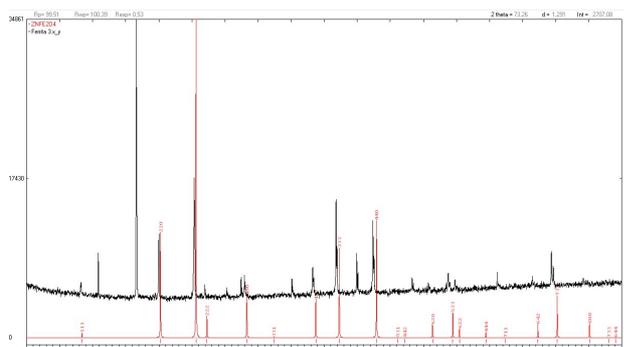


Figura 11 - O difratograma em vermelho é o teórico  $ZnFe_2O_4$  e o difratograma em preto é o experimental para a ferrita a

Por meio de busca na base de dados ICSD, o difratograma teórico que coincidiu exatamente com o experimental da ferrita a foi o encontrado para o composto  $ZnFe_2O_4$  [8, 9]. Para a ferrita b, o composto encontrado foi o  $Zn_{0.2}Co_{0.8}Fe_2O_4$  [10,11]. E para a ferrita c, o composto encontrado foi o  $BaFe_{12}O_{19}$  [12,13].

#### IV. CONCLUSÃO

Primeiramente, ao fazer o reconhecimento microestrutural desses três materiais eletromagnéticos, pode-se constatar que as ferritas a e b, por serem mais porosas tornaram-se mais frágeis e mais quebradiças, apresentando assim, valores de micro e macrodureza inferiores a ferrita c.

A ferrita c, por somente apresentar rompimento durante o ensaio de dureza Rockwell C, mostrou-se mais resistente que os outros materiais, o que pode ser explicado pela existência de um número menor de poros em sua superfície com relação as outras duas ferritas, sendo que além disso é a única ferrita que apresenta atividade de imã permanente. A análise metalográfica explica o resultado anterior, visto que a ferrita c é a que apresenta o maior número de poros e a menor média de área de cada poro, provavelmente devido à sua atividade de imã permanente que contribuiu para aglutinar os grãos durante o processo de sinterização tornando tal processo mais eficiente que nos demais materiais ao facilitar a homogeneização da amostra.

Já a ferrita b que apresentou os menores valores de dureza entre as demais, foi a que mostrou a menor quantidade de poros juntamente com a maior média da área porosa em relação aos demais materiais.

A técnica de difração de raios-X foi eficiente na identificação dos compostos químicos dos materiais analisados. Os difratogramas das ferritas a e b, de estruturas cúbicas apresentaram-se semelhantes entre si e totalmente diferentes do difratograma da ferrita c, de estrutura hexagonal. A ferrita a apresentou um difratograma semelhante ao composto  $ZnFe_2O_4$ , porém os demais picos foram advindos de contaminação com polímero residual de pintura proveniente do material comercializado. A ferrita b apresentou o mesmo difratograma do composto  $Zn_{0.2}Co_{0.8}Fe_2O_4$ . A ferrita c apresentou o mesmo difratograma do composto  $BaFe_{12}O_{19}$ .

#### V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à agência CAPES pela bolsa disponibilizada para a pesquisa, à DotLib pela produção do site Portal da Pesquisa, ao Departamento de Materiais e Tecnologia da FEG/UNESP, ao Centro de Energias Renováveis da FEG/UNESP, Ao Prof. Dr. Inácio Bianchi, pelas amostras e ao Prof. Dr. Paulo Suzuki do DEMAR-USP de Lorena/SP na execução das difrações de raios-X.

#### VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MUSAL H. M. and BUSH, G. G., "Validation of Mixture Equations for Dielectric Composites", Journal Applied Physics, 63, 8, pp. 3768-3770, April 1998.
- [2] BASSALO. J. M. F. - "Crônica da física do estado sólido: magnetismo". Revista Brasileira do Ensino de Física, 16, 1-4, 25-30 (1994).

