

eSALENG

Revista Eletrônica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium - Araçatuba (São Paulo)

ISSN 2448-1432



REVISTA eSALENG

[Expediente](#) [Corpo Editorial](#) [Número atual](#) [Números anteriores](#) [Normas de publicação](#) [Contato](#)
[Acessibilidade](#)

ISSN – 2448-1432

Expediente

A Revista eSALENG é uma idealização pensada com o objetivo de incentivar prioritariamente a produção científica textual por parte dos acadêmicos das Engenharias de Bioprocessos, Civil, Computação Elétrica, Mecânica e Mecatrônica do UniSalesiano - Centro Universitário Católico Auxilium de Araçatuba. No entanto, pode aceitar artigos de outras instituições, nacionais ou estrangeiras.

A publicação é de periodicidade semestral, em meio digital, e abrange trabalhos de pesquisa, iniciação científica, conclusão de curso e outros de natureza técnico-científica.

Corpo Editorial

Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium UniSALESIANO de Araçatuba

Conselho Diretivo

Pe. Luigi Favero

Presidente

Prof. André Luis Ornellas

Vice-presidente

Prof. Nelson Hitoshi Takiy

Coordenador da Revista

Conselho Editorial

Prof. Nelson Hitoshi Takiy

Profa. Maria Aparecida Teixeira Bicharelli

Profa. Rossana Abud Cabrera Rosa

Prof. Rubens Guillemat

Prof. Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares

Prof. Edval Rodrigues de Viveiros

Conselho Consultivo

Prof. Hercules Farnesi Cunha – Língua Portuguesa

Profa. Luciana Aparecida Montanhez Maeda – Língua Portuguesa

Profa. Renata Jodas Tafner – Língua Portuguesa

Profa. Patrícia Corassa – Língua Inglesa

Capa, Diagramação e Arte-Final

Prof. Maikon Luis Malaquias

MSMT UniSALESIANO Araçatuba

Rodovia Senador Teotônio Vilela, 3.821 - Jardim Alvorada - Araçatuba - SP - Brasil

(18) 3636-5252 - Fax (18) 3636-5274

E-mail: unisalesiano@unisalesiano.com.br

Site: www.unisalesiano.edu.br

Normas para publicação

A Revista eSALENG aceita apenas artigos inéditos e exclusivos, ou seja, que não tenham sido publicados e nem que venham a ser publicados em outro veículo, exceto quando autorizado por escrito. Os textos poderão ter sido originados em disciplinas acadêmicas, como resultado de pesquisa de iniciação científica, e ainda como produto de trabalho de conclusão de curso.

A ordem em que aparecem os nomes dos autores poderá ser alfabética quando não houver prioridade de autoria, sendo que o nome do orientador aparecerá por último. Havendo prioridade de autoria do artigo, a ordem de colocação dos nomes corresponderá o primeiro nome sendo o autor principal, e os demais na ordem hierárquica de importância, figurando o nome do orientador por último.

No caso de haver fotos de pessoas, os autores deverão providenciar documento de autorização, bem como respeitar a regra de desfocar a imagem do rosto quando se tratar menores de 18 anos.

Caso o artigo seja aceito para publicação, os autores devem assinar o Termo de Aceite de Publicação, disponível no site da revista.

Se o trabalho envolver pesquisa com seres humanos, deverá ser mencionado o número do processo de autorização pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

Os artigos devem ter no mínimo 8 e no máximo 18 páginas. Segue abaixo um **template** com as formatações. Para as normas de formatação geral do artigo, utilizar o padrão contido no Manual do Unisalesiano, basicamente fundamentadas nas normas ABNT.

Contato

Sugestões de temas para publicações, críticas e contribuições pertinentes podem ser endereçadas ao email: universitaria@unisalesiano.com.br. Ou também através do telefone PABX (18) 3636-5252.

Endereço: Rodovia Senador Teotônio Vilela, 3821 – Bairro Alvorada – Bairro Alvorada – Araçatuba - SP

Sumário

Engenharia Mecânica	7
Projeto de cobertura de carga em caminhões canavieiros tipo bitrem	
<i>Alessandro Henrique de Carvalho, Danilo Faquiano, Emerson Vieira Amâncio, José Alessandro Furlan, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares, Thiago Santana Aranha</i>	8
Iluminação e Ornamento de jardins utilizando fonte de energia alternativa	
<i>Pâmela Siqueira Tomazi, Marcos Alexandre Bim Ribeiro, Luciano Batista do Espírito Santo, Cleiton Ribeiro Fernandes, Luís Barbosa Junior, Amadeu Zanon Neto</i>	19
Projeto de uma máquina de gelo tipo escama	
<i>Deusdete Moraes de Melo, Sinézio Divino Gonzaga Filho, Norberto Januário Pereira</i>	34
Central Retificadora	
<i>Aginaldo Blecha de Moraes, José Rubens Peruzzo Salzedas, Wesley dos Santos Moreti, Odilon Caldeira Filho, Amadeu Zanon Neto, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares</i>	51
RE 390 P – Rampa de elevação para embarque e desembarque de motocicletas em veículos utilitários	
<i>Carlos Alexandre Pereira Miatello, Fernando José da Silva, Jeancarlo Pereira Silva, José Ailton de Oliveira, José Vital Ferraz Leão, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares</i>	63
Desenvolvimento de dispositivo para levantamento de veículos leves e de fácil operação	
<i>Lucas Felipe Sarti Martins, Bruno dos Santos Marques, Everton Luiz dos Santos, Ananias Cardoso Botelho, Paulo Henrique Ambrosi, Felipe Camargo Marinho, Ronaldo Almeida da Silva, Chaira Parpinelli Ferreira, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soare, Edval R de Viveiros</i>	75
Injetora de ação pneumática vertical para injeção de polímeros em laboratórios/bancadas de teste	
<i>Rafael Martinez Favareto, Alisson A. Bachiega Righetti, George Takeo Honda, Sandro Costa Feltrin, Daniel Augusto Cogo, Guilherme Yusuke Nishikawa, Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares, Thiago Santana Aranha</i>	89
Compactador de latas de alumínio	
<i>André Luis B. da Silva, Bruno Cesar Picinini, Igor Z. Mantovani, Jabes W. Andrade, Leonardo N. Tozzi, Lucas V. B. de Oliveira, Fernando Gabriel Eguía P. Soares, Thiago Santana Aranha</i>	104
Desenvolvimento de uma máquina para compressão de fórmulas farmacêuticas	
<i>Cristiano Fiumari Steluti, Danilo Gomes Augusto, Francine Matos Pereira de Souza, Matheus Mendes Salesse, Gustavo Borges Torresan, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares, Thiago Santana Aranha</i>	125
Engenharia Mecatrônica	139
Adaptação e automação de prótese biônica por interface cérebro-máquina	
<i>Fernando Henrique Alves Benedito, Crisman Santos, Bruno Calhiari, Marcela Buzati Kasia, Edval Rodrigues de Viveiros, Eder Pires de Camargo</i>	140

Reconhecimento de Sinais Vitais por meio de uma Célula de Carga	
<i>Francione Martins de Oliveira, Freddy Franz Romero Calcina, Julio Atila Alves da Silva, Nelson Ivan Oviedo Toscano, Aline Emy Takiy de Oliveira</i>	155
Sistema automatizado para posicionamento de painel fotovoltaico	
<i>Claudemir Aparecido Guerreiro Junior, Eduardo Cancian Garcia, João Victor Pedron de Oliveira, Renan Carlini Martinez, Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares, Daniel Lucas de Oliveira</i>	169
Faixa de pedestre inteligente	
<i>Gabriela Siqueira Versati, Lucas Henrique Viana, Luis Henrique Santana de Oliveira, Magnael Morais Oliveira, Michael Cesar Soares Vieira, Paulo Henrique Marques Anjoulette, Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares, Thiago Santana Aranha</i>	187
Engenharia Elétrica	193
Aspectos básicos da energia maremotriz e suas principais tendências de mercado	
<i>Jean Henrique Silva Lopes, Giuliano Pierre Estevam</i>	194
Extinção do arco elétrico no disjuntor de alta tensão	
<i>Carlos Felipe Malachias, Paulo H. Magione dos Santos, Giuliano Pierre Estevam</i>	205
Painel de comandos elétricos didático com simulação de falhas	
<i>Jeferson Faustino da Silva, Thiago Rodrigues da Silva, Aline Emy Takiy</i>	215
Viabilidade da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil	
<i>Henrique Alves dos Santos, Israel Felipe Junio, Renan Pozzatti, Vitor Hugo Pires Neves, Giuliano Pierre Estevam</i>	226
Engenharia de Bioprocessos	240
Utilização da fibra de coco para fabricação de briquete	
<i>Ana Paula Travalon, Daiane Alaniz, Natalia Felix Negreiros, Giuliano P. Estevam</i>	241
Benefícios dos avanços biotecnológicos para o controle do mosquito transmissor da dengue (<i>Aedes aegypti</i>) – Revisão Bibliográfica	
<i>Cilene Rondolfo, Eliane Patrícia Cervelatti</i>	252
Bebida alcoólica fermentada de mel por abelhas <i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758) – Hidromel	
<i>Cristofer de Freitas de Souza, Laís Spegiorin Fabris, Natalia Felix Negreiros, Rosemeire Conceição Parra Pastor</i>	267
Hidrólise do bagaço de cana de açúcar tratado com <i>Aspergillus spp</i>	Daniilo
<i>Neves Monsani, Alessandra Alcantara de Almeida, Rosemeire Conceição Parra Pastor, Natalia Felix Negreiros</i>	278
Uso de subproduto industrial como biofertilizante no cultivo de cana de açúcar	Jéssica
<i>Hermelindo Resler Silva, Natalia Felix Negreiros</i>	288
Vinhaça e Ajifer como biofertilizantes em culturas de cana de açúcar	Joice
<i>Fernanda di Caprio Dias, Natalia Felix Negreiros</i>	299

Extração do óleo da Erva de Tereré (<i>Ilex paraguariensis</i> – (Auguste Saint-Hilaire, 1822) como fonte de energia renovável	
<i>Láyna Mariana Samuel Da Silva, Natalia Felix Negreiros, Rosemeire Parra.....</i>	310
Alterações morfológicas em Cladocera relacionadas às degradações ambientais	
<i>Maria Fernanda Menezes Argentini, Patrícia de Freitas C. Pereira, Natalia Felix Negreiros....</i>	319
Influência da suplementação alimentar com castanha-do-Brasil no desenvolvimento de massa encefálica e corporal em ratos (<i>Rattus norvegicus</i>) da linhagem Wistar	
<i>Rafaela Fachini de Oliveira, Rossana Abud Cabrera Rosa, Natália Félix Negreiros, Casimiro Cabrera Peralta.....</i>	332
Modelagem de Biorreator de Membrana (MBR) em Lodos Ativados: Abordagem comparativa de calibração e fatores de influência	
<i>Renann Manzalli, Luiz Fernando Bezerra, Natalia Felix Negreiros</i>	347
Análise da água utilizada para hemodiálise de um Hospital de Araçatuba-SP	
<i>Sabrina de Souza, Renato Canuto Batista de Souza, Rosemeire Conceição Parra Pastor, Denise Junqueira Matos</i>	359

Engenharia Mecânica

Projeto de cobertura de carga em caminhões canavieiros tipo bitrem

Load coverage project in bitrem sugarcane trucks

Alessandro Henrique de Carvalho¹

Danilo Faquiano¹

Emerson Vieira Amâncio¹

José Alessandro Furlan¹

Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares²

Thiago Santana Aranha³

RESUMO

O projeto visa desenvolver um sistema automatizado para realizar a cobertura da carga de cana de açúcar em caminhões canavieiros tipo bitrem, veículos normalmente utilizados pelas indústrias de processamento de cana de açúcar no Brasil. O CONTRAN (Conselho Nacional de Transito), a partir da Resolução 441 publicada em 28 de maio de 2013, estabelece que até o ano de 2016 esse tipo de transporte não será permitido sem que a carga esteja coberta, para evitar que qualquer pedaço ou estilhaço de cana caia da carreta durante o transporte da lavoura até a unidade fabril. Atualmente, pequena parte do transporte de cana é realizado segundo as normas de trânsito e, para isso são utilizados métodos manuais, ou seja, pessoas contratadas ou o próprio condutor do veículo executam a operação, o que acarreta perda de tempo e risco de acidente. Não há conhecimento sobre nenhum processo automático formalizado ou patenteado para realizar a atividade, do mesmo modo, não existe qualquer norma regulamentadora para esta operação.

Palavras-Chave: cobertura de carga de cana de açúcar; resolução 441 do CONTRAN; cobertura de carga em caminhões tipo bitrem.

ABSTRACT

The project intends develop an automatic system to produces the coverage of sugarcane load in sugarcane articulated trucks, vehicles normally used by sugarcane processing industries in Brazil. The CONTRAN (Nacional Traffic Council), from 441 resolution

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Prof. Msc. Orientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba, fernando.egua@yahoo.com.br

3, Prof. Coorientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

published in May 28, 2013, states that until the year 2016 this type of transportation will not be allowed without the load will be covered, preventing some pieces or cane shrapnel from falling off the cart during the transportation from tillage until factory. Currently, a portion of the sugar cane transportation is carried out following the traffic rules, and manual method are used, in other words, people hired or the own driver performs the operation, leading in lost time and risk of accident. There isn't knowledge of an automatic process or patented to perform the activity, also there isn't regularization for this operation.

Keywords: coverage of load sugarcane, 441 resolution of CONTRAN, coverage of cart in articulated trucks.

Introdução

O Código Brasileiro de trânsito estabelece normas quanto ao transporte de cargas em vias públicas. Atualmente, a lei que regulamenta o transporte de cargas a granel em vias abertas à circulação pública em veículo com carroceria aberta, é a resolução CONTRAN número 441, de 28 de maio de 2013. Esta resolução dispõe sobre o transporte de cargas de sólidos a granel; sendo assim, abrange todo o transporte de cana utilizado pelas usinas de açúcar e álcool que é normalmente realizado em carretas do tipo bitrem, as quais deverão ser regularizadas de acordo com esta resolução até setembro de 2016 (CONTRAN, 2013).

Outra questão acerca do transporte neste tipo de veículo é em relação ao desperdício de carga. Apesar da inexistência de pesquisas que tratem especificamente do transporte de cana de açúcar, um estudo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) aponta que, de maneira geral, as perdas no transporte da produção agrícola no Brasil podem chegar a 10%, dependendo do produto transportado; tal fato gera um imenso prejuízo ao setor agrícola (IBGE, 2003). É visível o desperdício da produção nas rodovias utilizadas pelas indústrias sucroalcooleiras que, somado a outros fatores como segurança e limpeza das vias, tornam-se a implantação deste projeto viável.

O presente trabalho consiste no projeto e construção de um sistema automático para executar a cobertura da carga em uma carreta bitrem. Como citado, tais veículos são utilizados para o transporte de cana de açúcar. Entretanto, a partir de setembro de 2016, será obrigatória a cobertura da carga conforme resolução do CONTRAN. Tal necessidade advém da legislação de trânsito que entrará em vigor nesta data.

Devido à existência de fiscalização normatizada, o transporte da cana de açúcar é

realizado sem cobertura. Isso acarreta além dos prejuízos por desperdício de produção, risco constante de acidentes que são provocados pela queda do material em rodovias de intenso movimento, principalmente quando atinge motociclistas ou a parte frontal dos veículos em sentido contrário.

A realização manual de cobertura da carga, atende a proposta prevista no regulamento de trânsito, já que permite sistemas manuais; no entanto, torna-se custosa pelo excesso de tempo para execução.

Outro fator a ser destacado é o risco de acidente de trabalho em altura, já que as carrocerias para transporte de cana possuem aproximadamente 4,4 metros de altura.

Tanto a concepção do mecanismo para a cobertura de carga de cana de açúcar quanto os testes teóricos foram realizados em ferramenta computacional. O software utilizado foi *solidworks versão 2014 do fabricante Dassault Systèmes*, que permitiu simular desde a carreta em tamanho real até o desenvolvimento de todo o processo de fabricação. Foi possível simular o projeto, analisar possíveis falhas e realizar correções necessárias, tudo antes de concretizar a fabricação.

O principal objetivo deste trabalho é automatizar a cobertura da carreta; pretende-se também reduzir custos, eliminar a perda de matéria prima e diminuir desgaste físico do trabalhador, pois o procedimento realizado de forma manual consiste em desenrolar a lona, esticar, tracionar e amarrar a mesma. Todas estas etapas de operação serão executadas por um sistema automatizado, eficaz, rápido e simples.

O dispositivo atende as exigências da legislação vigente no transporte de materiais sólidos a granel em estradas e rodovias; reduz o tempo entre viagens do caminhão e contribui para preservação do meio-ambiente ao diminuir ou eliminar a queda do material transportado sobre as vias.

O sistema de cobertura funciona a partir de um dispositivo automático, que se resume num sistema de lona retrátil com botão de acionamento na parte exterior da carreta, onde o operador pode visualizar a operação e interrompê-la caso necessário. O sistema permite cobrir por completo toda a superfície do caixote de carga em menor tempo possível.

Para viabilização deste projeto foi necessário definir qual atuador atende com melhor eficiência a aplicação. Para isso, foram analisados os sistemas elétrico, hidráulico e pneumático.

Quase de imediato, o sistema pneumático foi definido como a melhor opção por apresentar menor custo e menores impactos ambientais.

Materiais e métodos

O sistema de cobertura de carga que foi definido e implantado é o demonstrado na Figura 1.

O processo terá início quando a carga de cana estiver completa na carreta. É necessário que haja uma reorganização da cadeia de carregamento da cana, pois não poderão ocorrer excessos abusivos de carga, além do nível superior da carroceria, ou seja, as chamadas “corcovas de camelo”. O operador do mecanismo de cobertura, do lado externo da carreta visualiza o procedimento, libera por meio de válvula o ar comprimido, aciona simultaneamente dois pistões pneumáticos, um que fica instalado na dianteira da carreta em ponto determinado e o outro, na traseira da mesma. Os pistões exercem uma força na peça denominada no projeto como “haste de cobertura”. Desta forma, a haste gira em seu próprio eixo e, num movimento suave e preciso, faz o arraste de um sombrite ou lona sobre a carga da carreta, realizando a cobertura.

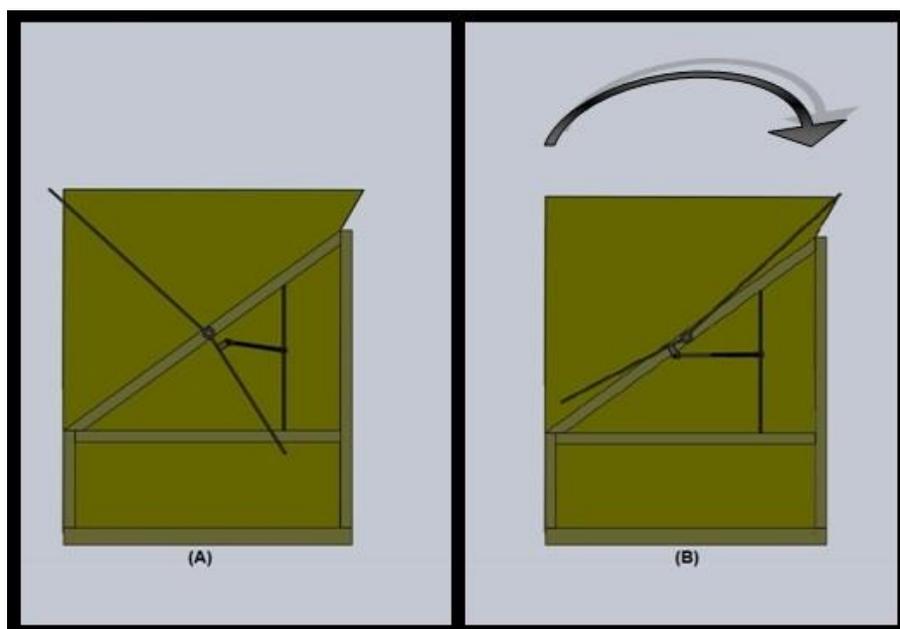


Figura 1 – (A) Pistão em Repouso, (B) Pistão Acionado.

Fonte – Software Solidworks Versão 2014, Fabricante Dassault Systèmes.

Para determinar o comprimento das hastes, foi realizada uma simulação no programa computacional *solidworks*.

Conforme demonstra a Figura (1-A) acima, o mecanismo que realiza a cobertura da carga é composto principalmente pela haste localizada na parte superior da carreta, pela haste de contrapeso localizada na parte inferior da carreta e pelo pistão de acionamento.

No extremo da haste de cobertura, está fixado o cabo de aço no qual é presa a lona ou sombrite, componente que cobrirá a carga. Já na haste de contrapeso, é fixado o pistão pneumático.