- [3] OTHMER, K.; "Magnetic Materials", Enciclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons, Inc., Interscience, v 12 pp737-771 1983.
- [4] MALCOLM, McCAIG. Permanent Magnets in Theory and Practice, John Wiley & Sons, Inc., Toronto, 1977.
- [5] CAHN, R. W.; HAASEN, P.; KRAMER, E. J. - "Structure and Properties of Ceramics", Materials Science Treatment, v. 11, 1994, Edited by CAHN, R. W., Editor: Michael V. Swain.
- [6] SMIT, J., WIJN, H.P.J., "Physical Properties of Ferrimagnetic Oxides in Relation to their Technical Applications", Ferrites, chapter 2, Philips Technical Library, 1959.
- [7] Base de dados ICSD - Inorganic Crystal Structure Database. Disponível em:  
<http://www.portaldapesquisa.com.br/databases/sites>  
 acesso em 28/11/2012.
- [8] WAERENBORGH, J. C.; FIGUEIREDO, M. O.; CABRAL, J. M. P.; PEREIRA, L. C. J. Temperature and composition dependence of the cation distribution in synthetic  $ZnFe_yAl_{2-y}O_4$  ( $0 < y < 1$ ) spinels. *Journal of Solid State Chemistry* (1994) 111, p300-p309.
- [9] KOENIG, U.; CHOL, G. Roentgenbeugungs- und Neutronenbeugungsuntersuchungen an Ferriten der Reihe  $M_nx Zn_{1-x} Fe_2O_4$ . *Journal of Applied Crystallography* (1968) 1, p124-p126.
- [10] PATIL, V. G.; SHIRSATH, S. E.; MORE, S. D.; SHUKLA, S. J.; JADHAY, K. M. Effect of zinc substitution on structural and elastic properties of cobalt ferrite. *Journal of Alloys Compd.* (2010) 488, p199-p203.
- [11] OUNNUNKAD, S.; WINOTAI, P. Properties of Cr-substituted M-type barium ferrites prepared by nitrate-citrate gel-auto combustion process. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (2006) 301, p292-p300.
- [12] ALESHKO-OZHEVSKII, O.P.; FAEK, M.K.; YAMZIN, I.I. A neutron diffraction study of the structure of magnetoplumbite. *Kristallografiya* (1969) 14, p447-p449.
- [13] MULLER, J.; COLLOMB, A. A new representation of the bipyramidal site in the  $SrFe_{12}O_{19}$  M-type hexagonal ferrite between 4.6 and 195 K. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (1992) 103, p194-p203.
- [14] VANDER VOORT, GEORGE F. *Metallography: Principles and Practice*. Handbook, 1999.
- [15] BUENO, A. R. – Síntese e caracterização da ferrita de Ni-Zn dopada com íons metálicos para aplicações em absorvedores de radiações eletromagnéticas, Tese D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.
- [16] MATHEW, D. S., JUANG, R. S. An overview of the structure and magnetism of spinel ferrite nanoparticles and their synthesis in microemulsions. *Chemical Engineering Journal*, Volume 129, 2007, p. 51-65.
- [17] MCCURRIE, R. A., *Ferromagnetic Materials Structure and Properties*. University of Bradford, Academic Press INC., London, UK, 1994, 297p.: II.
- [18] PETZOW, GUNTER. *Metallographic Etching: Techniques for Metallography, Ceramography, Plastography*. Handbook, 1999.

## VII. COPYRIGHT

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



## LÓGICA MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL COMO INSTRUMENTO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DA MATEMÁTICA

NILTON MIGUEL DA SILVA<sup>1</sup>; ABEL RODOLFO GARCIA LOZANO<sup>2</sup>;  
JUREMA ROSA LOPES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IME - <sup>2</sup>UNIGRANRIO

nilton10@gmail.com; abel.garcia.lozano@gmail.com; juremarosa@gmail.com

**Resumo** – Este artigo tem caráter inovador ao apresentar uma abordagem da Lógica Matemática, para alunos do ensino fundamental, visto ter sido feito uma consulta em diferentes bancos de dados de teses e dissertações (CAPES, UNICAMP, PUC, USP, etc.) e não ter sido encontrado trabalho versando sobre este assunto, objeto do presente estudo. Visando melhorar o desempenho escolar dos alunos, desenvolvemos atividades que estimulam e desenvolvam o raciocínio lógico e identificamos as vantagens da inclusão dessas atividades como facilitadoras do ensino da matemática, e sugerimos propostas de ensino/aprendizagem que ampliem as práticas da matemática no cotidiano das escolas.

**Palavras-chave:** Ensino da matemática. Raciocínio Lógico. Lógica Matemática.

### I. INTRODUÇÃO

Priorizaremos uma maior importância para o “ato de pensar”, de modo a permitir que os alunos se tornem capazes não só de compreender, mas que sejam capazes de reinventar ideias, para que os conteúdos possam ser aprendidos.

Intentamos assim, através de dados estatísticos, experiências bem sucedidas e pesquisa de campo, identificar os efeitos da inclusão de atividades que desenvolvam o raciocínio lógico, durante as aulas, como uma ferramenta importante para a construção do saber científico.

Os critérios utilizados pelo pesquisador na escolha das atividades, bem como do tempo de duração do experimento foram baseados em sua experiência como professor, vasto material disponibilizado pela internet, nas bibliografias pesquisadas sobre o tema, adequação a maturidade dos alunos e tempo e condições oferecidas pela instituição onde a experiência foi realizada, bem como, aplicar as atividades dentro da vivência dos alunos.

### II. JUSTIFICATIVA

Acreditamos que a inclusão sistemática da lógica matemática, constitui uma ferramenta eficiente, para minimizar as dificuldades existentes e que atividades que utilizem argumentação lógica, enigmas lógicos e atividades lúdicas que envolvam a lógica matemática, podem despertar nos alunos um maior interesse e envolvimento durante as aulas.

A matemática vem sendo ensinada através de uma série de exercícios artificiais e mecânicos baseados na memorização ou repetição, não havendo espaço para questionamentos, criatividade e análise de resultados, componentes esses intimamente ligados com a lógica.

O estudo também se apoia em aspectos preconizados nos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN (1998), quando incentiva atividades que permitem questionar a realidade, formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação. Levanta aspectos enunciados pelos PCN's com relação à área da disciplina matemática e dialoga com autores do campo da educação Matemática, especialmente para produzir compreensão sobre o estudo realizado.

### III. METODOLOGIA

Este projeto foi direcionado a 34 alunos de uma turma do 8º ano do ensino fundamental de uma escola pública na cidade de Duque de Caxias e o estudo realizado durante seis semanas.

Os alunos foram selecionados para participarem de atividades especiais desenvolvidas no laboratório de informática da escola. Essas atividades são extracurriculares e têm como objetivo o desenvolvimento do raciocínio lógico.

As atividades especiais com os alunos ocorreram no laboratório de Informática sob a supervisão do professor, cujo papel era fornecer orientação para a realização das atividades propostas.

### IV. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Na fundamentação teórica para realização dessa pesquisa foram analisadas as proposições e ideias de pensadores, pesquisadores e teóricos que têm contribuído de forma significativa na área deste objeto de estudo. Entre eles podemos citar D'Ambrósio (1998) onde retrata o desafio de preparar o professor do século XXI frente às dificuldades no aprendizado, Micotti (1999) que apresenta um levantamento no ensino da matemática e lógica sobre o prisma de que a maneira de ensinar reflete concepções e perspectivas no ensino, Moreto (2002) que em sua obra enfatiza que a maneira que o professor ensina reflete na aprendizagem do aluno, Copi (1978) com sua apresentação formal da lógica, Silva (1999) com o trabalho sobre regras e responsabilidades no processo de ensino e de aprendizagem, Abar (2011) que apresenta uma linha do tempo com o desenvolvimento da Lógica pelo mundo. Esses e outros autores discutem o ensino da matemática e suas especificidades no cotidiano escolar atual.

Portanto, a pesquisa busca fundamentação que justifique a inclusão de atividades que desenvolvam o

raciocínio lógico de modo que ofertem aos discentes mais e maior facilidade para o aprendizado.