A haste inferior é deslocada com o acionamento do pistão. Como as duas hastes são interligadas por meio de solda numa única bucha, o movimento da haste inferior faz com que a haste de cobertura saia da posição de repouso, desloque a lona até a outra extremidade da carreta, realize a cobertura da carga. Esse movimento só é possível devido a um pino central fixado na estrutura da carreta que permite o movimento das hastes. Porém, sem fugir do seu ponto central, e sobre o pino foi colocado a bucha na qual as duas hastes são unidas. Para que não ocorram movimentos laterais, foi soldada uma bucha de travamento, que proporcionam maior segurança no momento de realizar a cobertura.

Para o pistão realizar os movimentos de articulação, foram colocadas em suas duas extremidades buchas usinadas e soldadas. A bucha na parte traseira do pistão é fixada em um pino, também usinado e soldado na carreta; para que não ocorram movimentos laterais foi instalada uma bucha de travamento. Na parte dianteira do pistão duas chapas foram fixadas, com buchas e pino em uma das extremidades; a outra extremidade da chapa foi soldada na haste de contrapeso. Deste modo, proporciona maior mobilidade ao pistão e permite que a haste de cobertura baixe até a altura de 2 metros para entrar no hilo de descarga, já dentro da unidade industrial. A Figura 2 ilustra o protótipo construído para fins acadêmicos.



Figura 2 – Protótipo Construído em Escala Reduzida.

Os pinos e as buchas de fixação foram fabricados em aço ABNT 1020, que pertence ao grupo dos aços comuns ao carbono e possui 0,20% de Carbono.

Esse material é de boa maleabilidade, fácil de ser forjado, soldado e usinado. Tais características o tornam ideal para o projeto, conforme mostra as propriedades do material simuladas em software (YOSHIDA, 1973).

A fixação das peças é feita por meio de processo de soldagem MIG/MAG (MIG – Metal Inert Gas) e (MAG – Metal Active Gas) com arame revestido de 0,8 mm. Trata-se de um processo de soldagem por arco elétrico entre a peça e o consumível em forma de arame, fornecido por um alimentador contínuo, realizando uma união de materiais metálicos pelo aquecimento e fusão (SCOTTI; PONOMAREV, 2008). O processo de soldagem apresenta melhor resistência da junta, de 70% a 90% da resistência da chapa, enquanto que em outros tipos de fixação como rebite, apresenta 60% a 87% da resistência; além disso, a soldagem proporciona certa redução de peso da construção em relação a outros processos de fixação (NIEMANN, 1971).

Para dimensionar o pino central, que serve de eixo de rotação das hastes, foi desenvolvido o seguinte cálculo: Somou-se todas as massas dos elementos que atuam sobre o pino; no caso, as duas hastes, a bucha, o cabo de aço e a lona, que juntos possuem aproximadamente 8 kgf ou 80 N. A partir dessa necessidade foi dimensionado um pino com diâmetro de 1,83 mm como mostra o cálculo 4.

A simulação também foi utilizada para a construção de um protótipo em escala reduzida, que posteriormente será testado em tamanho e situação real.

Durante a etapa de discussão do projeto, foram cogitados e descartados os sistemas com acionamento elétrico e hidráulico, pelos motivos descritos a seguir.

Sistema com Acionamento Elétrico

Após análise, chegou-se à conclusão de que é inviável a instalação de um sistema elétrico, pois utiliza motores e engrenagens, que necessitam maiores quantidades de peças em relação aos sistemas pneumático e hidráulico, o que torna o custo de implantação bastante elevado. Neste caso, seria necessário produzir um sistema exclusivo para atender as necessidades do projeto.

Outra característica a ser observada é em relação ao ambiente de trabalho no qual será submetido este sistema, pois na maioria dos casos os veículos irão transitar em vias sem pavimentação e em períodos chuvosos. Vale ressaltar que os componentes elétricos apresentam fragilidade quando expostos a ambientes agressivos como poeira e água.

Sistema com Acionamento Hidráulico

Possui funcionamento semelhante ao sistema pneumático; entretanto, é importante observar que as diferenças ocorrem nos aspectos de velocidade e pressão de

trabalho. O sistema hidráulico apresenta maior pressão; conseqüentemente, possibilita trabalhar com maior força nos atuadores e apresenta melhor controle do movimento. No entanto, em comparação ao sistema pneumático, o custo de implantação é muito mais elevado. Após estudos realizados, concluiu-se que em relação a força necessária para atuar no sistema, o acionamento pneumático atende à necessidade, sendo assim, não justifica optar pelo acionamento hidráulico, devido ao maior custo. Os aspectos ambientais devem ser observados, pois no caso de sistemas hidráulicos, podem ocasionar vazamentos do lubrificante, e acarretarem danos ambientais ao contaminar o solo, enquanto que em sistemas pneumáticos não é possível ocorrer este tipo de problema (STEWART, 1981).

Sistema com Acionamento Pneumático

O acionamento pneumático foi definido como a melhor opção, pois a fonte principal de energia é o ar comprimido e esta já existe para acionar os freios dos caminhões que tracionam as carretas. Este sistema é o que apresenta menor custo de implantação devido ao baixo valor das peças (adquiridas com os outros acionamentos citados).

Apartir dos estudos, concluiu-se que a pressão de trabalho e o fluxo de ar produzido pelo compressor do caminhão atende às necessidades do projeto. Por meio da verificação do esquema pneumático das carretas utilizadas para o transporte e dos caminhões, constatou-se que estes equipamentos utilizam um sistema pneumático com compressor de 636 cm³ e 13 bar de pressão.

O sistema é ilustrado na Figura 3.

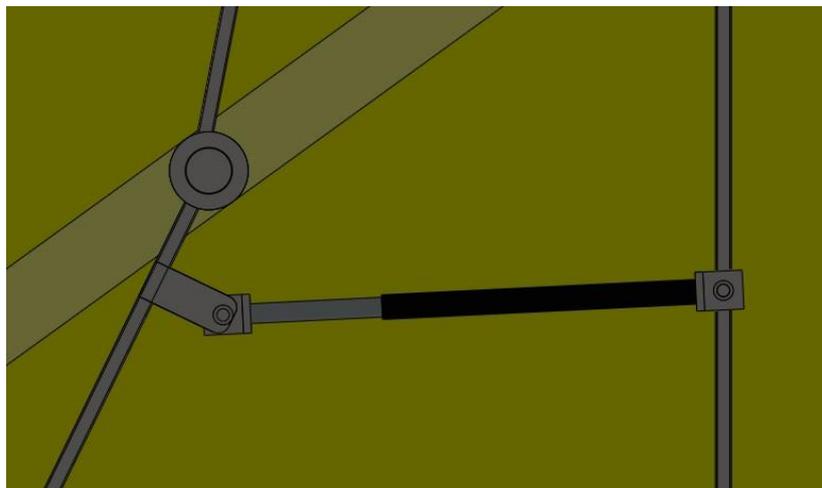


Figura 3 - Sistema com Acionamento de Pistão Pneumático.

Fonte – Software Solidworks Versão 2014, Fabricante Dassault Systèmes.

No sistema implantado dois pistões são acionados simultaneamente. Como o diâmetro interno de cada pistão é de 1 polegada, o avanço de 40 cm, e o volume interno temos aproximadamente 200 cm³ para cada pistão. Desta maneira, o sistema da carreta atende perfeitamente quanto ao volume de ar comprimido necessário, e para levar o ar até os pistões utilizou-se mangueira com 10 mm de diâmetro interno e duas válvulas pneumáticas 3/3 vias, normalmente fechada.

Quanto à força necessária para o acionamento, com uma pressão de 13 bar, conforme informação técnica do fabricante (VOLVO, 2015) e um diâmetro interno do embolo de 1 polegada ou 2,54 cm., resulta em uma área interna de aproximadamente 5.067×10^{-4} m² conforme cálculo 2 apresentado no anexo. A força de acionamento em cada pistão é de aproximadamente 660 N ou 66 kgf; suficiente para levantar a lona e o cabo de aço que, juntos, pesam aproximadamente 73 N ou 7,4 kgf, conforme mostra o cálculo 3. Já o cabo de aço determinado para ser usado é o de 1/8 de polegada, possui carga de ruptura mínima efetiva de aproximadamente 5984,1 N ou 610 kgf e suporta perfeitamente o peso da lona de 7 kgf (BEKAERT, 2015).

O *software solidworks*, utilizado para realizar as simulações possui em sua biblioteca a norma AISI (*American National Standards Institute*) que é um órgão privado dos EUA que, voluntariamente coordena todo o sistema de normatização do país, e possibilitou as simulações das resistências dos materiais.

Expectativas do projeto

A ideia inicial é implantar o projeto em uma carreta canavieira real e fazer os ajustes necessários. Após este processo, será implantado em todas as carretas das três usinas do grupo Clealco Açúcar e Álcool S. A., a qual adquiriu os componentes para colocar o projeto em prática. Vale ressaltar que todos os transportadores de cana do Brasil serão obrigados por lei a trafegar com a carga coberta a partir do ano de 2016, portanto, a expectativa é que ocorra grande aceitação pelo setor produtor de açúcar e etanol.

O retorno positivo é almejado também na redução de perda da carga nas estradas; como já citado, podem chegar a 10% de toda carga a granel transportada

pelo país, segundo o IBGE. Com isso, o custo do projeto fica pequeno se comparado aos ganhos financeiros, ambientais e geração de bem estar para o operador que realizará a cobertura.

A questão da segurança é outro fator que gera grande expectativa, por dois motivos principais: a questão que o trabalhador não precise subir na carreta a uma altura de 4,4 metros para realizar a cobertura da carga com risco de sofrer acidente grave; a segurança quanto às palhas e pedaços da cana de açúcar que caem nas rodovias durante o trajeto e que podem causar sérios acidentes aos veículos que trafegam na via. Com o mecanismo da cobertura de carga tais preocupações não existirão.

Conclusão

Após o desenvolvimento do projeto de cobertura de carga em tamanho real utilizando software e realizada a fabricação de um protótipo em escala reduzida, o objetivo principal do trabalho foi atingido. É possível desenvolver um mecanismo para atender a legislação de trânsito no quesito de cobrir carga de produto sólido a granel, neste caso a cana de açúcar.

Paralelamente ao objetivo principal, também atingiu-se o foco em reduzir desperdício de cana durante o transporte, evitar acidente de trabalhadores durante a operação de cobertura da carga e reduzir custos para o setor de açúcar e etanol.

Durante as etapas de pesquisa foram cogitados alguns tipos de sistemas de acionamento que poderiam ser utilizados. Dentre eles, os sistemas hidráulicos e elétricos foram analisados para realizar o projeto; porém, logo foram descartados devido à necessidade de grandes investimentos e risco de danos ao meio ambiente.

O sistema definido foi o acionamento pneumático, uma vez que a energia principal, que é o ar comprimido, já existe no contexto.

Por meio do *software* específico, foi possível identificar e corrigir algumas falhas que surgiram durante o desenvolvimento, e proporcionar mais precisão na fabricação do protótipo em escala 1:6.

Os resultados obtidos tanto no desenvolvimento do projeto quanto na fabricação do protótipo foram satisfatórios, pois atendem as expectativas idealizadas. A implementação nas carretas de transportes de cana existentes é

fácil, independente de fabricante ou modelo e necessita apenas de pequenos ajustes que deverão ser analisados individualmente.

O custo do projeto é bastante atrativo se comparado aos benefícios que o dispositivo oferece; os materiais utilizados e a mão de obra de fabricação em tamanho real custam em torno de R\$ 2060,00, sem margens ou impostos.

A próxima etapa, a curto prazo, será a instalação do mecanismo na carreta real.

É importante salientar que este projeto é inovador no setor, e poderá ao longo do tempo passar por melhorias, alterações ou atualizações de tecnologia de acordo com a necessidade para atender tanto aos usuários quanto a legislação de trânsito.

Referências bibliográficas

BEKAERT, Cimaf cabos Ltda. *Certificado de Qualidade: Cabo de aço 1/8"*; 2015.

CONTRAN, Conselho Nacional de Trânsito - *RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 441*: Dispõe sobre o transporte de cargas de sólidos a granel nas vias abertas à circulação pública em todo o território nacional. 2013. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_441_13.pdf>. Acesso em 08 de março de 2015.

HIBBELER, R. C. *Estática: mecânica para engenharia*; 12 ed.; São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011; tradução: Daniel Vieira; revisão técnica: José Maria Campos dos Santos.

HIBBELER, Russell Charles. *Resistência dos Materiais*; 7 ed.; São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010; tradução: Arlete Simille Marques; revisão técnica: Sebastião Simões da Cunha Jr..

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - *Índices de perdas do plantio à pré colheita dos principais grãos cultivados no País 1996-2002. Indicadores agropecuários 1996-2003*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/indicadoresagro_19962003/comentarios.pdf>. Acesso em 08 de março de 2015.

NIEMANN, Gustav. *Elementos de Máquinas*; v. 1; São Paulo: Edgrd Blücher; 1971; tradução: Otto Alfredo Rehder.

NIEMANN, Gustav. *Elementos de Máquinas*; v. 2; São Paulo: Edgrd Blücher; 1971; tradução: Otto Alfredo Rehder.

SCOTTI, Américo; PONOMAREV, V. *Soldagem MIG/MAG*: melhor entendimento, melhor desempenho; São Paulo: Artliber Editora, 2008.

STEWART, Harry L. *Pneumática Hidráulica*; 3 ed.; São Paulo: Hemus, 1981. Tradutor: Luiz Roberto de Godoi Vidal.

VOLVO. Brasil veiculos Ltda. *Compressor WABCO 636*: Compressor tipo 2 pistão; 2015.

Iluminação e Ornamento de jardins utilizando fonte de energia alternativa

Lighting and garden ornaments using alternative energy source

Pâmela Siqueira Tomazi ¹
Marcos Alexandre Bim Ribeiro ¹
Luciano Batista do Espírito Santo ¹
Cleiton Ribeiro Fernandes ¹
Luís Barbosa Junior ¹
Amadeu Zanon Neto ²

RESUMO

Atualmente, os recursos convencionais para geração de energia elétrica são motivos de discussão, já que, começaram a ser escassos e a forma como são utilizados geram pontos negativos em relação a questões ambientais, além dos custos serem altos. Diante dessas circunstâncias, propõe-se fornecer energia alternativa frente às fontes tradicionais para a geração de energia elétrica, utilizando um protótipo para iluminação e ornamento de jardins residenciais, prediais e empresariais. Será utilizada fonte de energia solar e eólica, que ocasionará economia de energia para a pessoa e/ou empresa que a utiliza.

Palavras-Chave: Aerogerador, Energia Eólica, Energia Solar, Iluminação de jardins.

ABSTRACT

Currently, conventional resources for electricity generation are becoming a discussion, since they began to be scarce and the way they are used are generating negative points in relation to environmental issues, and the costs are high. Given these circumstances, it is proposed to provide alternative energy in front of traditional to generate electricity using a prototype for lighting and ornaments of home gardens, building and business, which will be used solar and wind power energy and which occasioned in economy for the person and / or company that uses it.

Keywords: Wind turbine, Wind Energy, Solar Energy, Lighting garden.

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium.

2. Especialista em Computação Gráfica, docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, zanonet@gmail.com.

Introdução

Devido à crescente procura de energia de fontes alternativas, surgem pesquisas e desenvolvimento de novos mecanismos ou aperfeiçoamento de antigos métodos usados ao longo dos anos, como a energia eólica. Pesquisas de historiadores provam que máquinas que utilizavam energia eólica operavam no Oriente. Por volta de 1700 a.C., os Babilônios usaram moinhos de ventos para a irrigação de suas plantações (GASCH & TWELE, 2012). A Figura 1 abaixo mostra uma dessas ruínas encontradas no Oriente.



Figura 1 – Ruínas de moinhos de ventos verticais, encontradas no Afeganistão em 1977. Fonte: Gasch & Twele, 2012.

Esse tipo de moinho consistia em uma ou mais vigas de madeira, montadas verticalmente e com uma base de pedra de rebolo (disco de pedra rotativo usado para moagem) fixada ao eixo que girava com o vento.

Os moinhos ou turbinas de ventos são divididos em duas classes: eixo vertical e eixo horizontal. Os modelos de eixo vertical mais conhecidos são o Savonius e o Darrieus. O primeiro proposto por S.J. Savonius (Figura 2-a), por volta de 1930, trabalha por força de arraste e o segundo modelo, por G.J.M. Darrieus (Figura 2-b) que teve sua patente efetuada em 1925 e trabalha por força de sustentação, que permite uma maior rotação em relação ao modelo Savonius.

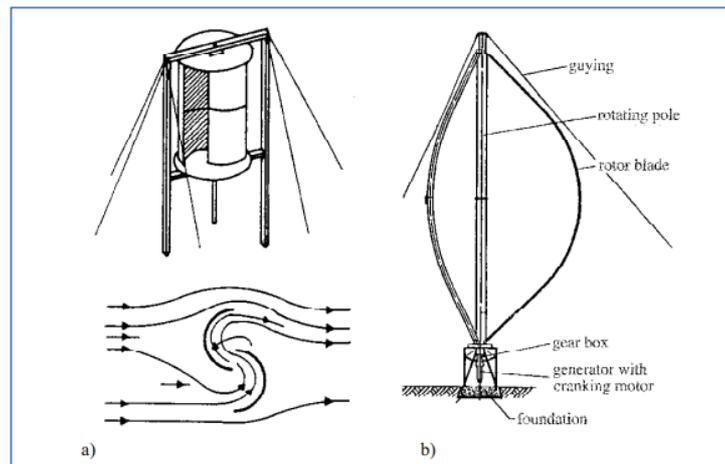


Figura 2 – a) Aerogerador modelo Savonius; b) Aerogerador modelo Darrieus Fonte: Gasch & Twele, 2012.

Além da energia eólica, outra fonte alternativa perante as tradicionais que se destaca ao longo dos anos é a energia solar fotovoltaica. Esta fonte de energia é obtida por meio da conversão direta da radiação solar em eletricidade.

Esta forma de conversão ocorre através de materiais semicondutores, descoberta de Edmund Becquerel, que demonstrou a possibilidade de conversão da radiação luminosa em energia elétrica quando se incidia luz em um eletrodo mergulhado em uma solução de selênio. Este experimento ficou conhecido como Efeito Fotovoltaico.

O Efeito Fotovoltaico acontece em certos materiais semicondutores com a capacidade de absorver a energia contida nos fótons presentes na radiação luminosa incidente, transformando-a em eletricidade. Os elementos semicondutores mais usados são o Silício (Si) e Arsenato de Gálio (GaAs). [...] *De acordo com a teoria quântica da matéria, a quantidade de energia que os elétrons possuem está relacionada à banda ou camada em que esse portador de carga se encontra em relação ao núcleo do átomo de origem. [...]* (ZILLES, MACEDO, GALHARDO & OLIVEIRA, 2012).

Apesar das fontes eólica e solar serem infinitas, a utilização das mesmas depende da matriz de energia de cada país. A matriz de energia relaciona-se diretamente com a disponibilidade energética, ou seja, com os recursos energéticos disponíveis em seu território. O potencial de um país depende de seus

recursos naturais e do conhecimento sobre eles, assim como do aproveitamento e condições de sua recuperação. Os gráficos 1 e 2 apresentam o cenário mundial de oferta de energia e o cenário brasileiro da matriz energética.

Gráfico 1 – Gráfico do cenário mundial de oferta de energia
 Fonte: Goldemberg & Villanueva, 2003.