## V. MOTIVAÇÃO

Este estudo foi motivado principalmente por uma enorme angústia do pesquisador ao constatar, através de dados oficiais e com base na sua experiência de mais de vinte e cinco anos em sala de aula, como professor, a atual situação do ensino da Matemática no Brasil. Os quadros apresentados por nossos alunos em avaliações externas e internas, índices nacionais de ensino do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa) e IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica) respectivamente. Consolidam o fraco desempenho de nossos alunos.

Com minha experiência em sala de aula, vejo que a criança passa do ensino fundamental, onde só usava a aritmética, para uma nova fase de uma matemática mais abstrata. Para tanto, recebe do professor um saco de mágica matemático. Um saco mágico para resolver problemas de álgebra, de geometria, com regras decoradas pelos alunos. Eles desistem de pensar por conta própria, necessitam de respostas mais misteriosas, mistério é imaginar, é investigar e o resultado, é uma criança mais inteligente capaz de lidar com o fato de querer uma resposta e de não ter uma resposta ainda.

Como professor e tio, ter uma sobrinha de apenas quatro anos, a Leticia, que é capaz de sozinha usar o controle remoto, e previamente memorizado os seis canais de sua preferência da TV a cabo, assistir seus desenhos favoritos e ainda ser capaz de decorar os nomes e personagens dos desenhos, por mais estranhos que sejam esses nomes. No entanto, não há garantia que essa criança, dotada de tamanha habilidade, será capaz de resolver simples questões de adição de frações. Esse quadro apresentado é comum em crianças com acesso a esses meios tecnológicos, contudo essas habilidades não se refletem na escola, no aprendizado da matemática.

## VI. BREVE HISTÓRICO DA LÓGICA

A lógica é o ramo da filosofia que cuida das regras do bem pensar, ou do pensar correto, sendo, portanto, um instrumento do pensar. A aprendizagem da lógica não constitui um fim em si. Ela só tem sentido enquanto meio de garantir que nosso pensamento proceda corretamente a fim de chegar a conhecimentos verdadeiros. Podemos, então, dizer que a lógica trata dos argumentos, isto é, das conclusões a que chegamos através da apresentação de evidências que a sustentam.

Julgamos mais apropriado o uso da lógica proposicional para o desenvolvimento da pesquisa com os alunos. A escolha foi motivada pela possibilidade do uso de linguagem matemática em análise de frases e textos da língua materna, com a utilização de símbolos bastante familiares aos alunos.

Ao abordar o assunto abrimos mão do “excessivo rigor” matemático na sua apresentação em detrimento de uma abordagem de fácil entendimento e aplicação, sendo a própria comunicação entre os alunos o objeto de análise para validação dos argumentos.

## VII. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES ESPECIAIS

Apresentamos a lista de alguns problemas de lógica aplicados aos sujeitos dessa pesquisa. Optamos por apresentá-los na mesma ordem em que foram aplicados, para evidenciar o sentido da escolha de cada um no seu momento específico.

As atividades não visam mensurar a inteligência dos alunos envolvidos no projeto. Nosso interesse encontra-se nas estratégias utilizadas para resolver tais problemas e no auxílio ao desenvolvimento de esquemas mentais matemáticos a partir da resolução de problemas de lógica.

### CALCULADORA QUEBRADA

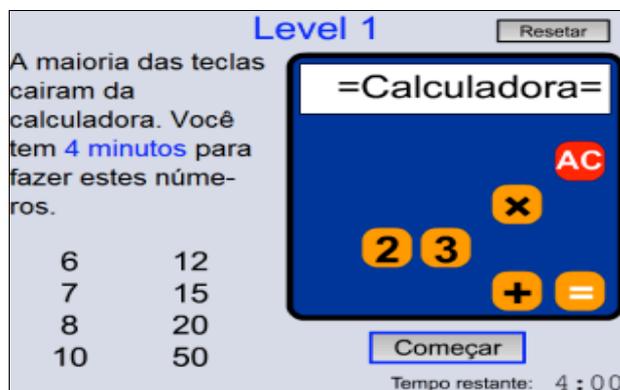


Figura 1- Calculadora quebrada

Use os números e as operações disponíveis na calculadora para fazer os números pedidos no menor tempo possível.

### BALANÇA LÓGICA

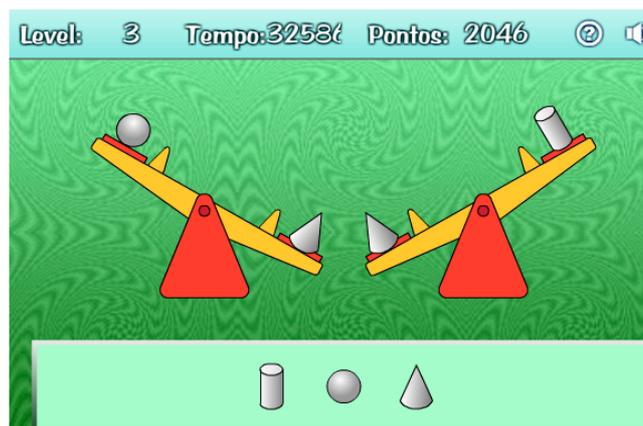


Figura 2 - Balança lógica

A partir das posições das balanças é possível determinar, logicamente, qual é o objeto com maior massa ("mais pesado").

### TORRE DE HANÓI



Figura 3- Torre de Hanói

O objetivo transportar todos os discos para outro pino movimentando um por vez, mas não esqueça os menores sempre em cima dos maiores.

### PONTE ESCURA

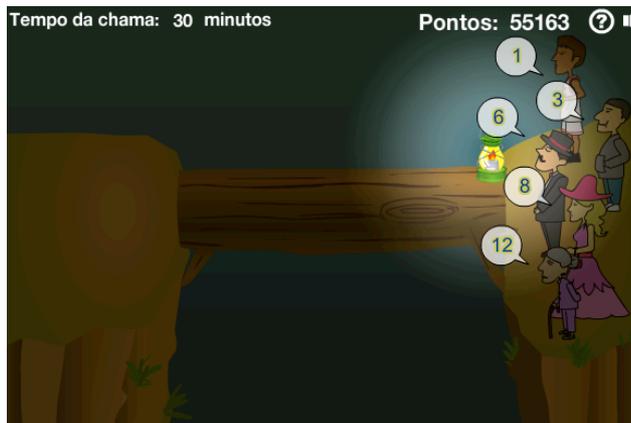


Figura 4 - Ponte escura

A lamparina tem uma chama com duração de 30 minutos e cada pessoa leva um determinado tempo (mostrado nos balões) para atravessar a ponte. Escolha duas pessoas que vão atravessar a ponte. Fique atento, pois as duas pessoas escolhidas irão atravessar a ponte no tempo da pessoa mais lenta. É ainda necessário o uso da lamparina para cada travessia.

### TRAVESSIA DO RIO



Figura 5 - Travessia do rio

Fonte: <http://www.portalchapeco.com.br/~jackson/rio.htm>

Para iniciar clique no círculo

As regras são as seguintes:

- 1 - Somente o pai, a mãe e o policial sabem pilotar o barco;
- 2 - A mãe não pode ficar sozinha com os filhos;
- 3 - O pai não pode ficar sozinho com as filhas;
- 4 - O prisioneiro não pode ficar sozinho com nenhum integrante da família;
- 5 - O barco só pode transportar 2 pessoas por vez.
- 6 - Você pode ir e vir com as pessoas quantas vezes precisar.

### PROBLEMA DE LÓGICA

	Casa 1	Casa 2	Casa 3
Cor	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nacionalidade	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Animal	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Esporte	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

O Brasileiro não mora na segunda casa. O homem que cria cachorros mora exatamente do lado direito da casa branca.  
 Quem cria cachorros gosta de jogar futebol. O Espanhol mora na terceira casa.  
 Tem uma casa entre o jogador de tênis e a casa preta, que fica a direita. O homem que cria cavalos mora exatamente do lado esquerdo do homem que cria borboletas.

Figura 6 - Problema de lógica

Fonte: <http://rachacuca.com.br/logica/problemas/2/>

Orientação:

1. Comece pelas dicas simples como, por exemplo, "O Alemão mora na primeira casa".

2. A partir das dicas óbvias, é possível ir deduzindo as outras logicamente.

3. Tenha calma e, se achar necessário, use um lápis e papel para tomar nota.

Lembre-se: Cada pessoa pratica um esporte diferente, cria um animal diferente, e assim por diante.