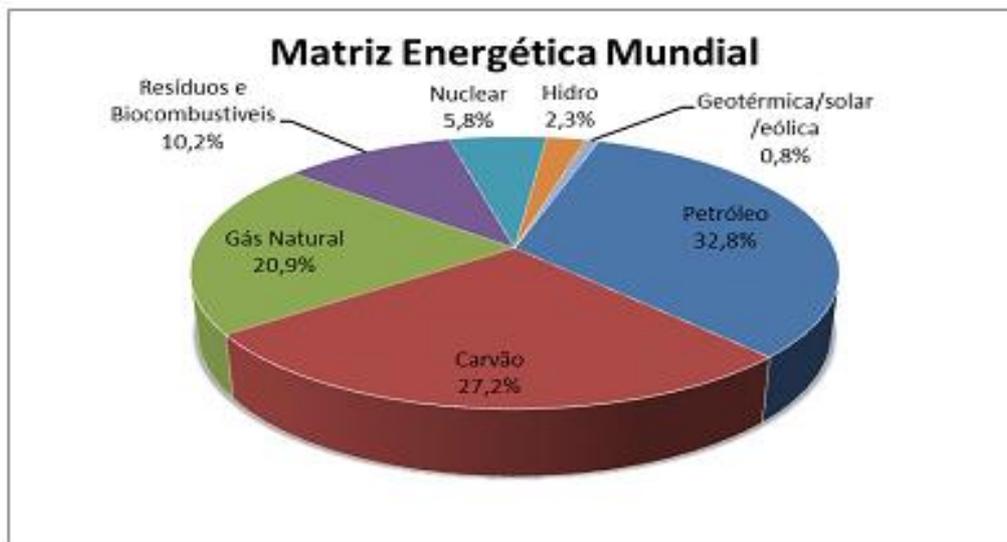
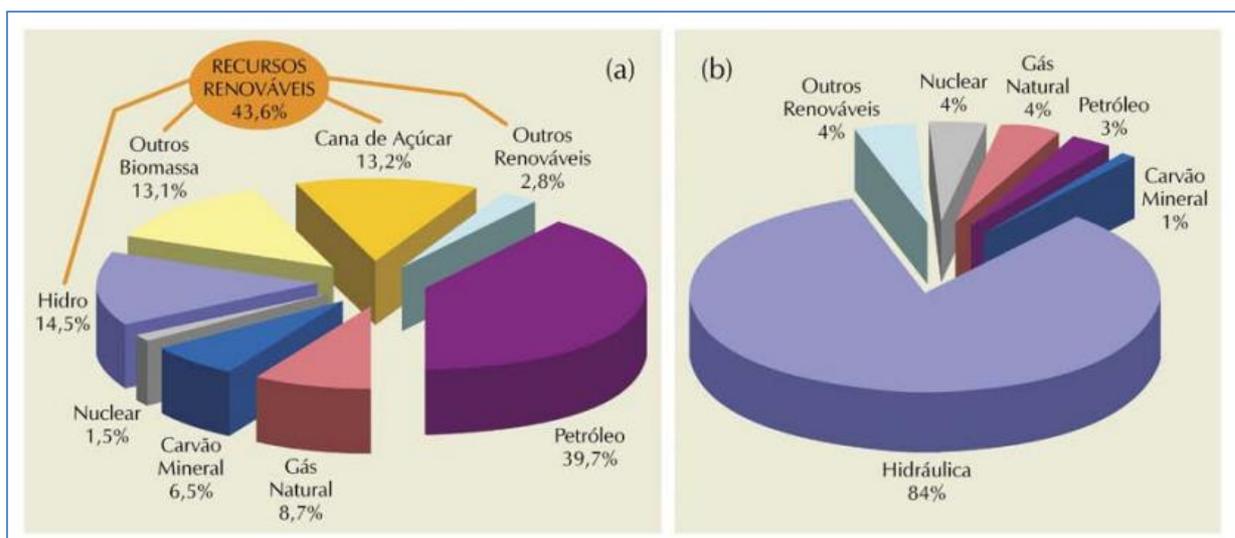


Gráfico 2 - a) Matriz energética brasileira, b) Matriz de energia elétrica.
 Fonte: Pereira, Martins, Abreu & Ruther, 2006.



Objetivo

Como o crescimento populacional mostra uma demanda crescente no consumo de energia, criou-se um protótipo no qual a energia elétrica é gerada através de fonte eólica e solar para iluminação e ornamento de jardins proporciona benefício para o meio ambiente, baixo custo de construção, além de economia de energia para a pessoa e/ou empresa que a utilizar. O jardim utilizado para os testes fica em frente ao Laboratório de Engenharias e Arquitetura do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

Metodologia

Este protótipo visa geração, armazenamento e automação. Foi dividido em seis etapas:

- Sistema mecânico
- Sistema de geração
- Retificação e regulagem
- Sistema de armazenamento
- Automação e Controle
- Montagem do jardim

Sistema Mecânico

Para a construção do rotor do Aerogerador são necessários materiais de aço carbono. A norma aplicada para este processo é ABNT NBR NM 87:2000 que está atualmente em vigor que diz respeito às normas de aço carbono e ligados para construção mecânica, sua designação e composição química.

Para a fixação das hélices foi usado tubo mecânico (Figura 3-a) de 1/8 de espessura e 600 mm de comprimento, em aço carbono ABNT 1020, pois este material possui boa soldabilidade que facilita a fixação das hélices. Este tubo recebe o eixo fixo do rotor feito de aço ABNT 1045 (Figura 3-b), possui uma boa relação entre resistência mecânica e resistência a fratura; seu diâmetro é de 30 mm. e comprimento de 650 mm.

Para a modelagem das hélices foi utilizada chapa de aço em formato de unha (Figura 4), cortada a laser para alta qualidade de acabamento e precisão. As hélices ficaram com tamanho de 388 mm. e 90 mm. de raio.



Figura 3- a) tubo mecânico em aço ABNT 1020; b) eixo fixo rotor em aço ABNT 1045.
Fonte: Própria.



Figura 3 - Unhas em aço para modelagem das hélices.
Fonte: Própria.

A disposição no tubo mecânico ficou com ângulo de 120° entre cada hélice (Figura 5-a), as mesmas foram fixadas por chapa de aço nas dimensões de 120 x 105 mm., utilizando cordões de solda do processo MIG/MAG, pois podem ser executada em todas as posições, além da alta taxa de deposição do metal de solda entre outros benefícios.

O eixo fixo do rotor fica interno ao tubo mecânico e nas duas pontas, os rolamentos rígidos de esfera radial blindados modelo 6206 ZZ C3. *“Este tipo de rolamento suporta carga radial de intensidade média e carga axial leve simultaneamente, sendo assim recomendado para altas rotações. Devido à sua versatilidade e custo reduzido, é amplamente utilizado” [...] (MELCONIAN, 2005).*

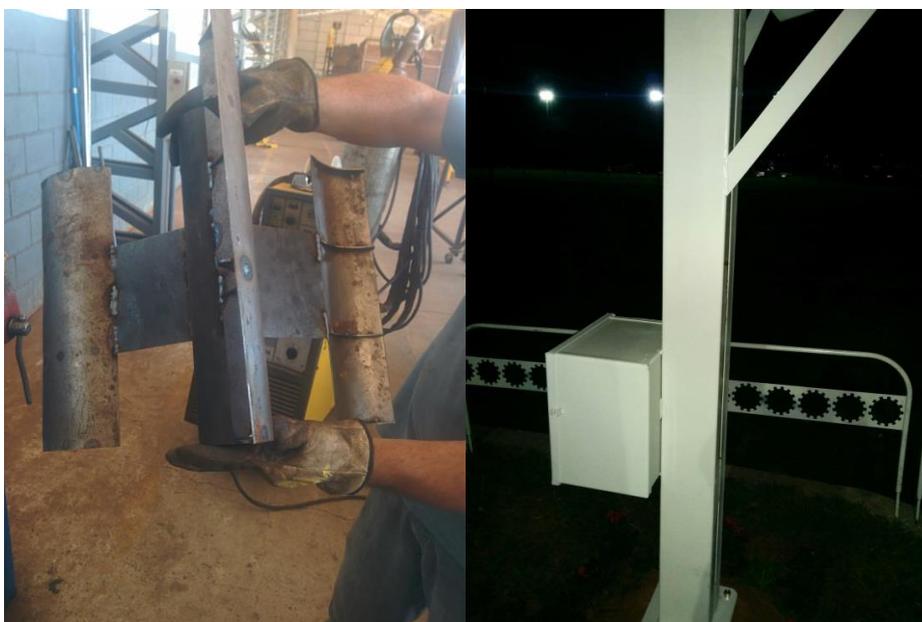


Figura 5 – a) Rotor montado. b) Tubo de sustentação.

Fonte: Própria.

Para fazer a fundação foi utilizado um tubo de dimensões de 1300x150x150 mm. que ficou no subsolo do jardim e acima do solo, e um tubo de 2800x150x150 mm. (Figura 5-b). Acoplados no tubo de sustentação, fica a caixa para receber a bateria, os demais componentes eletrônicos e um suporte para receber o módulo solar.

Sistema de Geração

Como a rotação é baixa, foi fabricado para o protótipo um gerador assíncrono (indução), para ter doze ímãs de neodímio intercalando os polos sul e norte, em uma placa circular de nylon de 200 mm. de diâmetro e 15 mm. de espessura (Figura 6-a). As oito bobinas aplicadas (Figura 6-b) foram retiradas de relés da marca Schrack modelo RL 300125, pois apresentam enrolamento de cobre esmaltado com eixo interno de metal magnético.

A placa circular dos ímãs ficou fixada no tubo mecânico para que possa haver movimentação; ficou a placa com as bobinas fixadas no eixo fixo do rotor para que não aconteça movimentação (Figura 6-c). Desta maneira, os ímãs giram sob as bobinas fazendo surgir a indução magnética, fenômeno descoberto por Michael Faraday e conseqüentemente, a corrente elétrica induzida.



Figura 6 – a) Disposição dos ímãs de neodímio; b) Fixação das bobinas; c) Fixação da placa de ímã e bobinas no rotor. Fonte: Própria.

A iluminação aplicada no jardim de teste é de consumo baixo, ou seja, 340 W; o tempo médio de funcionamento da iluminação é curto, das 19:00h às 22:40, com isso, não necessita de módulo solar com alta potência. Por estas questões e pelo fator econômico, foi escolhido um módulo de 20 W da Komaes. Segundo o fabricante, a tensão máxima é de 17,56 V e corrente máxima de 1,14 A. Suas dimensões são 500x350x28 mm. e pesa 2,4 Kg. Este módulo fotovoltaico é certificado pelo INMETRO.

Retificação e Regulagem

A retificação do sistema faz necessária para ter controle da corrente gerada, pois não é constante. Para a retificação, usam-se diodos. O diodo é um material semicondutor fabricado de silício, com suas extremidades polarizadas. Este componente eletrônico é usado para transformar a corrente alternada em corrente contínua (MARTIGNONI, 1978). Foram aplicados quatro diodos do modelo 1N5408, pois suportam a maior tensão reversa..

É necessário implementar um dispositivo de regulagem de tensão para a geração eólica e um dispositivo para a geração solar, pois a tensão da bateria que faz o armazenamento é de 12 V, e a tensão gerada não pode ultrapassar a tensão da bateria.

Para a energia eólica é utilizado regulador de tensão da marca Bosch, comumente encontrado no mercado de automóveis. Para a energia solar, o controlador para módulos solares de 12 V - 24 V facilmente encontrado em sites e lojas de módulos solares.

Sistema de Armazenamento

No protótipo foi utilizada uma bateria comum no meio automotivo, com características de tensão nominal de 12 V e capacidade de fornecimento de corrente de 45 A/h.

Automação e Controle

Para o protótipo proposto, é necessária a automação do mesmo, pois o objetivo é que a iluminação do jardim acenda automaticamente às 19 h 00 min e desligue o as 22 h 40 min; e que seja mostrada em LCD a tensão gerada pelo rotor e pelo módulo solar e em outro LCD o horário de início e término da iluminação. Para esta etapa de automação, faz-se necessário o uso de microcontrolador , pois pode ser programado para funções específicas, como controlar as funções e ações de determinado item (PEREIRA, 2003). O microcontrolador utilizado para o protótipo é do modelo PIC (Controlador de Interface Programável) 16F690 de 20 pinos e 8-Bits, pois possui alta velocidade de processamento.

Para a programação, totalmente feita em linguagem C, foi usado o programa Protheus para teste de ligação dos componentes antes da passagem dos mesmos para a placa final de Fenolite, além dos circuitos de programação, apresentados nas figuras 7, 8, 9 e 10.

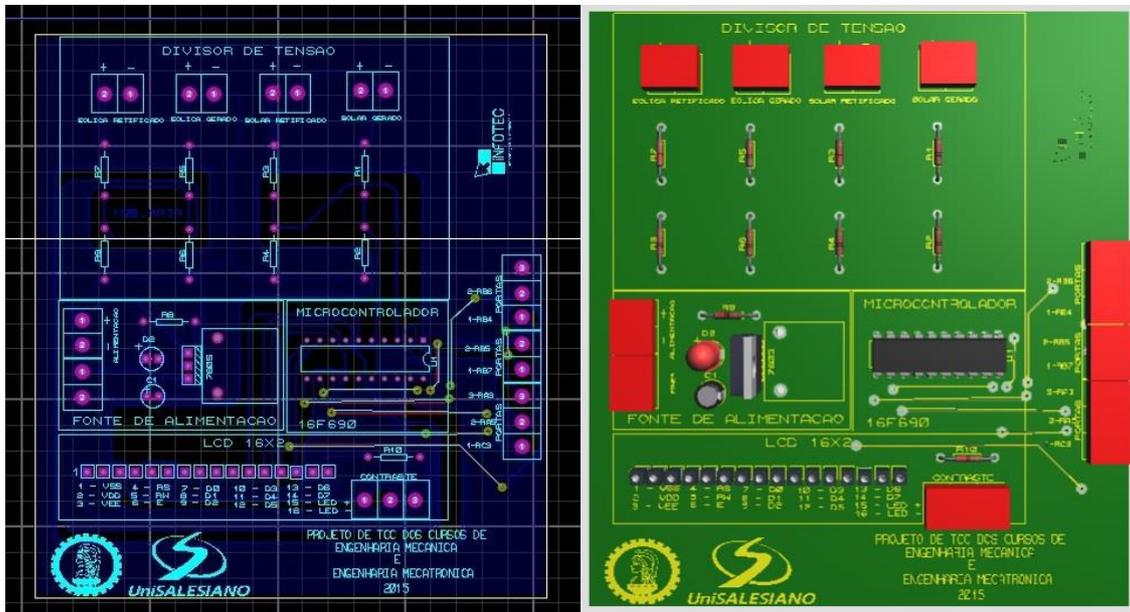


Figura 7 – Montagem da placa de tensão.

Fonte: Própria.

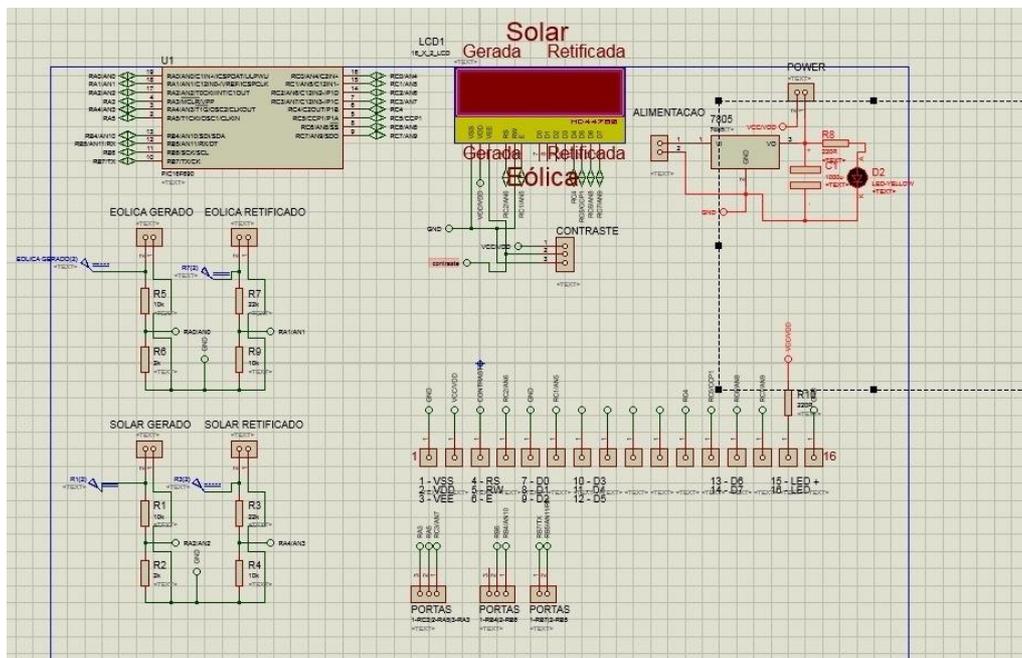


Figura 8 – Circuito de programação para ser mostrada em LCD a tensão gerada.

Fonte: Própria.

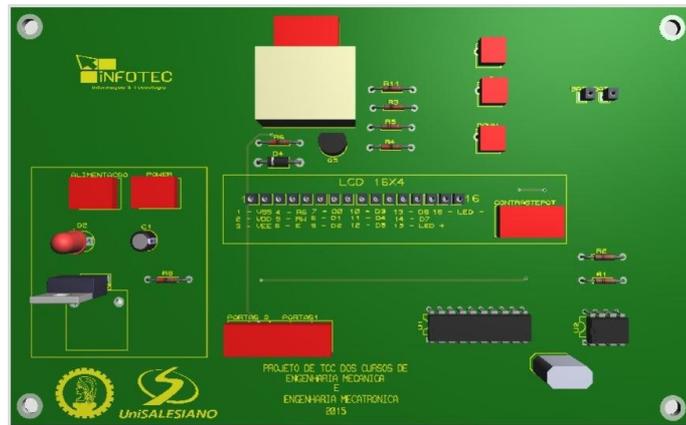
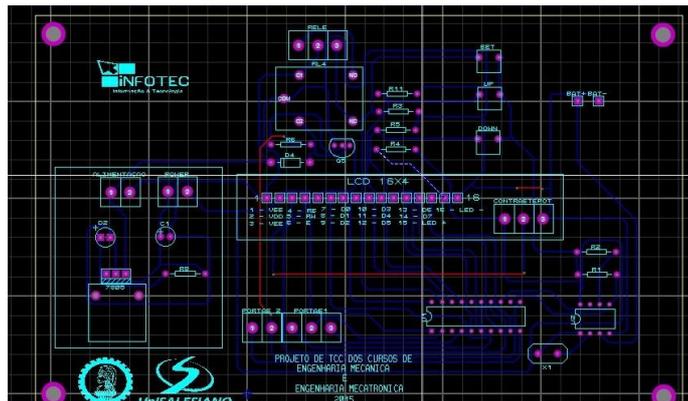


Figura 9 – Montagem da placa de hora de início e término da iluminação.

Fonte: Própria.

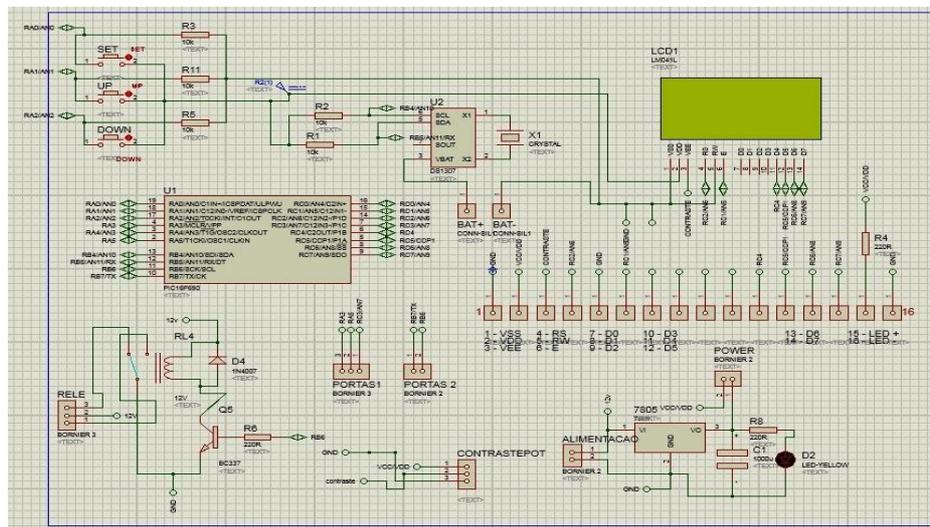


Figura 10 - Circuito de programação para ser mostrada em LCD a hora de início e término da iluminação.

Fonte: Própria.

Resultados e Discussões

O protótipo aqui apresentado chegou aos resultados esperados, cuja geração de energia limpa e sustentável para iluminação de jardins, proporciona economia de kWh/mês conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Economia em kWh/mês. Fonte: Própria.

Itens jardim	Potência (W)	Consumo
Fita led – 8 m	40	4,8 kWh/mês
Luminária - 6 peças	300	36 kWh/mês
Economia Mês	40,8 kWh/mês	

Os custos para a construção do protótipo são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Custos do protótipo. Fonte: Própria.

Custo Total do Protótipo	
Item	Valor
Chapa de aço	R\$ 400,00
Tarugo de Nylon	R\$ 250,00
Imãs de Nodímio	R\$ 35,00
Módulo solar 20 W	R\$ 280,00
Controlador Solar	R\$ 100,00
Regulador Eólico	R\$ 150,00
Bateria	R\$ 250,00
Peças eletrônicas diversas	R\$ 322,00
Iluminação	R\$ 150,00
Ornamento	R\$ 73,00
Total	R\$ 2.010,00

Para a região do interior paulista, a concessão de energia é feita pela empresa CPFL, que segundo dados da ANEEL cobra R\$ 0,41964 o kWh. Deste modo, a economia gerada é de aproximadamente R\$ 17,00/mês; durante um ano a economia gerada será de R\$204,00. De maneira imediata, o valor pode parecer simbólico, no entanto, vale considerar que no jardim montado para os testes, não constam vários equipamentos de iluminação que demandam grande consumo.