### VIII. CONCLUSÃO

De maneira geral, os alunos gostaram das aulas, acharam interessantes as atividades. As aulas foram proveitosas e diferentes, tanto para os alunos como para o professor. O interesse e a curiosidade pelos exercícios foram aumentando com o decorrer dos dias. É desejo do professor ter alunos motivados e criativos, o questionamento feito pelo professor é: "o que posso fazer para tornar minhas aulas mais atrativas e tornar meus alunos mais motivados e interessados?"

Como sugestão, acreditamos que os problemas de lógica não se restringissem à aula de matemática, mas que fossem inseridos na práxis do professor, tais quais os conteúdos previstos para o ano letivo. Sendo os exercícios de raciocínio importantes, devemos ocupar um horário dentro do planejamento, permitindo que o professor possa explorar todo o potencial dos alunos, os processos de solução e as discussões sobre possíveis caminhos que poderão surgir.

Através da apresentação de uma situação desafiadora, os alunos foram encorajados a pensar de maneira autônoma, a criar, a experimentar, a estabelecer as estratégias para chegar às soluções. Diferente da sala de aula onde se apresenta conhecimentos prontos e acabados, tornando-o apenas reprodutor de métodos e técnicas.

As intervenções do professor ocorreram somente quando o aluno não conseguia organizar suas ideias.

No aspecto qualitativo, destaco que os alunos aprenderam que errar faz parte do processo da aprendizagem. E ter sucesso nas realizações das atividades exigiria paciência, organização, raciocínio lógico e disciplina.

Acreditamos que para superar o atual quadro do ensino da matemática é necessário que o ambiente escolar constitua-se num espaço que permita a introdução de novas formas de transmissão do conhecimento. Esses trabalhos, juntamente com as atividades, podem servir de inspiração

aos educadores que sentem o desejo de inovar, mas não sabem como.

As crianças só aprendem aquilo que lhes dá prazer, assim, o desenvolvimento da criatividade depende também dos educadores, pois eles podem auxiliar a estimular o potencial do aluno.

Na escola, o professor é o principal responsável por motivar o aluno a buscar, a pesquisar e a construir conhecimentos, tornando a aprendizagem diferenciada e dinâmica. Não podemos perder de vista, que em uma sala de aula, existem pessoas com necessidades diversas e especiais.

Embora não possa afirmar que os alunos participantes do projeto tenham “aprendidos mais matemática”, posso garantir que tenho alunos mais preparados, podem não ser capazes para demonstrar um teorema, mas certamente estão mais bem preparados para compreender a sua demonstração.

#### IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAR, C. A. A. P. **Noções de lógica matemática.** Disponível em [www.pucsp.br/~logica](http://www.pucsp.br/~logica) (roteiro teórico) e [www.pucsp.br/~abarcaap](http://www.pucsp.br/~abarcaap) (exercícios). Acesso: 15 de fevereiro de 2012.

ARISTÓTELES. *Ética a Nicômaco*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1985.

BASTOS, J. A. **Discalculia: transtorno específico da habilidade em matemática** In: ROTTA, N. T., OHLWEILER, L. e RIESGO, R. S. **Transtornos da Aprendizagem: Abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 195-206.

COPI, Irving M. **Introdução a Lógica**. São Paulo> Mestre Jou, 1978.

CUNHA, Margarida da Mota. **Escuta Sensível e Etnomatemática: Caminhos Para a Compreensão Matemática no Ensino Fundamental**. 40 f. Monografia Universidade do Estado da Bahia, 2003.

[www.rachacuca.com.br/](http://www.rachacuca.com.br/) acessado em 28 maio 2012.

SZTAJN, P. Conteúdos, atitudes e ideologia: a formação do professor de matemática. In: CANDAU, V. (Org.) **Magistério: construção cotidiana**. Petrópolis: Vozes, 1997. p.184-204.

TUFANO, Wagner. **Contextualização**. In: FAZENDA, Ivani C. **Dicionário em Construção: Interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez, 2001

#### X. COPYRIGHT

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