Caso o protótipo seja usado para a iluminação e ornamento de um jardim com consumo maior, basta alterar a bateria para que obtenha maior capacidade de armazenagem de carga, além de utilização de lâmpadas LED que tenham baixo consumo de energia.

Após montado, o protótipo ficou conforme a Figura 11 abaixo.



Figura 11 – Protótipo para iluminação e ornamento de jardins. Fonte: Própria.

Considerações finais

Atualmente, o Brasil tem grande potencial eólico e solar e muito a se desenvolver. A transição do modelo atual de geração para o modelo ecológica e economicamente sustentável virá por descobertas de novas tecnologias e mudanças da consciência sociocultural da nação.

O resultado apresentado é satisfatório, pois mostra o alto potencial do protótipo. A intenção da montagem no jardim da própria faculdade é para que as turmas futuras de engenharia possam estudá-lo e aperfeiçoá-lo, para que seu uso seja expandido para residências e afins, sempre visando à economia de energia e o benefício ao meio ambiente.

Referências Bibliográficas

A.B. FERNANDES, P. A. C. ROSAS & C. C. SILVA; *Energia eólica: Aspectos técnicos, regulatórios e comerciais*; Natal, RN, Brasil 19 a 23 de Julho de 2010; CTGASER.2010.

ABNT NBR NM 87:2000. *Aço carbono e ligados para construção mecânica - Designação e composição química*. Disponível em < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=9638> > Acessado em 15/06/2015.

ANEEL, *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493> > Acessado em 01/09/2015.

BATISTA, N.A.M da C.; *Novo Aerogerador de eixo vertical integrado numa rede inteligente em contexto urbano*. 2013. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecatrônica), Universidade de Évora, Portugal.

BRAGA R.P. *Energia solar fotovoltaica: Fundamentos e aplicações*. 2008. Dissertação (Graduação de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRAGA S.L. *Análise experimental e simulação de desempenho de rotores eólicos do tipo Darrieus*. 1981. Dissertação (Mestrado de Engenharia Mecânica). PUC, Rio de Janeiro.

BURTON T., SHARPE D., JENKINS N., BOSSANYI E. *Wind Energy HandBook*. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2001.

FERNANDES A. B.; ROSAS P. A. C.; SILVA C. C.; *Energia eólica: Aspectos técnicos, regulatórios e comerciais*. Natal: CTGASER, 2010.

F.R. MARTINS, R.A. GUARNIERI, E.B. PEREIRA; *O aproveitamento da energia eólica* (2007) Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/301304.pdf>; consultado em 21/03/2015.

GASCH R., TWELE J. *Wind power plants - Fundamentals, design, construction and operation*. Germany: Springer, 2012.

GOLDEMBERG J.; VILLANUEVA L. D. *Energia, meio ambiente & desenvolvimento*. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 2003.

GOPAL B., REDDY B.E. The Darrieus Wind turbine: *A analytical performance study*. A Thesis in Mechanical Engineering. Texas, 1976.

HAGEN L.J., SHARIF M. *Darrieus wind turbine and pump performance for low-lift irrigation pumping*. Kansas: U.S Department of Energy, 1981.

HAYT H.H.; BUCK J.A; *Eletromagnetismo*. Rio de Janeiro: Editora LTC. 6ª Ed. 2003
MELCONIAN, S., *Elementos de Máquina*. São Paulo: Editora Érica, 9ª Ed, 2005.

MARTIGNONI. A; *Máquinas de corrente alternada*. Porte Alegre: Editora Globo. 1978.

MICROCHIP. *Datasheet PIC16F631/677/685/687/689/690*. Disponível em <
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001262F.pdf> >
Acessado em 25/07/2015.

PASSOS J.C., *Rotor Eólico Darrieus: Um estudo experimental*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1984

PEREIRA E. B.; MARTINS F. R.; ABREU S. L. DE.; RUTHER R.; *Atlas brasileiro de energia solar*. São José dos Campos: INPE, 2006.

PEREIRA F.; *Microcontroladores PIC: Programação em C*. São Paulo: Editora Érica, 2003.

PINHO, J.T; GALDINO, M.A; *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro. CEPEL-CRESESB. 2014.

SILVA A.B. *Projeto Acadêmico de Turbinas Eólicas*. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013.

ZILLES R.; MACEDO W.N.; GALHARDO M.A.B.; OLIVEIRA S.H.F DE. *Sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica*. São Paulo: Editora Oficina de Textos. 2012.

Projeto de uma máquina de gelo tipo escama

Project of an ice machine type scale

Deusdete Morais de Melo ¹
Sinézio Divino Gonzaga Filho ¹
Norberto Januário Pereira ²

RESUMO

Este trabalho consiste no estudo de conceitos e teorias do princípio da refrigeração mecânica a vapor, os principais componentes dos sistemas frigoríficos, gases refrigerantes e o aprofundamento do ciclo de Carnot com o objetivo de projetar e construir uma máquina produtora de gelo tipo escama. As máquinas podem ser aplicadas em diversos segmentos, sendo os mais comuns às fábricas de gelo para pequenos ou médios empreendimentos que atuam na comercialização e distribuição do produto. Por meio de análise de mercado, observou-se a necessidade para o desenvolvimento desse dispositivo, pois conforme (Sebrae mercados), o mercado é de grande porte e cresce exponencialmente a sua viabilidade econômica.

Palavras-Chave: Refrigeração, Máquina, Gelo Escama.

ABSTRACT

This paper consists in the study of concepts and theories of the principle of steam mechanical refrigeration, the main components of refrigeration systems, refrigerant gases and the deepening of the Carnot cycle in order to design and build a production scale ice machine type. The machines can be applied in various segments, and the most common to the ice factory for small or medium enterprises working in the marketing and distribution of the product. Through market analysis, noted that there was the need for the development of this device because (Sebrae Markets), the market is large and is growing exponentially its economic viability.

Keywords: Refrigeration, machine, Scale Ice.

1, Acadêmicos em Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Docente, Mestre, Norberto Januário Pereira, professor do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium, norberto.januario@terra.com.br.

Introdução

O presente projeto tem como base desenvolver máquinas produtoras de gelo tipo escama, com capacidade produtiva de duas toneladas por dia. Máquinas que são compostas por todos componentes básicos de um sistema de refrigeração, como: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão. O diferencial dessa máquina está no incremento do by-pass do gás na saída do compressor diretamente para o evaporador, a fim de realizar o degelo após a sua formação e a implementação de um mecanismo para triturar o gelo.

No projeto teórico, foram dimensionados todos os componentes do sistema de refrigeração a fim de atender a capacidade produtiva desejada de duas toneladas de gelo por dia e construído um protótipo constituído de componentes de fácil aquisição que preferencialmente não elevasse muito o seu custo total. Esse protótipo teve o objetivo apenas de representar do processo lógico da máquina, onde além da refrigeração, contemplou uma grande parte dos componentes que existem no projeto real, como por exemplo: triturador de gelo, bomba de água para reaproveitamento no processo e painel elétrico com todos os componentes responsáveis pela execução da lógica de funcionamento. Dessa forma foi possível atender as exigências do curso de engenharia Mecânica com o desenvolvimento e apresentação desse trabalho de conclusão de curso para o Centro Universitário Católico Unisalesiano.

As máquinas podem ser aplicadas em diversos segmentos; os mais comuns às fábricas de gelo para pequenos ou médios empreendimentos que atuam na comercialização e distribuição do produto e as mesmas são consumidas por um mercado cuja sua viabilidade econômica cresce exponencialmente, segundo o SEBRAE..

Metodologia

A refrigeração é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos ou efetuar climatização para conforto térmico. Para aplicá-la foram realizados estudos

por meio dos recursos disponíveis na biblioteca da instituição de ensino Centro Universitário Católico Auxilium - Unisalesiano Araçatuba, materiais disponibilizados pelo professor orientador, contatos com especialistas da área e fornecedores que auxiliaram na aquisição de catálogos para a seleção dos componentes do projeto da máquina de gelo tipo escama.

Devido ao projeto consistir no princípio da refrigeração pelo processo de compressão mecânica a vapor, foi necessário realizar estudos sobre os principais componentes do sistema como: tipos de evaporadores, condensadores e suas aplicações; gases refrigerantes e suas características; compressores para gases refrigerantes; válvulas de expansão termostática, superaquecimento e sub-resfriamento em fases do sistema, a fim de selecionar os componentes mais adequados para aplicação no projeto.

Após o dimensionamento, a partir das equações fornecidas pela bibliografia referenciada, foram desenvolvidos desenhos (Anexos 13.9, 13.10, 13.11 e 13.12 do memorial descritivo) conforme normas técnicas, utilizando softwares de computação gráfica; na sequência foi construído um protótipo da máquina com dimensões reduzidas, por meio de ferramental próprio e do laboratório de usinagem da universidade.

Ciclo de Refrigeração de Carnot

Pode ser considerado Ciclo de Refrigeração, o processo no qual, em circuito fechado, o fluido refrigerante consiga sucessivamente transformar-se em líquido e vapor, absorvendo calor pela evaporação e rejeitando calor pela condensação.

Segundo Stoecker e Jabardo (2011) o estudo dos ciclos termodinâmicos envolve um procedimento para obtenção de refrigeração de modo contínuo. Este procedimento consiste em fazer com que o fluido refrigerante passe por uma série de processos e retorne ao seu estado inicial.

O ciclo de Carnot é o que se destaca por se tratar de um ciclo ideal (reversível) operando entre dois níveis de temperatura; portanto, o que apresenta maior eficiência.

Conforme Stoecker, Jabardo (2011) o ciclo de refrigeração é composto por quatro transformações (Figura 1) que demonstra o ciclo de Carnot.

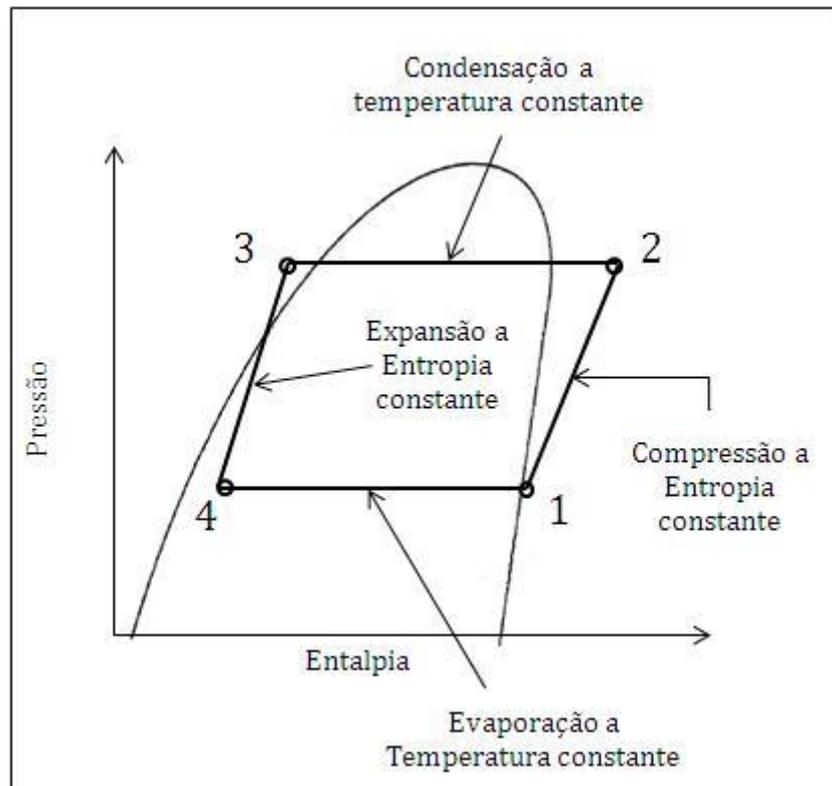


Figura 1: Ciclo de Carnot Fonte: STOECKER e JABORDO, 2011.

Tal ciclo consiste dos seguintes processos:

- 1-2 Compressão hipoteticamente isoentrópica, na qual o vapor saturado ou superaquecido passa da pressão P_1 , para a pressão P_2 , consumindo um trabalho mecânico.
- 2-3 Passagem pelo condensador; nesse processo o vapor superaquecido, proveniente da compressão, é resfriado isobaricamente até a temperatura de saturação, é condensado isobárica-isotermicamente, cedendo calor ao meio ambiente.
- 3-4 Operação de laminagem; neste processo, o vapor condensado é expandido à entropia constante, passando novamente da pressão P_2 para a pressão P_1 .
- 4-1 Passagem pelo evaporador, no qual o líquido refrigerante parcialmente vaporizado, após passar pela válvula de expansão, sofre sua vaporização final, retirando calor do meio a refrigerar pelo evaporador a pressão e temperatura constante.

O ciclo de refrigeração saturado simples

É um ciclo teórico, no qual se considera que o vapor refrigerante deixa o evaporador e entra no compressor como um vapor saturado seco à pressão e temperatura de vaporização; o líquido deixa o condensador e entra no controle de refrigerante como um líquido saturado à pressão e temperatura de condensação. Na prática, isso pode desviar um pouco.

Esse ciclo é uma modificação do ciclo de Carnot, também conhecido como compressão mecânica a vapor, sendo sua única diferença,, na qual a entalpia do líquido de trabalho não muda durante o processo. É um tipo de expansão adiabática que ocorre todas as vezes que um fluido é expandido através de um orifício de uma pressão alta para uma pressão baixa.

Considera-se que isso ocorre sem ganho ou perda de calor através da tubulação ou válvula e sem rendimento de trabalho. Neste processo o vapor condensado é expandido a entalpia constante, passando novamente da pressão P_2 para a pressão P_1 .

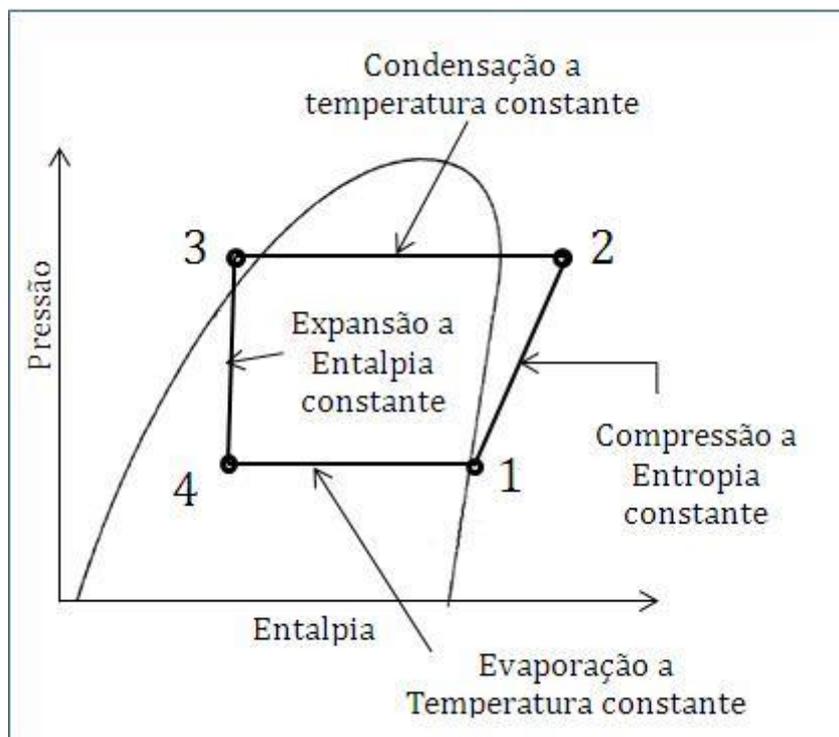


Figura 2: Ciclo Teórico Saturado Simples Fonte: STOECKER e JABORDO, 2011.

Sistema de Compressão Mecânica a Vapor

Segundo Ferraz e Gomes “pode-se entender a lógica de funcionamento dos principais sistemas de refrigeração atuais estudando o funcionamento de um refrigerador doméstico comum, também conhecido como sistema de compressão mecânica a vapor. Ele funciona a partir da aplicação dos conceitos de calor e trabalho, utilizando-se de um fluido refrigerante. O fluido refrigerante, é uma substância que, circulando dentro de um circuito fechado, é capaz de retirar calor de um meio enquanto se vaporiza a baixa pressão. Este fluido entra no evaporador a baixa pressão, na forma de mistura de líquido mais vapor, e retira energia do meio interno refrigerado (energia dos alimentos) enquanto passa para o estado de vapor. O vapor entra no compressor onde é comprimido, tornando-se vapor superaquecido e deslocando-se para o condensador, que tem a função de liberar a energia retirada dos alimentos e a resultante do trabalho de compressão para o meio exterior. O fluido ao liberar energia passa do estado de vapor superaquecido (saturado seco) para líquido (vapor saturado - condensação) e finalmente entra no dispositivo de expansão, onde tem sua pressão reduzida, para novamente ingressar no evaporador e repetir-se assim o ciclo”. (Ferraz, Gomes, 2008).

Todo este processo está representado esquematicamente na Figura 3.

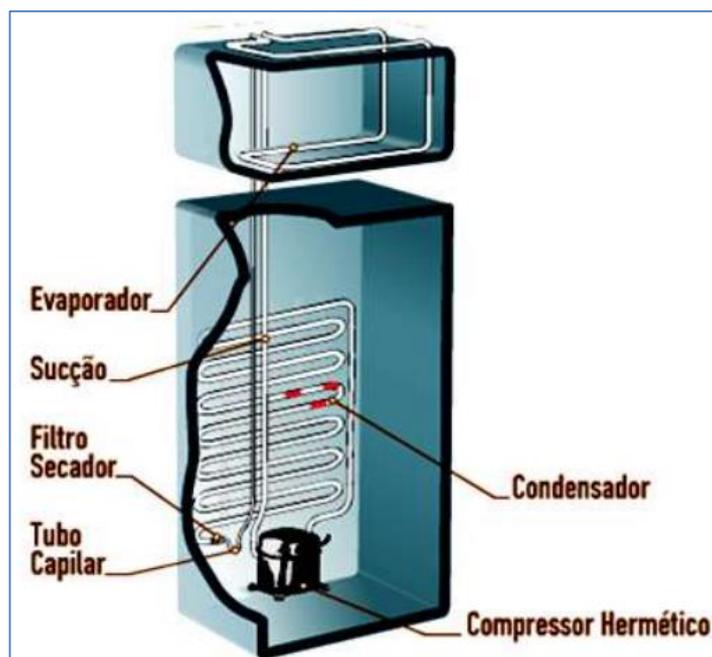


Figura 3 - Fonte: Ferraz, Gomes, 2008.

Circuito básico da máquina de gelo

O processo a seguir ilustra o circuito de refrigeração da máquina de gelo tipo escama, contempla todas as fases de transformação do gás refrigerante nos quatro pontos ao longo da sua circulação interna, além da representação esquemática dos principais componentes da máquina que são: Compressor, Condensador, Válvula de Expansão, Evaporador e Solenoide para By-pass de degelo por gás quente (Figura 4). O esquema foi baseado de acordo com o princípio básico da refrigeração pelo SISTEMA DE COMPRESSÃO MECÂNICA A VAPOR (CEFET-BA 2008).

- 1 – Vapor a baixa temperatura e baixa pressão.
- 2 – Vapor a alta temperatura e alta pressão.
- 3 – Líquido a alta temperatura e alta pressão
- 4 – Líquido e vapor a baixa temperatura e baixa pressão

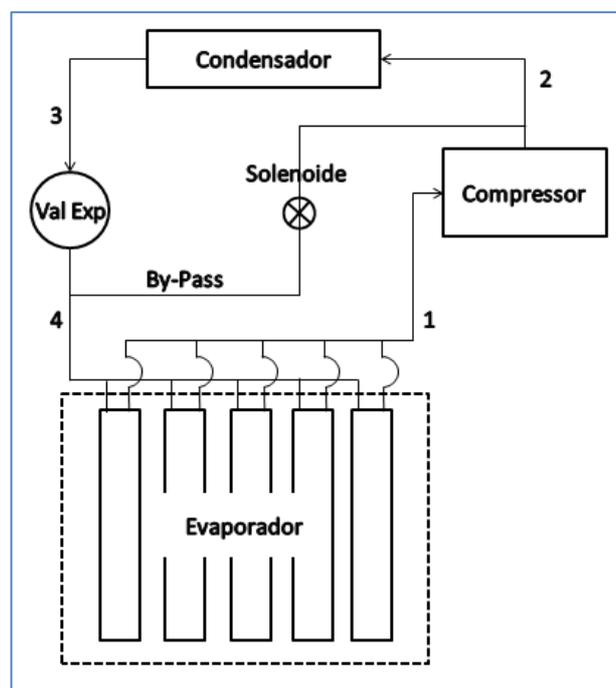


Figura 4: Circuito de Refrigeração da Máquina de Gelo Escama. Fonte: Própria

Gás refrigerante

Para o desenvolvimento de um sistema de refrigeração, é necessária a seleção de um gás refrigerante. Utilizando-se um memorial de cálculo para a redação deste artigo, grande parte dos dados são retirados do gráfico de Mollier (Figura 5), cujos dados geralmente são fornecidos pelos fabricantes de gases refrigerantes. No entanto, para esse projeto a opção foi pelo gás R404A devido ao seu excelente poder de refrigeração, fácil aquisição no mercado e boa compatibilidade para seleção de componentes.

Característica do gás R404a

O diagrama abaixo (Figura 5) mostra os dados de acordo as características do gás R404A e suas respectivas entalpias são fundamentais para os cálculos para dimensionamento do sistema de refrigeração (Gas Servei). A figura 5 em questão foi redesenhada tomando como base o sistema de compressão mecânica a vapor e os materiais dos anexos 13.1, 13.2 e 13.3.

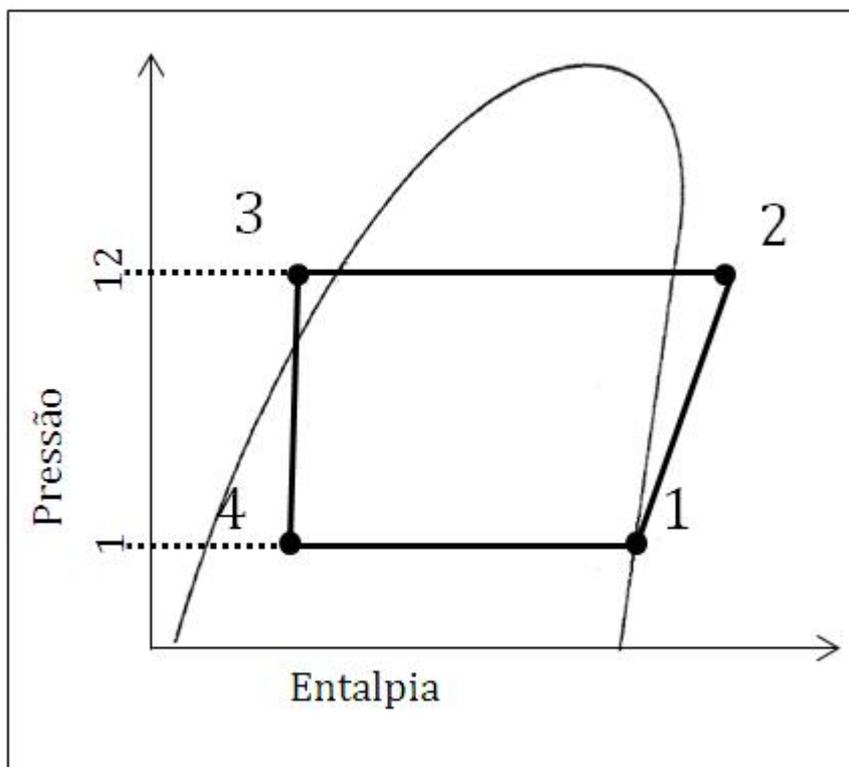


Figura 5: Diagrama de Mollier – R404A. Fonte: WILBERT F. STOECKER JEROLD W. JONES

- h_1 = Entalpia no final da evaporação e início da compressão = 343 [kJ/kg].
- h_2 = Entalpia no final da compressão e início da condensação = 395,23 [kJ/kg].
- h_3 = Entalpia no final da condensação e antes da válvula de expansão = 233,60 [kJ/kg].
- h_4 = Entalpia depois da válvula de expansão e início da evaporação = 233,60 [kJ/kg].

A leitura do gráfico de mollier para determinação das entalpias h_1 , h_2 , h_3 e h_4 baseou-se nas temperaturas e pressões de acordo com as características do gás R404A da seguinte forma.

Leitura do gráfico de Mollier

- h_1 - Corresponde ao ponto de encontro da temperatura de evaporação de -46 [°C] destacado nos eixos horizontais e verticais (Anexo 13.2).
- h_2 - A partir do ponto h_1 e considerando que o trabalho de compressão é realizado por meio de entropia constante (STOECKER, JABARDO, 2011); traça-se uma reta na linha de entropia até encontrar a linha de pressão de 12 [bar] na condensação. Nesse ponto é dado o valor de h_2 (Anexo 13.2).
- h_3 - Para encontrar o valor de h_3 , foi necessário retirar o valor da entropia de 1,1163 [KJ/kg.K] no estado líquido, final da condensação e início da expansão (Anexo 13.1). No encontro desse valor com a temperatura de condensação de 23 [°C] a pressão de 12 [bar], foi determinado o valor de h_3 (Anexo 13.3).
- h_4 - O valor de h_4 , foi considerado o mesmo de h_3 , pois conforme a entalpia em h_3 e h_4 se mantém constante (Anexo 13.3).

Resultados do dimensionamento dos componentes

Tabela 1. Resultado dimensional

Descrição	Área de Troca Térmica [m ²]	Potência [KW]	Vazão Mássica [Kg/h]	Vazão Volumétrica [m ³ /h]
Evaporador	1,41	14,70		
Compressor		7,13	482,40	76,20
Condensador		21,66		
Válvula de Expansão		35,65		

Seleção dos componetes

Compressor

Para a seleção do compressor foi utilizado um catálogo da Bitzer (Anexo 13.7). Devido aos valores encontrados, houve alterações nos valores da vazão volumétrica e da potência do compressor conforme dados da Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Potências do compressor e vazão volumétrica

	Compressor [KW]	Vazão volumétrica [m ³ /h]
Calculado	7,13	76,20
Catálogo	9,70	76,60
Modelo	4J-13.2	



Figura 6 – Compressor semi-hermético – Bitzer. Fonte: Bitzer Compressores

Condensador

A seleção do condensador foi realizada por meio de um catálogo de unidades condensadoras da Bitzer que contempla além do compressor previamente selecionado (Figura 6), o condensador, os moto-ventiladores para ventilação forçada do sistema, tanque de líquido, controles de pressão, filtro secador, visor de líquido, quadro de alimentação elétrica, acumulador de sucção e separador de óleo (Anexo 13.8).

Para atender os dados de projeto, foi necessário selecionar o modelo de unidade condensadora LH185 com capacidade de 19,36 [KW] (Figura 7).



Figura 7 – Unidade condensadora – Bitzer. Fonte: Bitzer Compressores

Válvula de expansão

Conforme dados calculados no dimensionamento da válvula de expansão termostática pelo catálogo da Emerson, também foi selecionado um modelo para atender a potência de 36,65 [KW] (Figura 8).

Serie	R 134a		R 22		R 404A / R 507		R 407C		Orifício
	Tipo	Capacidad nominal kW	Tipo	Capacidad nominal kW	Tipo	Capacidad nominal kW	Tipo	Capacidad nominal kW	
TCLE	25 MW	1,5	50 HW	1,9	25 SW	1,3	50 NW	2,1	X 22440-B1B
	75 MW	2,9	100 HW	3,7	75 SW	2,6	100 NW	4,0	X 22440-B2B
	150 MW	6,1	200 HW	7,9	150 SW	5,6	200 NW	8,5	X 22440-B3B
	200 MW	9,3	250 HW	11,9	200 SW	8,4	300 NW	12,9	X 22440-B3,5B
	250 MW	13,5	300 HW	17,3	250 SW	12,2	400 NW	18,7	X 22440-B4B
	350 MW	17,3	500 HW	22,2	400 SW	15,7	550 NW	24,0	X 22440-B5B
	550 MW	23,6	750 HW	30,4	600 SW	21,5	750 NW	32,9	X 22440-B6B
	750 MW	32,0	1000 HW	41,1	850 SW	29,0	1000 NW	44,4	X 22440-B7B
	900 MW	37,2	1200 HW	47,8	1000 SW	33,8	1150 NW	51,7	X 22440-B8B
TJRE	11 MW	45	14 HW	58	12 SW	40	14 NW	62	X 11873-B4B
	13 MW	57	18 HW	74	14 SW	51	17 NW	80	X 11873-B5B
	16 MW	71	22 HW	91	18 SW	63	21 NW	99	X 9117-B6B
TERE	19 MW	81	26 HW	104	20 SW	72	25 NW	112	X 9117-B7B
	25 MW	112	35 HW	143	27 SW	99	33 NW	155	X 9117-B8B
	31 MW	135	45 HW	174	34 SW	120	42 NW	188	X 9117-B9B
	45 MW	174	55 HW	223	47 SW	154	52 NW	241	X 9166-B10B
THRE	55 MW	197	75 HW	253	61 SW	174	71 NW	273	X 9144-B11B
	68 MW	236	100 HW	302	77 SW	209	94 NW	327	X 9144-B13B

Figura 8: Catálogo de válvula de expansão termostática Emerson. Fonte: Emerson Climate Technologies

Modelo: **TCLE 1000SW** com potência de catálogo 33,80 [KW] (Figura 9).



Figura 9: Válvula de expansão termostática – Emerson. Fonte: Emerson Climate Technologies

Protótipo – Resultados Práticos

Para demonstração prática do projeto teórico, foi construído um protótipo constituído dos componentes abaixo relacionados. Grande parte desses componentes foram doados por empresas, adquirimos vários componentes usados a preços de sucata, outros adquiridos com valores baixos, mas em alguns foi necessário comprar produtos novos.

Execução do protótipo

A construção do protótipo foi executada pelos académicos responsáveis por este projeto; devido às habilidades adquiridas por meio do trabalho em fábricas como: soldagem, usinagem, montagem industrial elétrica e mecânica que facilitaram a construção das peças e montagem do conjunto em geral.

Maquinários e Ferramentas

Na construção das peças que necessitaram de processo de usinagem, foi utilizado o laboratório e oficina de usinagem da universidade Unisaesianso; para soldagem, montagem mecânica e elétrica, foi utilizado ferramental próprio.

Materiais Utilizados

Os principais materiais utilizados, forma de aquisição e seus preços, estão discriminados na Tabela 3 a seguir.

Resultados Alcançados

Os resultados alcançados foram satisfatórios em relação ao teste de funcionamento do processo da máquina, pois foi possível observar detalhes de desvios que provavelmente surgiram na construção de uma máquina em escala real; e a construção do protótipo possibilita evidenciar e fazer as devidas correções no projeto.

Em relação à produtividade almejada para o protótipo, não foi satisfatória; a produção demonstrada em testes foi menor que a estimada (embora não tenham ocorridos cálculos antes da execução). A partir dos testes realizados, a melhor eficiência alcançada com a máquina foi de 1kg de gelo por hora; produção que se divide em duas bateladas de 500g a cada 30 minutos, e totaliza uma produção diária de 24kg. De maneira geral, os resultados são satisfatórios, pois ao construir a máquina em tamanho real, não ocorrerão mais desvios, já que na construção do protótipo foi possível corrigi-los.

Tabela 3 - Materiais utilizados

Item	Descrição	Forma de Aquisição	Custo previsto	Custo Real
1	Inox para construção do evaporador	Comprado		R\$ 300,00
2	Aço SAE 1020 para construção da estrutura	Comprado		R\$ 200,00
3	Tubos e conexões de PVC para encanamento do reaproveitamento de água	Comprado		R\$ 100,00
4	Eletrodos para execução de soldagens	Comprado		R\$ 50,00
5	Válvula solenoide Danfoss para by pass de gás quente para degelo	Comprado		R\$ 120,00
6	Correia do triturador	Comprado		R\$ 20,00
7	Parafusos em geral	Comprado		R\$ 50,00
8	Materiais elétricos	Comprado		R\$ 200,00
9	Gases para soldagem oxiacetilênica	Comprado		R\$ 200,00

10	Tubos e conexões de cobre para o sistema frigorífico	Comprado		R\$ 250,00
11	Unidade condensadora	Comprado		R\$ 550,00
12	Tinta para pintura do equipamento	Comprado		R\$ 20,00
13	Kit flangeador de tubos	Comprado		R\$ 120,00
14	Cortador de tubos de cobre	Comprado		R\$ 50,00
15	Compressor Embraco 3/4 HP	Doado	R\$ 700,00	
16	Controlador lógico programável - CLP	Doado	R\$ 300,00	
17	Contatora e conexões elétricas	Doado	R\$ 200,00	
18	Bomba de água para reaproveitamento	Doado	R\$ 200,00	
19	Motor WEG 1/4 HP para o triturador de gelo	Doado	R\$ 200,00	
20	Mão de obra estimada 324 horas (Valor da hora estimado em R\$ 40,00)	Própria	R\$ 12.960,00	
Sub Total			R\$ 14.560,00	R\$ 2.230,00
Total			R\$ 16.790,00	



Figura 10: Protótipo máquina de gelo tipo escama. Fonte: Própria

Referências Bibliográficas

ARKEMA, Innovative Chemistry. *Características do R404A*. Disponível em: <<http://www.arkema.com/en/products/product-finder/product-viewer/Forane-404A/?t=3>>. Acesso em: 10 Fev.2015.

BITZER, *Compressores. Catálogo Geral*. Disponível em: <http://www.friotech.com.br/peçasbitzer.html>> Acesso em: 15 mar.2015.

BOABAID, Carlos Neto M. Eng. *Transferência de calor*. Santa Catarina, Instituto Federal, 2010.

BRUNETTI, Franco. *Mecânica dos Fluidos*. 2ª ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2008.

DOSSAT, Roy J. *Princípio de Refrigeração*. 1ª ed. São Paulo: Hemus editora limitada, 1980.

DU PONT, Gases. *Diagrama de Mollier R404A*. Disponível em: <<http://www.dupont.com/>>. Acesso em: 10 Fev.2015.

EMERSON, Climate Technologies. *Componentes de Refrigeración, Aire condicionado y Calefacción*. Disponível em: <<http://www.emersonclimate.eu>>. Acesso em: 15 mar.2015.

FERRAZ, Fábio; GOMES, Márcio. *Apostila de Refrigeração*. CEFET-BA, Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, Universidade de Ensino: Santo Amaro – BA, 2008.

GAS SERVEI, *The Refrigerant Specialists. Dados técnicos R404A*. Disponível em: <<http://www.gas-servei.com/pt/componentes/sustitutos-indirectos-del-r-22/r-404a>>. Acesso em: 10 Fev.2015.

IENO, Gilberto e Luiz Negro. *Termodinâmica*. 2ª ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2004.

INCROPERA, Frank P. e David P. Dewitt. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*. 4ª ed. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1998.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. *Sebrae Mercados*. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/produtos-e-servicos-demandados-para-produtores-de-gelo>>. Acesso em: 2 mar.2015.

STOECKER, Wilbert F. Jerold W. Jones. *Refrigeração e Ar Condicionado*. 2ª ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 1985.

STOECKER, Wilbert F. ; JABORDO, J. M. Saiz. *Refrigeração Industrial*. 2ª ed. São Paulo, Edgard Blucher LTDA, 2002.

YAMANE, Eitaro e eizo Saito. *Tecnologia do Condicionamento de Ar*. São Paulo, Edgard Blucher LTDA, 1986.

Central Retificadora

Central Rectifier

Agnaldo Blecha de Moraes¹
José Rubens Peruzzo Salzedas¹
Wesley dos Santos Moreti¹
Odilon Caldeira Filho²
Amadeu Zanon Neto³
Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares⁴

RESUMO

O presente trabalho aborda as etapas empregadas na elaboração do projeto e construção de uma máquina ferramenta utilizada em processos de retificação. O objetivo é conciliar diversos processos antes realizados em equipamentos individuais, focando as necessidades de pequenas e médias empresas especializadas no ramo de fabricação e manutenção de ferramentas de corte e repuxo. Na elaboração desse projeto foram utilizados *softwares* para execução de desenhos técnicos, prototipagem digital, simulações de resistência dos materiais e sistemas hidráulicos, elétricos e eletrônicos, além da elaboração de um sistema microcontrolado que confere ao equipamento maior precisão na execução de suas tarefas. Para a fabricação foram utilizados processos de usinagem como torneamento, furação, rosqueamento, fresamento e soldagem dos elementos que o compõem.

Palavras-Chave: retificação, processo de fabricação, afiação

ABSTRACT

The actual paper approaches the applied stages in the elaboration of a project that aims the construction of a tool machine used in rectification processes. The objective is reconcile several processes before processed in individual equipments, focusing the

1, Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba

2, Engenheiro, mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba e orientador do presente trabalho de conclusão de curso, odiloncal@gmail.com.

3, Professor especialista no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba e coorientador do presente trabalho de conclusão de curso

4, Engenheiro, mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba e coorientador do presente trabalho de conclusão de curso

needs of small and mediums companies in the field of manufacturing and maintenance of cut and spirt tools. In this project design were used softwares for execution of technical drawings, digital prototyping, resistance of materials and hydraulic, electric and electronic systems simulation, besides the elaboration of a microcontrolled system that confers the equipment higher precision in the execution of its tasks. For manufacturing was used machining processes such as turning, drilling, threading, milling and welding of the elements that compose it.

Keywords: rectification , manufacturing process , grinding

Introdução

Para Provenza (1976), as operações fundamentais do processo de estampagem são o corte, a dobra e o repuxo.

A finalidade fundamental de toda e qualquer indústria é produzir artigos bons e baratos. Este problema se resolve com a produção em série, usando máquinas e ferramentas especiais, capazes de produzir um elevado numero de peças mantendo o padrão desejado. Um setor importante na produção seriada é a estampagem de chapas. Este processo consiste em um conjunto de operações mecânicas que transformam chapas metálicas planas em objetos com forma geométrica própria e determinada (PROVENZA, 1976, p. 1.01).

Para essas operações, os elementos fundamentais de transformação de uma chapa são o punção e a matriz, feitos comumente de aço carbono ou aço liga; é necessário que estes sejam de materiais de alta qualidade e com acabamento finíssimo, ou seja, superfície polida e sem apresentar riscos das ferramentas que os produziram (PROVENZA, 1976).

O presente trabalho aborda o projeto e a fabricação de um equipamento capaz de conferir a esses elementos o acabamento superficial desejado. Esse processo é denominado retificação.

Segundo Ferraresi (1970), a retificação se baseia em um processo de usinagem por abrasão, destinado à obtenção de superfícies com o auxílio de ferramenta abrasiva de revolução.

As máquinas projetadas para executarem essas operações são denominadas retificadoras, que são subdivididas em cilíndricas, internas ou externas e planas, tangenciais ou frontais (MELLO S.A. MAQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2011).

O projeto abordado visa à construção de um equipamento (Figura 01 a seguir) capaz de conciliar essas quatro operações básicas com a finalidade de atender a pequenos fabricantes de punções, matrizes e outros produtos que atualmente dependem da aquisição de mais de um equipamento para esses processos.

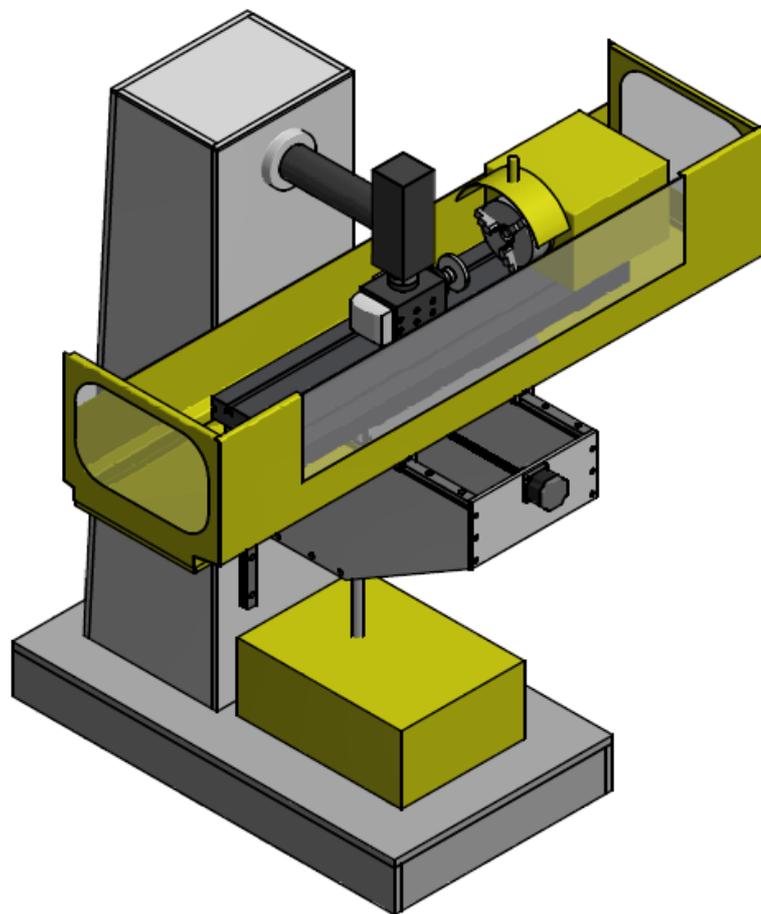


Figura 1 - Croqui do equipamento. Fonte: Própria.

Metodologia

Como o objetivo do equipamento é conferir à peça um excelente acabamento, houve a preocupação em dimensioná-lo de maneira que suportasse todos os esforços e vibrações a que estivesse sujeito. Para tanto, em sua parte estrutural, foram utilizados cálculos de resistência dos materiais e vibrações mecânicas, com a finalidade de dimensionar cada item, considerando sua relação custo benefício, seus limites e tensões admissíveis, de acordo com as normas estabelecidas para cada tipo de material.

Outro fator determinante na construção do equipamento foi seu baixo consumo de energia. Por isso, foram calculados seus parâmetros de trabalho e quais elementos, tais como: contadores, disjuntores, reles, *drivers*¹ e outros componentes melhor se encaixam em seu funcionamento, visando sempre à economia de energia, segurança do operador e alto rendimento no processo.

Para a movimentação da mesa longitudinal, preocupou-se com o desgaste dos materiais empregados no atuador, além do deslocamento uniforme da peça em relação ao rebolo; a opção foi por um cilindro hidráulico, equipamento que atende bem os requisitos estabelecidos. Para seu acionamento foi estabelecido o uso de uma válvula solenóide que através do controlador eletrônico tem a função de comutar o fluido entre as câmaras do cilindro fazendo-o deslocar.

O sistema eletrônico foi desenvolvido com o cuidado necessário para conferir ao equipamento seu perfeito funcionamento e projetado com base em um microcontrolador especialmente programado para essa aplicação. Elaborou-se também nesse sistema, o monitoramento, através de sensores instalados nos pontos mais críticos no que se referente à segurança do operador, evitando assim acidentes na utilização do equipamento.

Outra grande preocupação foi em relação ao meio ambiente; por isso, todos os materiais propostos na construção do equipamento, além de suas características e propriedades físicas, foram escolhidos visando reutilização em outros processos ou reciclagem.

¹ Dispositivo eletrônico projetado para converter uma única entrada de pulso em micropassos e enviá-los ao motor de passo com a finalidade de conferir-lhe precisão na execução das tarefas (METALTEX, 2015)

O equipamento conta, em seu sistema de fluido refrigerante, com um óleo biodegradável desenvolvido com matérias primas de fontes renováveis e isento de vapores tóxicos², cujo sistema de filtragem com separador magnético para partículas, o que permite ao usuário melhor qualidade na separação de resíduos e descarte.

Funcionamento

Um dos itens principais do equipamento é a mesa de coordenadas cartesianas; o eixo 'x' de deslocamento do cilindro hidráulico tem a finalidade de deslocar a peça no sentido longitudinal de seu comprimento, o que é utilizado tanto nas retificações cilíndricas quanto planas tangenciais.

O eixo 'y' de deslocamento do motor de passo conectado a um *driver* comandado pelo sistema microcontrolado, tem como finalidade o deslocamento da peça no sentido transversal ao seu comprimento; é utilizado para o avanço automático da peça em relação ao rebolo no processo de retificação plana tangencial e para o controle de ajuste de profundidade de corte nos processos de retificação cilíndrica.

O eixo 'z' de deslocamento da mesa é acionado manualmente, apenas para aproximar a peça do rebolo no início do processo de retificação.

Outro item principal é o cabeçote, responsável por acomodar o motor do rebolo. É o grande diferencial do equipamento, projetado de forma que, através de juntas, possibilite cinco graus de liberdade, permitindo as diversas aplicações propostas.

A primeira junção, do tipo cilíndrica, é acionada manualmente e permite o ajuste da distância do rebolo em relação à coluna da máquina. Muito útil em retificação de peças maiores, e o giro do suporte do motor em relação à mesa longitudinal, permitem a troca do processo de retificação plana tangencial para o de retificação plana frontal.

²Fluido refrigerante FLUID B90 produzido pela Bondmann Química. Disponível em <<http://www.bondmann.com.br/produto-fluid-b90-prod-239.html>> Acesso em: 02 de Setembro de 2015

A segunda junção é do tipo prismática; conta com um motor de passo para seu deslocamento, tem a finalidade de controlar o ajuste da profundidade de corte nos processos de retificação plana, além de auxiliar no alinhamento entre rebolo e peça na retificação cilíndrica.

A terceira junção, do tipo rotacional, também tem seu funcionamento manual e permite o ajuste do ângulo entre o rebolo e a mesa, com a opção de retificar peças planas em grau.

A quarta e última junção, do tipo rotacional, possui a finalidade de rotacionar o suporte do motor em relação ao cabeçote, para comutar entre os processos de retificação cilíndrica e plana tangencial.

O sistema microcontrolado possui uma rede de monitoramento de diversos sensores de segurança, conforme exigido pela NR-12, que regulamenta as normas de segurança em máquinas e equipamentos. Possui também um *display LCD* alfanumérico³ no qual podem ser visualizados diversos parâmetros do equipamento e situação dos sensores de segurança, além do controle de precisão de deslocamento por meio dos motores de passo, o que permite escolher o tipo de avanço como livre, 1,00 mm., 0,10 mm. e 0,01 mm.

O equipamento também conta com um sistema de refrigeração que utiliza líquido refrigerante a base de água limpa e em torno de 2% a 3% de óleo transparente, o que confere ao sistema uma pressão na saída do bocal em torno de 1 kgf/cm² e uma vazão máxima de 40 l/min, conforme parâmetros especificados por Mello (2011).

Componentes do equipamento

A mesa longitudinal é responsável pelo deslocamento linear da peça em relação ao rebolo. Projetada em ferro fundido nodular *ASTM A 536 Classe 100-70-03* devido à sua alta combinação entre resistência mecânica e ao desgaste, acrescido dos processos de têmpera e revenimento com faixas de temperaturas entre 870°C e 900°C com resfriamento em óleo para o aumento dessas

³ Dispositivo eletônico constituído de um display de cristal líquido (LCD) e um controlador capaz de mostrar caracteres como letras, números e símbolos através da programação de um microcontrolador (PEREIRA, 2003).

características. Além do aumento da dureza superficial (CHIAVERINI, 1996), e posterior retificação, permitem uma superfície com baixa rugosidade e excelente regularização geométrica. Sua movimentação é linear ocorre por meio do cilindro hidráulico; tem como base de movimentação um conjunto de blocos de guias lineares, acoplados a trilhos montados sobre o carro transversal.

O controle hidráulico é composto de um cilindro e uma válvula solenoide com cinco vias e três posições; seu estado inicial na posição fechada, tem a função de conferir à mesa longitudinal uma velocidade máxima de 25m/min (MELLO S.A. MAQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2011).

O carro transversal foi projetado para ser fabricado também em ferro fundido nodular *ASTM A 536 Classe 100-70-03*, cuja finalidade é acomodar os trilhos do conjunto de guias lineares da mesa longitudinal e o cilindro que a movimenta. Sua movimentação é realizada por meio de um fuso de esferas acoplado ao motor de passo e tem sua base de movimentação em outro conjunto de guias lineares dispostos sobre a base de sustentação. A espessura da chapa não segue o valor encontrado nos cálculos, pois seu dimensionamento teve como base as dimensões do cilindro hidráulico; este, embutido entre o carro transversal e a mesa longitudinal.

O controle eletrônico do carro transversal é feito pelo sistema microcontrolado, que por meio da programação de um *PIC16F887*⁴ envia pulsos ao *driver* de controle. Este, por sua vez, aciona o motor de passo acoplado ao fuso que faz com que seja deslocado. Consiste na contagem de pulsos enviados ao *driver*; contagem estabelecida entre a relação de pulsos com o passo da rosca do fuso adotado.

As laterais têm as funções de suportarem as cargas aplicadas na mesa longitudinal e carro transversal, além de acomodarem o sistema de rosca responsável pela subida e descida do conjunto. Como apoio para o carro transversal, os trilhos do conjunto de guias lineares, são acoplados à base através de outro sistema de guias lineares.

A coluna e a base de sustentação, por terem suas formas geométricas mais complexas e serem responsáveis por suportarem grandes esforços, juntamente

⁴ Microcontrolador Microchip dotado de 40 pinos físicos, sendo 04 para tensão de alimentação e 36 configuráveis para trabalhar com sinais de entrada ou saída. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291D.pdf>> Acesso em: 10 de Setembro de 2015.

com seus pontos de soldagem, foram dimensionadas com o auxílio de simulações no *software Autodesk Inventor 2015⁵*. Tem como função, acomodar os sistemas do cabeçote, carro transversal e mesa longitudinal. Foi projetada para ser fabricada em aço SAE 1045, de aproximadamente 0,45% de carbono, escolhido por sua boa soldabilidade e relação entre resistência mecânica e à fratura (CHIAVERINI, 1996).

Uma das principais preocupações quanto ao dimensionamento dos componentes mecânicos foi o cabeçote, em especial o braço de fixação e a intensidade das vibrações oferecidas ao sistema pelo motor porta rebolo; por isso, os cálculos de dimensionamento foram realizados visando à intensidade dessas vibrações. Projetado em aço SAE 1045, possui a finalidade de acomodar o motor de passo e fuso responsáveis por elevar e abaixarem a articulação onde serão conectados o suporte e motor porta rebolo.

Também projetada em aço SAE 1045, a articulação tem como objetivo conferir ao motor porta rebolo um movimento angular em relação à mesa, oferecendo a possibilidade de retificação plana em grau, utilizado por exemplo, em guias prismáticas.

O controle eletrônico de subida e descida do suporte do motor tem seu funcionamento basicamente idêntico ao do sistema eletrônico do carro transversal, cuja finalidade, neste caso, é elevar e abaixar o motor que suporta o rebolo através do fuso acoplado ao motor de passo.

Motor do tipo *spindle*⁶, escolhido por sua alta rotação, é controlado por meio de um inversor de frequência e tem como objetivo girar o rebolo para executar o processo de retificação; é dotado de um sistema de segurança que, em conjunto com as portas de proteção não permite ao usuário abri-las enquanto estiver girando.

O cabeçote fixo é composto de um motor controlado por um inversor de frequência que é responsável por controlar sua velocidade, sua função é girar a placa autocentrante onde são presas as peças para retificação cilíndrica. Tem como sistema de segurança, possui uma proteção sobre a placa com monitoramento eletrônico; este, só permite sua abertura, quando o motor estiver parado.

⁵ Ferramenta computacional para desenvolvimento de protótipos digitais em três dimensões que permite a análise e testes virtuais dos elementos (CRUZ, 2011).

⁶ Motor de indução trifásico de alta frequência, de pequeno dimensional, versátil e não poluente. Disponível em: <http://www.tecmaf.com.br/upload/downloads/221_manual-motores.pdf> Acesso em: 10 de Setembro de 2015

As peças que necessitam de retificação plana são fixadas por meio de uma placa magnética disposta sobre a mesa longitudinal; atualmente é o método mais comum nesse tipo de processo.

Já as que necessitam de retificação cilíndrica, quando longas, precisam do cabeçote contraponto, com a finalidade de suportar e regular o ponto de centro da peça; é útil nos processos de retificação cilíndrica para o perfeito alinhamento da peça.

O levantamento do custo de fabricação do projeto ocorreu mediante cotações com fornecedores dos materiais e componentes, perfazendo um valor de R\$ 50.651,20. Para a produção do equipamento, foi estimado um valor de R\$ 25.000,00, totalizando um custo de R\$ 75.651,20; esse montante apresenta um preço significativamente baixo quando comparado ao de outros equipamentos disponíveis no mercado atual, que são comercializados na faixa de R\$ 65.000,00.

Considerações finais

Para o que foi proposto inicialmente, pode-se comprovar por meio dos cálculos e uso de softwares de prototipagem digital e simulações, que os elementos foram bem dimensionados para suportarem todos os esforços aplicados, além do sistema de segurança que foi desenvolvido seguindo os critérios normatizados com o intuito de construir um equipamento seguro e eficiente.

O grande diferencial do projeto é, sem dúvida, o cabeçote que sustenta o motor porta rebolo que foi desenhado para atender aos diferentes tipos de processos de retificação mediante simples mudanças em seus elementos e articulações.

Outro ponto relevante no projeto é o controle da profundidade de corte por meio do sistema eletrônico, que permite ao operador um ajuste preciso nas dimensões das peças a serem retificadas.

Mediante a elaboração do presente projeto os autores foram incentivados na busca de conhecimentos utilizando os conceitos vistos em sala de aula para aplicarem em seu desenvolvimento. Deste modo, permite uma aproximação ainda maior com a futura carreira profissional de cada um.

Referências Bibliográficas

ATLAS. *Segurança e medicina do trabalho*. 75^a. ed. São Paulo: Equipe Atlas, 2015.

BONDMANN QUÍMICA. *Bondmann Química*, 2015. Disponível em: <<http://www.bondmann.com.br/produto-fluid-b90-prod-239.html>>. Acesso em: 02 set. 2015.

BRUNETTI, F. *Mecânica dos Fluidos*. 2^a. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

CHIAVERINI, V. *Aços e ferros fundidos*. 7^a. ed. [S.l.]: ABM, 1996.

CRUZ, M. D. D. *Autodesk Inventor - Prototipagem digital*. 1^a. ed. São Paulo: Érica, 2011.

DIFASA. *Macaco rosca sem fim*, 2013. Disponível em: <<http://www.difasa.ind.br/macaco-rosca-sem-fim.html>>. Acesso em: 10 set. 2015.

ESAB. *Catálogo de consumíveis*, 2013. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/pt/support/documentation/upload/catalogo-consumiveis-esab.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

FERRARESI, D. *Fundamentos da usinagem dos metais*. 1^a. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. I, 1970.

FIALHO, A. B. *Automação hidráulica - Projetos, dimensionamento e análise de circuitos*. 6^a. ed. São Paulo: Érica, 2011.

FREITAS, P. S. D. *Tratamento térmico dos metais*. 1^a. ed. São Paulo: Senai, v. 1, 2014.

GGD METALS. *Ggd Metals*, 2015. Disponível em: <<http://www.ggdmetals.com.br/aco-construcao-mecanica/sae-1045/>>. Acesso em: 02 set. 2015.

GIEK, K. *Manual de fórmulas técnicas*. 29^a. ed. Curitiba: Hemus, 2001.

HIBBELER, R. C. *Resistência dos Materiais*. 7^a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HIBBELER, R. C. *Estática - Mecânica para engenharia*. 12^a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

HIDALGO. *Acessorios para máquinas operatrizes*, 2015. Disponível em: <http://www.hicoa.com.br/produtos_mesa_indexadora.htm>. Acesso em: 01 set. 2015.

MACINTYRE, A. J. *Bombas e instalações de bombeamento*. 2ª [reimpr.]. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MELLO S.A. MAQUINAS E EQUIPAMENTOS. *Retificação e afiação*. 1ª. ed. São Paulo: [s.n.], 2011.

METALTEX. *Metaltext*, 2015. Disponível em: <<http://www.metaltex.com.br/produto/db6630/db6630-drive-para-motor-de-passo-6a>>. Acesso em: 03 set. 2015.

MICROCHIP TEC. INC. *Datasheet PIC 16F882/883/884/886/887*, 2007. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291D.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

NASH, W.; POTTER, M. C. *Resistência dos materiais*. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

NELSON, E. W. et al. *Engenharia mecânica - Estática*. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NIEMANN, G. *Elementos de máquinas*. 6ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. I, 1971.

NIEMANN, G. *Elementos de máquinas*. 6ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. II, 1971.

NIEMANN, G. *Elementos de máquinas*. 6ª. ed. São Paulo: Edgar Blücher, v. III, 1971.

NORMAS REVISTA UNIVERSITAS. *Normas para os autores*. Disponível em: <http://www.unisale.com.br/arquivos/normas_revista_universitas.pdf>. Acesso em: 02 set. 2015.

OMRON. *Omron Sensing Tomorrow*, 2015. Disponível em: <<http://www.omron.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

PEREIRA, F. *Microcontroladores Pic - Programação em C*. 2ª. ed. São Paulo: Editora Érica, v. I, 2003.

PROVENZA, F. *Desenhista de máquinas*. 1ª. ed. São Paulo: F. Provenza, 1960.

PROVENZA, F. *Projetista de Máquinas*. 1ª. ed. São Paulo: F. Provenza, 1960.

- PROVENZA, F. *Estampos*. 1ª. ed. São Paulo: F. Provenza, v. I, 1976.
- RAO, S. *Vibrações mecânicas*. 4ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- REXROTH. Rexroth. *Coletanea de formulas hidráulicas*, 2013. Disponível em: <http://www.boschrexroth.com.br/business_units/bri/de/downloads/hyd_forme_lsammlung.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.
- SENAI. *Soldagem*. São Paulo: Senai, 2013.
- SHACKELFORD, J. F. *Ciência dos materiais*. 6ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- SHELL BRASIL S.A. *Tabelas técnicas*. São Paulo: Companhia Lithographica Ypiranga.
- SKF BRASIL. *SKF, 2015*. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/index.html>>. Acesso em: 15 ago. 2015.
- SOUZA, V. A. *Programação em basic para o microcontrolador PIC18F1220*. 1ª. ed. São Paulo: Érica, 2006.
- TECMAF. *Motores Spindle e Cabeçotes de alta frequencia*, 2015. Disponível em: <http://www.tecmaf.com.br/upload/downloads/221_manual-motores.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.
- TENACE. *Ferro Fundido Nodular*, 2015. Disponível em: <www.fundicaotenace.com.br/Nodular.xls>. Acesso em: 31 ago. 2015.
- TEXIUS. *Texius motobombas e pressurizadores*, 2015. Disponível em: <www.texius.com.br>. Acesso em: 02 set. 2015.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*. 6ª. ed. São Paulo: LTC, v. I, 2009.
- UNION AMERICANA. *Union Americana*, 2012. Disponível em: <<http://unionamericana.com.br/home>>. Acesso em: 16 maio 2015.
- WEG MOTORES. 2015. Disponível em: <<http://www.weg.net/br>>. Acesso em: 02 set. 2015.

RE 390 P – Rampa de elevação para embarque e desembarque de motocicletas em veículos utilitários

RE 390 P - Lifting Ramp for Motorcycles Boarding and Landing on Utilities Vehicles

Carlos Alexandre Pereira Miatello¹
Fernando José da Silva¹
Jeancarlo Pereira Silva¹
José Ailton de Oliveira¹
José Vital Ferraz Leão²
Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares³

RESUMO

O projeto RE 390 P (Rampa de Elevação com capacidade máxima 390 kg – “P”, é uma alternativa para o embarque e desembarque de motocicletas em veículos utilitários. Consiste em um carro autopropelido com um motor elétrico de 12 Volts acionado por uma tecla ou remotamente por meio de um controle, que proporciona tração nas quatro rodas e um conjunto formado por três rampas articuladas e rebatíveis. Para garantir a segurança durante a operação, foram instaladas fitas antiderrapantes nas duas rampas laterais, que evitam o deslizamento das rodas do carro. Robusto, prático e ecologicamente correto, minimizou os riscos de acidentes a um custo relativamente atrativo, além de preservar as características originais do utilitário.

Palavras-Chave: Carro Autopropelido; Motocicleta; Veículos utilitários, Rampa.

ABSTRACT

The project RE 390 P (lift ramp with maximum capacity 390 kg - where "P" is an alternative to the motorcycle boarding and landing of commercial vehicles. It consists in a self-propelled car with an electric motor powered by a 12 volt button or remotely via

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

2, Mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e orientador do presente trabalho de conclusão de curso, jose.vital.leao@gmail.com.

3, Mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e coorientador do presente trabalho de conclusão de curso

control, providing all-wheel drive and a set consisting in three articulated and folding ramps. To ensure safety during operation, non-slip tapes were installed on both side ramps, which prevent the sliding of the car's wheels. Robust, practical and environmentally friendly, played down the risk of accidents with a relatively attractive price, while preserving the original features of the utility.

Keywords: Self-Propelled car; motorcycle; Utility vehicles, Ramp.

Introdução

O mundo moderno proporciona ao ser humano, diversas situações de conforto, segurança e praticidade; porém, muitos produtos ainda necessitam de aperfeiçoamento, Shigley (2005) define isso como uma inquietação. Em situações cujas soluções existentes encontram-se distantes da satisfação do usuário final, profissionais ligados à engenharia podem identificar tal insatisfação transformando-a em grande oportunidade para desenvolvimentos de novos produtos e soluções (SHIGLEY et al, 2005).

Há uma grande oportunidade de criação ou aperfeiçoamento para os e mecanismos de carregamento e descarregamento de motocicletas em veículos utilitários. No mercado, existem alguns produtos que atendem parcialmente esta necessidade, no entanto, não eliminam os riscos de acidentes e necessitam ainda de grandes alterações no veículo utilitário; fato este que inibe muitos consumidores.

Motocicletas podem ser transportadas em carretas acopladas a automóveis ou utilitários. Quando são comparadas a altura da caçamba de utilitários e a altura das carretas para motocicletas, torna-se nítido o menor grau de dificuldade para o embarque e desembarque. Desta forma, poder-se-ia concluir que o melhor caminho seria a utilização da carreta, mas existem muitos pontos negativos que devem ser lembrados e avaliados minuciosamente.

Todo veículo, seja ele utilitário ou não, que pretenda trafegar rebocando uma carreta, deve atender vários quesitos para se enquadrar na Resolução 14/98 do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN (BRASIL, 1998). É necessário possuir sistema de engate homologado, instalação elétrica destinada ao reboque e

também portar documento de licenciamento da carreta, que gera custo anual para sua renovação (seguro obrigatório – DPVAT). A manutenção da carreta e o aumento da dificuldade de manobrabilidade e dirigibilidade não podem ser esquecidos, além da necessidade de maior espaço para estacionamento e armazenagem da carreta quando não estiver sendo utilizada.

Notícias veiculadas nos diversos meios de comunicação como Poggetto e Miotto (2012), revelam uma infinidade de riscos de acidentes provocados pela imperícia no momento do embarque ou desembarque de motocicletas em veículos de transporte, cuja maioria ocorre em pick-ups.

Com a finalidade de minimizar os riscos, garantir a saúde e segurança do usuário, a um custo relativamente atrativo, foi projetado o RE 390 P, que é um mecanismo de elevação e transporte desenvolvido para içar a motocicleta até o interior da caçamba do utilitário, composto por um carro autopropelido, no qual são fixados a roda dianteira da motocicleta e um conjunto formado por três rampas que possibilitam o carregamento e descarregamento sem qualquer alteração dos itens originais, tanto da motocicleta quanto também da pick-up.

Material e Métodos

O projeto RE 390 P, Figura 1, possui três partes: carro autopropelido, rampas articuladas, sendo duas laterais e uma central; além de cavaletes de sustentação. O processo da confecção do projeto ocorreu de maneira sustentável por meio de um motor elétrico, *Electric Winch*, de 12 Volts acionado por uma tecla ou remotamente através de um controle. Foram empregados conhecimentos em processos de fabricação, elementos de máquinas, resistência dos materiais, técnicas de montagem, ajustes e dimensionamento, seguindo a NR 11, norma de transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais (BRASIL, 2004) e a NR 12, norma de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (BRASIL, 2010).

Para desenhos e simulações foram utilizados os softwares, Autocad versão 2014 e Inventor 3D Cad Autodesk versão 2014.

Para os cálculos do momento de inércia, do torque e da tensão máxima do

eixo maciço e tensão máxima eixo do motor foram seguidas fórmulas descritas em Hibbeler (2010). Os cálculos da velocidade angular e torque do eixo do motor seguiram metodologia descrita por Melconian (2009).



Figura 1 - Rampa de elevação de embarque e desembarque de motocicletas (RE 390 P).

Após realizadas simulações, foi utilizado o aço SAE 1020 para a confecção das peças. Suas propriedades físicas promovem robustez e mantêm o custo dentro de uma faixa motivadora, que atendem a expectativa criada em torno do projeto. A resistência de um material depende de sua capacidade de suportar a carga sem deformação excessiva ou ruptura (HIBBELER, 2010). As propriedades mecânicas do aço podem ser observadas na Tabela 1.

Os cortes e estamparia foram realizados com corte a laser, visando melhor acabamento e menores deformações causadas pelo aquecimento do material, como descrito por Moraes e Borges (2010). Neste processo, a energia elétrica é transformada em uma luz com um só comprimento de onda que concentra energia de forma muito eficaz.

Para a usinagem dos componentes foram utilizados torno mecânico Nardini modelo Nodus, fresa ferramenta Pinnacle, furadeira de coluna Calvi modelo ZN 5050 A e esmeril de bancada Somar 0,5 C.V. Para Kimani e colaboradores (2013),

usinagem é um processo de manufatura nos quais uma ferramenta de corte é usada para remover excesso de material de um sólido, de tal maneira que o material adquira a forma da peça desejada.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas do aço. Fonte: Modificado de HIGDON et al (1981).

Materiais	P Massa específ. (ton/m ³)	E Módulo Elastic. longitud. (Gpa)	G Módulo Elastic. transver. (Gpa)	Tensão de escoamento		Tensão Última (Ruptura)			ϵ Elong. Percent (%)	α Coef. Dil. Tér (10 ⁻⁶ C ⁻¹)
				σ Tração (Mpa)	τ Cisalh. (Mpa)	σ Tração (Mpa)	σ Compres. (Mpa)	τ Cisalh. (Mpa)		
Aço Estrutural	7,86	200	76	250	150	450	450	270	28	11,7
Aço 1010 (laminado a quente)	7,86	205	79	180	108	330	330	198	25	11,7
Aço 1010 (laminado a frio)	7,86	205	79	300	180	370	370	220	20	11,7
Aço 1020 (laminado a quente)	7,86	205	79	210	125	380	380	225	22	11,7
Aço 1020 (laminado a frio)	7,86	205	79	350	210	420	420	250	18	11,7
Aço 1030 (laminado a quente)	7,86	205	79	260	155	470	470	280	20	11,7
Aço 1030 (laminado a frio)	7,86	205	79	450	270	530	530	315	16	11,7
Aço 1040 (lâmina a quente)	7,87	210	80	290	215	530	530	315	18	11,7
Aço 1040 (lâmina a frio)	7,87	210	80	490	290	590	590	350	15	11,7

As chapas foram submetidas ao sistema de dobras. Segundo Morais e Borges (2010), dobramento é um processo de conformação plástica gerado pelo surgimento de esforços de tração e compressão simultâneos nos lados contrários da chapa que esteja sendo dobrada.

Para a soldagem foi utilizado o processo MIG/ MAG (*Metal Inert Gas/Metal Active Gas*), com equipamento Esab modelo Smashweld 408. O processo MIG

ocorre por fusão a arco elétrico utilizando um arame eletrodo consumível alimentado à poça de fusão, além de um gás inerte que protege a região da solda. O processo MAG é semelhante ao MIG; porém, utiliza CO₂, um gás ativo para proteção da região de soldagem (MACHADO, 1996). O processo MIG/MAG é rápido, limpo que não deixa escória e por isso é ideal para produções em série. O CO₂ é barato e satisfatório para solda de aços-carbono (CHIAVERINI, 1986; BARRIOS et al, 2011).

Resultados e Discussão

O projeto mostrou-se eficaz para o embarque e desembarque proposto, minimizando riscos de acidentes, além de preservar as características do veículo utilitário. O custo para construção do protótipo foi de aproximadamente R\$ 8.000,00 e o valor estimado para a produção é R\$ 3.600,00.

Após testes realizados com o RE 390 P foi observado certa instabilidade do carro autopropelido no final da rampa; foi necessário realizar algumas mudanças como a alteração da posição de fixação do motor e deslocamento do sistema de trava e suporte da roda dianteira da motocicleta. Incorporadas ao carro, duas alças de amarração possibilitam a fixação da motocicleta através de cintas que aumentam a estabilidade e garantem a segurança.

Nas rampas, foram instalados pontos de ancoragem para utilização de pequenos cabos de aço e esticadores, aproveitando pontos de fixação já existentes nas pick-ups que possibilitaram o travamento. Para manter a distância entre as rampas, foram aplicados três tirantes, preservando as distâncias necessárias para entrada e saída do carro autopropelido.

O projeto inicial previa ainda a utilização de rodas dentadas que evitassem a patinagem do carro autopropelido; entretanto, estas foram retiradas devido ao incremento de fitas adesivas antiderrapantes instaladas nas rampas laterais. Deste modo, evitaram a trepidação, já que este material é ideal para rampas que possam oferecer risco de acidentes por escorregamento, e são altamente resistentes à intempéries (BRASIL, 1978). A rampa central foi composta por três partes articuladas e rebatíveis, apoiadas sobre um cavalete ajustável.

Havia uma peça semicircular para acomodar a roda dianteira da

motocicleta, sua fixação foi feita em uma única posição por meio de quatro parafusos com porcas auto-travantes. Contudo, sua eficácia ficou muito abaixo da expectativa inicial; por isso, foi substituída por conjunto formado por um braço e duas cantoneiras com opção de regulagem simultânea.

A chapa estampada visou reduzir sua massa, a fim de facilitar seu uso e transporte. Para melhorar a capacidade de carga, a chapa foi submetida ao sistema de dobras, aumentando assim, seu momento de inércia (LEAL, 2011).

O aço utilizado (1020 - laminado a frio) apresenta resistência à ruptura, cuja porcentagem de carbono varia entre 0,18% a 0,23%, o que garantiu a resistência desejada nas rampas (SENAI, 1996).

Nos testes, foram utilizados três categorias de motocicletas, uma CG 125 com massa de 130 kg seco, uma XRE 300 *trail* de massa 144 kg seco, e uma superesportiva CBR 1000 RR com massa de 191 kg seco, todas da marca Honda porém, com estilos completamente distintos, de acordo com características descritas no manual do proprietário.

O carro de tração possui a função de unidade motora onde a roda dianteira da motocicleta foi devidamente travada, o que garantiu a estabilidade na posição desejada durante todo o processo.

Um motor elétrico DC 12 volts com sistema de redução 153:1, alimentado pela própria bateria da pick-up é acionado por uma tecla ou controle remoto. A alimentação do motor é feita por um chicote elétrico de 10000 milímetros de comprimento com cabos de cobre de 16 milímetros com isolação extrudada de cloreto de polivinila (PVC) à 70º C (BRASIL, 2002) para tensões até 750 volts e duas garras de latão (150 amperes) para fixação na bateria do utilitário. Todos os cabos ficam protegidos por conduítes corrugados. O motor elétrico empregado é de uso automotivo destinado a arraste de cargas, muito utilizado em jipes e pick's, foi adaptado ao RE 390 P, devido a trava de segurança, que possui freio motor, com capacidade para 13610 Newtons e alimentação de 12Volts para uso da bateria do próprio veículo.

Para transmissão de energia cinética entre o motor e os eixos, houve um cuidado especial para a escolha, pois, em hipótese alguma poder-se-ia ocorrer patinagem. Devido à esta limitação, a corrente mostrou-se como a melhor opção. O rendimento das transmissões por corrente varia de 0,98 a 0,99 (MELCONIAN,

2009).

Para sustentação do carro foram aplicados dois eixos maciços, fixados por quatro mancais, devidamente dimensionados para suportar os esforços (HIBBLER, 2010).

As rodas são de alumínio para redução de peso e revestidas de borracha para absorver vibrações e evitar o deslizamento, compradas em loja especializada para aplicações em mecanismos de transporte de carga. Para suportar os esforços elas recebem cubos de aço aparafusados, com rasgo de chaveta, para se ligarem aos eixos assegurando a transmissão de força. Foram desenvolvidas quatro rodas dentadas com os dentes conformados com o passe da furação na lateral da rampa (SHIGLEY, 2000).

A chapa base do carro funciona como chassis, na qual as peças são acopladas utilizando elementos de fixação, parafusos, para permitirem a realização de ajustes e regulagens facilitando a substituição de qualquer um dos componentes que possam sofrer avarias ao longo do tempo. Existe uma dobra, na parte traseira a 49,5 milímetros da borda com uma inclinação de 27° para evitar o choque na parte inferior da carenagem de motocicletas superesportivas e permitir o posicionamento da rampa auxiliar de embarque (SHIGLEY, 2000).

Há um conjunto articulado com mecanismo de segurança para o travamento da roda dianteira da motocicleta. Este conjunto possui duas bases construídas em forma de “L” fixadas por parafusos, atarraxados em furos oblongados, para possibilitar a regulagem devido a variação de tamanho dos aros das rodas das motocicletas. A peça articulada facilita o carregamento da motocicleta e posiciona-se, automaticamente, na condição de travamento imediato após o pneu passar sobre ela. Para iniciar a operação, é necessário remover as duas travas laterais (roscadas) liberando o movimento de articulação.

Na parte inferior, são montados quatro mancais de aço com buchas de latão para o acoplamento dos eixos; todos fixados por parafusos, porém os dois mancais traseiros ficam em furos oblongados, que permitem o movimento horizontal para ajuste da tensão da corrente de tração. Esta regulagem é auxiliada por dois parafusos que apoiam-se nos mancais e permitem facilmente o deslocamento do eixo por intermédio de duas buchas de aço, com rosca interna, soldadas na chapa.

Os eixos possuem rosca e rasgo de chaveta nas extremidades, para a fixação

das rodas e transmissão de força. Nos eixos são montados coroas dentadas: três no eixo dianteiro, sendo duas de 24 dentes e uma de 20 dentes para ligarem-se ao eixo traseiro em outra de 20 dentes, fixadas sobre uma bucha com rosca, soldadas no eixo e devidamente alinhadas. Para evitar riscos com patinagem, quatro rodas dentadas são instaladas próximas das rodas e acionadas pelas chavetas.

O conjunto de rampas articuladas são constituídas em duas laterais idênticas e a central destinada ao pneu traseiro da motocicleta. As laterais foram dobradas criteriosamente para guiar as rodas do carro, possibilitar o rebatimento para armazenagem e ainda proporcionar uma maior rigidez à estrutura. Sua extensão possui diversos furos, executados por meio de corte a laser, garantindo assim, uma redução significativa de massa e conseqüentemente um conforto maior ao usuário em função dos menores esforços para o manuseio (BARTZ et al, 2011; SCHUSTER, 2013).

A rampa central também é vazada, pelo mesmo motivo citado acima; contudo, houve maior preocupação estética no momento da escolha do desenho desta furação. A rampa recebe um vinco central e duas dobras laterais que garantem a rigidez necessária para sustentação do peso da motocicleta. As rampas laterais e a central possuem sistema de rebatimento para armazenagem e dobradiças com formato específico que foram desenvolvidas a fim de permitir o movimento e garantir o coeficiente de segurança da estrutura (SCHUSTER, 2013).

Foram confeccionadas duas peças de apoio para proporcionar uma acomodação perfeita da rampa sobre a caçamba do utilitário. Para assegurar a posição correta das rampas durante o processo, foram instalados cabos de aço de 4 milímetros com esticadores, fixados a pontos de apoio soldados nas laterais das rampas.

Com o objetivo de impedir a deformação indesejada nas rampas e evitar o alcance da zona plástica, foram instalados três cavaletes, distribuídos, fixados na parte central e devidamente travados por um tirante, mantendo-os na posição correta. Na extremidade superior dos cavaletes, existem articulações que permitem a mobilidade para sua correta montagem e na parte central, possibilidade de variação do comprimento com simples mudança da trava nos furos dos tubos telescópicos (SCHUSTER, 2013).

Conclusões

O projeto RE 390 P mostrou-se coerente e cumpriu o objetivo proposto utilizando soluções relativamente simples. Foi possível comprovar sua eficácia por meio de dinúmeros testes. Os riscos de acidentes foram minimizados, garantindo a saúde e segurança do usuário a um custo atrativo, além de preservar as características originais do utilitário e da motocicleta.

A praticidade e a segurança proporcionam um conforto considerável ao operador, que realiza o processo à distância, controlando todos os movimentos remotamente. Os experimentos realizados apresentaram resultados positivos e motivadores; porém, é necessário ressaltar a necessidade da realização de novos testes que envolvam outros modelos de motocicletas para inseri-lo no mercado.

Agradecimentos

Agradecimento à empresa “S e V Manutenção de Colhedoras” pelo suporte técnico e concessão de material.

Referências Bibliográficas

BARRIOS, D. B.; PIVETTA, L. A.; YOSHIKAWA, N. K.; ANGELO, E. *Mecânica – Métodos e processos industriais*. São Paulo: Centro Paulo Souza, 2011.

BARTZ, A. B.; SILVA, D. I.; FIGUEREDO, T. W.; SPOHR, C. B. Processo de corte em máquinas laser. IN: *SIEF – Semana Internacional de Engenharias da Fabor*. Horizontina - RS, 2011.

BRASIL. *NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos*. Portaria SIT n.º 197, 2010. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-12-span-class-destaque-novo-span.htm>. Acesso em: 10 de setembro de 2015.

BRASIL. *NBR NM 247-3: Condutores isolados com isolamento extrudada de cloreto de polivinila (pvc) para tensões até 750 V - Sem cobertura*. 2002.

BRASIL. *NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais*. Portaria SIT n.º 82, de 01 de junho de 2004. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1FA6256B00/nr_11.pdf>. Acesso em: 03 de agosto de 2015.

BRASIL. Departamento Nacional De Trânsito. *Resolução 14/98*. Disponível em: <<http://www.denatram.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 03 de agosto de 2015.

BRASIL. *Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção*. Disponível em: <<http://www.portal.mte.gov.br/.../NR18>>. Acesso em 25 de setembro de 2015.

CHIAVERINI, V. *Tecnologia Mecânica*– Processos de fabricação e tratamento. vol. 2 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1986.

HIBBELER, R. C. *Resistência dos Materiais*. 7ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HIGDON, A., OHLSEN, E. H., STILES, W. B., WEESE, J. A., RILEY, W. F. *Mecânica dos Materiais*. Ed. Guanabara Dois, 3a ed., 1981.

KIMINAMI, C. S., CASTRO, W.B., OLIVEIRA, M. F. *Introdução aos Processos de Fabricação de Produtos Metálicos*, Editora Edgard Blucher, 2013, 236p.

LEAL, D. F. *Sobre perfis de aço formados a frio compostos por dupla cantoneira com seção "T" submetidos à compressão*. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

MACHADO, I. G. *Soldagem & Técnicas Conexas: Processos*. Porto Alegre, Impresso no Brasil. 1996. 477p.

MELCONIAN, S. *Elementos de máquinas*. 9ª. Ed. Revisada Editora Érica. 2009.

MORAIS, W. A.; BORGES, H. C. Adequações nas práticas dos novos processos de corte e dobra para otimizar o desempenho de aços planos. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 7, n. 1-2, p. 54-60, jul.-dez. 2010.

NIEMANN, G. *Elementos de máquinas*. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. II, 1971.

POGGETTO, P.D & MIOTTO, R. *Saiba como subir com segurança a moto na caçamba de uma picape*. 2012. AUTO ESPORTE. Disponível em: <<http://g1.globo.com>>. Acesso em: Set 2015.

PROVENZA, F. *Projetista de Máquinas*. 1ª. ed. São Paulo: F. Provenza, 1960.

SHIGLEY, J. E. *Projeto de engenharia mecânica*. 7ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, Richard G. *Projeto de engenharia mecânica*. 7. ed. São Paulo: Bookman, 2005. 966 p.

SHIGLEY, J. E. *Elementos de máquinas 1*. Livros técnicos e científicos LTDA. 34-54p. 2000.

SCHUSTER, G. R. *Proposta de otimização de tempo no processo de corte a laser utilizando diferentes gases de assistência*. 2013, 37f. Trabalho de Conclusão de Curso. Horizontina. 2013.

SENAI. *Caldeiraria - Materiais: Materiais Metálicos e Não Metálicos*. Serra - ES. 1996.

Desenvolvimento de dispositivo para levantamento de veículos leves e de fácil operação

Device development for lifting light vehicles and easy operation

Lucas Felipe Sarti Martins ¹
Bruno dos Santos Marques ¹
Everton Luiz dos Santos ¹
Ananias Cardoso Botelho ¹
Paulo Henrique Ambrosi ¹
Felipe Camargo Marinho ¹
Ronaldo Almeida da Silva ¹
Chaira Parpinelli Ferreira ¹
Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares²
Edval Rodrigues de Viveiros ³

RESUMO

A engenharia, de um modo geral, vem cada vez mais buscando desenvolver métodos e equipamentos que facilitem o dia a dia do ser humano. O auxílio de um dispositivo mecânico na troca de um pneu pode ser crucial quando o assunto “facilitar” entra em questão. Um equipamento que possa levantar um veículo leve apenas com o apertar de um botão pode muito bem ser aceito entre as pessoas, quando necessitarem a troca de um pneu furado de seu carro. Com esse intuito foi desenvolvido um macaco de acionamento elétrico, em que o operador não necessita realizar nenhum esforço físico, realizando a operação ao apertar de um botão. Com o desenvolvimento do protótipo, e a realização de teste e análises, alcançaram-se resultados satisfatórios tanto para os esforços requeridos para o levantamento do veículo, quanto ao funcionamento do protótipo.

Palavras-chave: Macaco Elétrico, Levantamento, Acionamento por Botões.

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e orientador do presente trabalho (de disciplina), fernando.egua@yahoo.com.br.

3. Doutor e professor nos cursos de engenharia do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, co-orientador.

ABSTRACT

Engineering, in general, has been seeking to develop methods and equipments to make day by day easier. The assistance of a mechanical device in a tire change becomes crucial when the goal is to "facilitate" is the question. A device that can lift a light vehicle with just a push of a button may be very well accepted among people, when they need to change a flat tire. To this intuition it was developed an electric Jack, where the operator does not need to make any physical effort, performing the operation when push of a button. With the development of the prototype, and testing and analysis, achieved satisfactory results for both the effort required for the survey, as to the operation of the prototype.

Key words: Electric Car Jack, Lift, Operating Buttons.

1 - Introdução

O macaco automotivo é um instrumento utilizado para levantar automóveis e possibilita a troca de pneu. Consiste em uma estrutura composta por dois triângulos isósceles congruentes, e um parafuso acionado por uma manivela, por um motor ou outros métodos, de maneira que o comprimento da base possa ser alterado pelo acionamento desse parafuso.

Recebe este nome, devido ao marketing de uma empresa americana que fabricava esta ferramenta, na época do filme King Kong em 1933; para simbolizar forças, colocou o nome no equipamento de "monkey" (macaco em inglês) Deste modo, o nome ficou conhecido mundialmente, é utilizado tecnicamente, não apenas na ferramenta para levantar carro, mas em todas as que utilizam força. (DIETER, 1984).

2 - Objetivos

Diversos imprevistos podem surgir a bordo de um automóvel. Uma das ocorrências mais comuns é um pneu furado e, às vezes, a operação de erguer o

veículo com um macaco torna-se exaustiva e apresenta riscos com a queda do veículo, caso o operador esteja próximo.

Este trabalho tem como foco e objetivo apresentar uma alternativa prática, rápida e segura, para o levantamento de veículos leves. Trata-se de um macaco elétrico 12 de volts, alimentado pela tomada do acendedor de cigarro do veículo.

Este dispositivo é de fácil utilização, prático e acessível, pois em situações de necessidade, como na troca de um pneu, pode-se realizar o levantamento do veículo pode acontecer sem nenhum tipo de esforço físico do operador.

O projeto é composto por um macaco elétrico tipo sanfona, acionado por um motor elétrico 100 watts / 60 rpm, um dispositivo de redução composto de engrenagens, um farol de LED, e tem como objetivo levantar veículos leves de até 1200 kg.

3 - Fundamentação teórica

O protótipo em questão utilizou como base um macaco tipo sanfona. Um macaco é um dispositivo cuja força exercida pelo operador é transformada em uma força de levantamento por meio de rotação de um conjunto fuso articulado nas extremidades de dois conjuntos de braços (inferior e superior), conforme é apresentado na norma ABNT NBR ISO 15757:2010.

Foi utilizado para impulsionar o macaco um motor elétrico, que se trata de uma máquina destinada a transformar energia elétrica em mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando - com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

Para compor a redução foram utilizadas engrenagens planetárias, que segundo Santos Júnior (2002), são elementos mecânicos formados pela engrenagem solar (central), engrenagens satélites que giram em torno dela (planetárias), engrenagem anelar onde os planetários se engrenam e um eixo de suporte. Seu objetivo é atuar como caixa de redução, transformando a alta velocidade do motor em um alto torque para a operação da máquina.

Com objetivo de realizar os cálculos necessários para os esforços foram aplicados os diagramas de força cortante e momento fletor, conforme ressalta Hibbeler (2010), no qual se tem as cargas distribuídas em função das tensões de cisalhamento refletindo nas reações dos apoios.

4 - Desenvolvimento do protótipo

Trata-se de um macaco tipo sanfona, cujo motor elétrico fica acoplado por meio de uma redução utilizando engrenagens. Este motor é fixado ao macaco através de um suporte de chapas de aço, soldado na travessa do macaco, pois ela acompanha o eixo da rosca na subida e descida do macaco, o que permite que o motor acoplado ao macaco acompanhe o movimento.

O acoplamento do motor ao macaco é feito por meio de uma articulação cilíndrica rosqueada ao eixo do motor, com um pino transversal que passa pelos furos do suporte de acionamento, local em que se passa o eixo da manivela, permitindo a transferência do movimento circular do motor, mesmo que apresente certo desalinhamento do motor.

O motor é alimentado pela bateria do veículo, através da tomada do acendedor de cigarros ligado por cabos a um botão de acionamento, que inverte a polaridade do motor; ao inverter seu sentido de giro, possibilita o levantamento ou o abaixamento do automóvel.

Possui interruptores para limitar o curso do macaco, que abre o circuito quando acionado, protege o motor de esforços excessivos e desnecessários.

Devido ao desbalanceamento de peso decorrente da instalação do motor, foi necessário realizar aumento da base do macaco, que ocorreu por meio do parafusamento de um suporte metálico na mesma.

4.1 - Utilização

Sua utilização é praticamente igual de um macaco automotivo comum. Quando houver a necessidade, o macaco elétrico deve ser encaixado sob o veículo, nos pontos de agarramentos recomendados pelas montadoras dos veículos e

inserir o conector elétrico na tomada de 12 volts do veículo (acendedor de cigarros). Após estes processos, o macaco elétrico já está energizado e pronto para funcionamento.

Utilizando-se dos botões de acionamento, pode-se subir o veículo, realizar a operação de troca do pneu e logo após, com o mesmo botão de acionamento, recolhe-se o macaco, fazendo o veículo descer.

O dispositivo é dotado de um botão, na espécie de gatilho, no qual o LED é ligado para iluminação em casos de usos noturnos.

5 - Materiais e métodos

Para desenvolvimento de tal equipamento, foram selecionados alguns componentes, que juntos, resultaram no macaco elétrico.

5.1 - Materiais

5.1.1- Macaco tipo sanfona ou pantográfico



Figura 1 – Macaco tipo Sanfona – Fonte: autores

5.1.2 – Motor Bosch Elétrico 12 volts

Foi utilizado um motor com alimentação 12 volts, potência de 100 watts e rotação de 60 rpm.



Figura 2 – Motor Elétrico – Fonte: autores

5.1.3 – Redução

Utilizou-se um sistema de redução conforme mostrado na Figura 3, que objetiva alterar as relações de rotações.

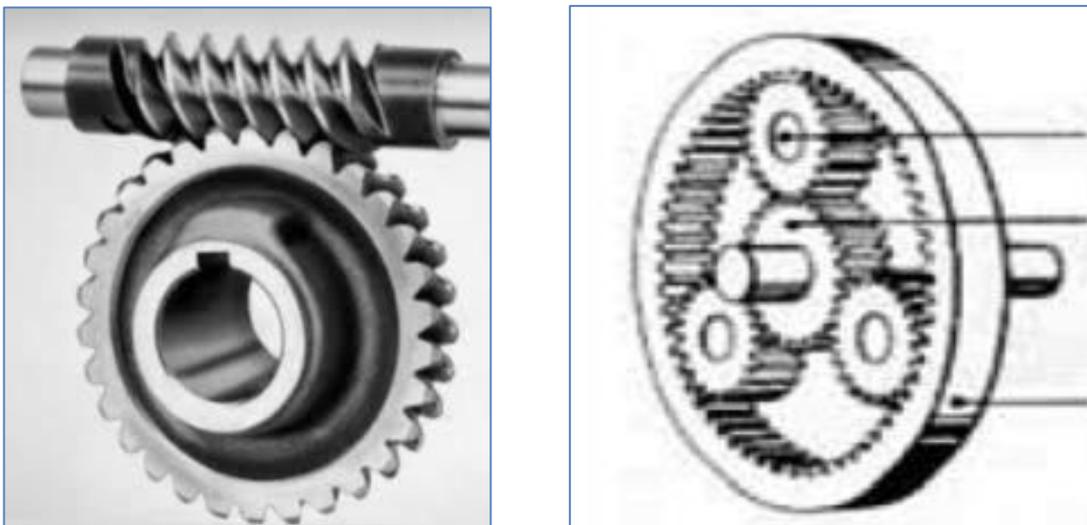


Figura 3 – Ilustração do sistema de redução utilizado – Fonte: autores

5.1.4 – Botão de acionamento

Botão do tipo normalmente aberto, sem retenção, utilizado para acionar o motor, tanto para subir, quanto descer (Figura 4).



Figura 4 – Botão de Acionamento – Fonte: autores

5.1.5 – Cabos Elétricos

Utilizados para fazer a ligação elétrica do motor ao macaco.

5.1.6 – Conector Elétrico

Conector de alimentação do sistema no veículo, conforme mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Conector Elétrico

5.1.7 – Chapas e Tubos

Chapa de Aço Inox 3/32” utilizada para fazer o flange de acoplamento.

Apresentando maior resistência a corrosão e oxidação, a chapa de aço inox é o produto de realmente faz a diferença em diversos tipos de aplicações dentro da mecânica e em várias atividades como fornos, câmaras de combustão, trocadores de calor, motores e componentes de máquinas e equipamentos.

Chapa de Aço Carbono 5/16" de espessura e largura de 3" por 300mm de comprimento, utilizada para aumentar a área da base do macaco.

Tubo de 2 ½" com 1/8" parede por 30mm de comprimento, usado para fazer uma bucha de acoplamento.

5.1.8 – LED (light emitter diode – diodo emissor de luz)

Para iluminação em caso de uso noturno.

5.1.9 – Botão de Acionamento da Lanterna LED

Através deste botão aciona-se a lanterna LED.

5.2 – Métodos

As referências para realização deste trabalho foram desenhos e modelo do macaco a ser aplicado, e a norma técnica ABNT NBR ISO 15757:2010, publicada em 14/01/2010, que estabelece a terminologia e a classificação de macacos mecânicos utilizados no setor automotivo.

O projeto utiliza um macaco tipo sanfonado da marca Bosal, com capacidade de suportar cargas até 1200 kg. Utilizamos também um motor elétrico 12 V da marca Bosch, utilizado em limpadores de para brisas de caminhões, com 60 rpm de rotação e 100 W de potência, com rotação nos dois sentidos.

Como redução, foi escolhido um conjunto planetário, por ser compacto, fornecer uma boa redução e um bom torque no eixo.

Para o controle da operação de levantamento e abaixamento do veículo, um botão de acionamento de vidro elétrico automotivo é utilizado para a inversão de polaridade do motor, invertendo assim, seu sentido giro.

5.2.1 - Cálculos

Dados iniciais para realização dos cálculos:

Tabela 1 – Dados para os cálculos.

Motor	Redução	Macaco	Outros
$n_{\text{motor}} = 60 \text{ RPM}$	$\eta_{\text{planetário}} = 97\%$	$r_{\text{eixo macaco}} = 6 \text{ mm}$	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
$N_{\text{motor}} = 100 \text{ watts}$		Massa = 1200 kg	

5.2.2 - Cálculo da Potência Útil

$$N_{\text{motor}} = \frac{Nu}{\eta}$$



$$Nu = N_{\text{motor}} \times \eta$$

$$Nu = 100 \text{ w} \times 0,97$$

$$Nu = 97 \text{ watts}$$

5.2.3 - Cálculo da Velocidade Máxima de levantamento para uma carga de 1200 kg.

$$Nu = F \times v$$

$$v = \frac{Nu}{m \times a}$$

$$v = \frac{97}{1200 \times 9,81}$$

$$v = 0,00823 \text{ m/s}$$

5.2.4 - Cálculo da Rotação do Eixo do Macaco (Rosca Sem Fim)

$$v = 2 \times \pi \times neixo \times r \text{ eixomacaco}$$

$$neixo = \frac{v}{2 \times \pi \times r \text{ eixomacaco}}$$

$$neixo = \frac{0,00823}{2 \times \pi \times 6 \times 10^{-3}}$$

$$neixo = 0,21857 \text{ Hz}$$

Passando de Hz (hertz) para RPM (rotações por minuto)

$$neixo = 0,21857 \times 60$$

$$neixo = 13,114 \text{ RPM}$$

5.2.5 - Dimensionamento da Redução

$$\frac{nmotor}{neixo} = \frac{\times \text{conduzidas}}{\times \text{condutoras}}$$

Ou:

$$\frac{nmotor}{neixo} = \text{Redução}$$

$$\text{Redução} = \frac{60}{13,114}$$

$$\text{Redução} = 4,57$$

$$\text{Redução} = \frac{4,57}{1}$$

6 - Resultados

Para ser testado, o equipamento foi acoplado na parte dianteira do veículo GM/Chevrolet Astra, para levantá-lo em sua parte mais pesada, onde está localizado o trem de força do mesmo (motor/cambio). O conector foi plugado à tomada 12 volts, e através dos botões do controle foi possível levantar o carro. O procedimento pode auxiliar eventuais trocas de pneus. No teste foi observada a necessidade de funcionamento do motor do veículo a fim de evitar o

descarregamento da bateria e também aumentar a corrente elétrica do sistema, que proporciona mais força ao motor de acionamento do macaco.

Com base nos esforços e solicitações para a situação de levantamento proposta no teste, os seguintes resultados foram obtidos para as forças cortantes, carregamento e momento na base do macaco.

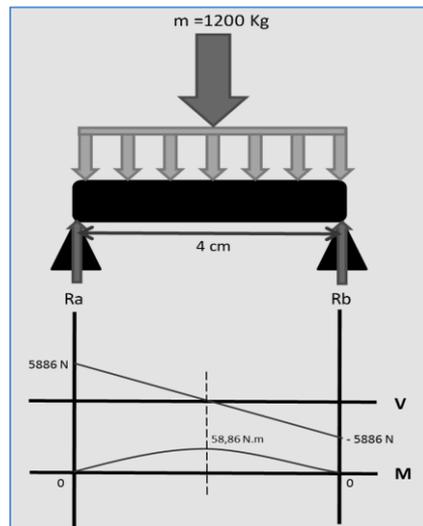


Figura 6 – Representação da Cortante e do Momento – Fonte: autores.

$$\sum Fy = 0$$

$$Ra + Rb - 1200 \times 9,81 = 0$$

$$Ra + Rb = 11772 \text{ N}$$

$$\sum Ma = 0$$

$$11772 \times 0,02 - Rb \times 0,04 = 0$$

$$Rb = 5886 \text{ N}$$

Como:

$$Ra + Rb = 11772 \text{ N}$$

Então:

$$Ra = 5886 \text{ N}$$

Para encontrar o carregamento foi utilizada a fórmula de área:

$$A = base \times altura$$

Em outras palavras:

$$11772 = 0,04 \times \text{carregamento}$$

$$\text{Carregamento} = 294,3 \text{ KN/m}$$

$$0 < x < 0,04$$

$$V = 5886 - 294,3 \times 10^3 x$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Para } x = 0; V = 5886 \text{ N} \\ \text{Para } x = 0,04; V = -5886 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$M = \int V dx$$

$$M = 5886x - \frac{294,3 \times 10^3 \times x^2}{2}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Para } x = 0; M = 0 \\ \text{Para } x = 0,04; M = 0 \end{array} \right.$$

Momento Máximo quando $V = 0$

Equação da Cortante:

$$0 = 5886 - 294,3 \times 10^3 x$$

$$x = 0,02 \text{ m}$$

Equação do Momento:

$$M = 5886 \times 0,02 - \frac{294,3 \times 10^3 \times 0,02^2}{2}$$

$$M = 58,86 \text{ N.m}$$

7 - Conclusões

Com base nos resultados obtidos nos cálculos e testes realizados, é possível concluir que o projeto atendeu bem aos requisitos que eram necessários para o levantamento do veículo. Suportou as cargas e esforços aos quais foi submetido, embora tenham ocorrido modificações no macaco para a realização do protótipo.

Observa-se que em seus componentes nada foi desenvolvido de maneira exclusiva para a sua montagem. Os componentes já existem no mercado e juntos puderam compor o equipamento.

No entanto, vale salientar que para que não aconteça o descarregamento da bateria do veículo, é necessário manter o motor do mesmo funcionando para que o carregamento da bateria através do alternador.

Ocorreu melhora significativa no processo de levantamento do carro com o motor funcionando, devido à corrente extra que é enviada ao motor do macaco, fazendo com que ele opere a uma velocidade mais alta.

8 - Referências Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *CATÁLOGO. Norma Técnica*. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=57611>>. Acesso em: 21 set. 2014

ANDRADE, Alan S. de. *Elementos Orgânicos de Máquina II. AT-102*. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT102-Aula03.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2014.

Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. (ABESSO). Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/>>. Acesso em: 26 out. 2014.

Autopeças *Bosch*. Disponível em: <http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/eletrica/downloads/catalogo_eletrica.pdf>. - Acesso em: 15 out. 2014.

HIBBELER, R.C. *Resistência dos Materiais*. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2010

RAMOS, Welington. *Engrenagem Epicicloidial*. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAbEUAI/engrenagem-epicicloidial>>. Acesso em: 02 out. 2014.

SANTOS JÚNIOR, Auteliano A. dos. *Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos*. 2002. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica da

UNICAMP. Campinas. Disponível em:<<http://www.fem.unicamp.br/~lafer/em618/pdf/Apostila%20Engrenagens%204.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2014.

SARDÁ, Alexandre A. P. *Trens de Engrenagens*. Disponível em:<<ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM129/Prof.%20Pescador/Trens%20de%20engrenagem.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

WIKIPÉDIA. *Macaco (ferramenta)*. Disponível em:<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Macaco_\(ferramenta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Macaco_(ferramenta))>. Acesso em: 15 out. 2014.

WIKIPÉDIA. *Motor elétrico*. Disponível em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9trico>. Acesso em: 15 out. 2014.

Injetora de ação pneumática vertical para injeção de polímeros em laboratórios/bancadas de teste

Injection of air vertical action for polymer injection in laboratory/test

Rafael Martinez Favareto ¹
Alisson A. Bachiega Righetti ¹
George Takeo Honda ¹
Sandro Costa Feltrin ¹
Daniel Augusto Cogo ¹
Guilherme Yusuke Nishikawa ¹
Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares ²
Thiago Santana Aranha ³

RESUMO

O presente trabalho apresenta os elementos que constituem a estrutura de uma injetora vertical de acionamento pneumático para injeção de polímeros, apontando o dimensionamento e as diretrizes para construção da mesma. As orientações aqui apresentadas baseiam-se no conhecimento desenvolvido ao decorrer dos trabalhos de usinagem, montagem e acabamento do¹³ projeto somados ao conhecimento teórico técnico e normativo. Analisou-se a utilização de máquinas injetoras de pequeno porte em grandes empresas para avaliação de materiais do processo e também possível utilização desta máquina para moldagem de pequenos objetos de utilização cotidiana. Empregou-se a metodologia de construção da máquina, sendo avaliada sua funcionalidade a partir da coleta de informações nos processos de projeto, desenhos, usinagem e montagem. Também tendo como fonte de informação, posicionamentos bibliográficos, entrevistas com profissionais de empresas relacionadas ao tipo de máquina supracitada.

Palavras-chave: Injetora; Acionamento pneumático; Corpo de prova, Ação vertical.

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Prof. Msc. Orientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba, fernando.egua@yahoo.com.br.

3, Prof. Coorientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

ABSTRACT

This paper shows the elements that composes the structure of a vertical injector of pneumatic actuation to polymers injection , pointing the design and guidelines for construction of the same . The orientations, introduced in this study, are based on knowledge developed during machining and installing work and also the complement of the project together with the written and normative parts. This study analyzes the use of small sized injector in big companies to the evaluation of process of materials and the possibility to use it to model small stuff for everyday use. It was used a methodology of machine construction, its functionality was also taken into consideration from the information collected during the project process, designs, machining and installations. Also having as source of information, bibliographical positions, interviews with professionals from companies related to the kind of above-mentioned machine .

Keywords: injector, pneumatic action, specimen, vertical action.

INTRODUÇÃO

De modo convencional, as injetoras têm praticamente todos os movimentos realizados através de válvulas de vazão e pressão, atuadores hidráulicos (pistões, êmbolos etc.) acionados por bombas hidráulicas e máquinas responsáveis pela circulação de óleo no circuito hidráulico das injetoras. As injetoras de plástico são equipamentos cuja finalidade é a produção de peças plásticas através de injeção de polímeros (plásticos) a altas temperaturas em moldes pré-fabricados (WEG, 2009, p.1).

Neste caso, haverá o acionamento de forma pneumática, cujo pistão é ligado a uma linha de ar comprimido pressurizada por um equipamento compressor (WEG, 2009, p.1).

A injeção do material acontece por avanço do êmbolo fixado à haste do pistão injetor (pistão de ação pneumática); após o término do processo de injeção, a peça é retirada do molde; é necessário aguardar um período até que a peça moldada resfrie e fique pronta para utilização nos ensaios de tração.

O ensaio de tração se resume à aplicação de uma força em um único eixo de forma unidirecional no material, cuja tendência é alongá-lo até o momento de sua ruptura. Os corpos de prova, na maioria das vezes, são circulares e podem ser também, ser retangulares. O corpo de prova é fixado pelas suas extremidades nas garras de fixação da máquina de tração. Logo após, é submetido a um esforço, aplicando uma carga gradativa e registrando cada valor de força correspondente a um diferente tipo de deformação do material; este só termina quando o material se rompe.

OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a utilização de uma injetora vertical de ação pneumática para injeção de polímeros de pequeno porte, com a aplicação da área de criação de corpos de prova ou pequenos objetos variados.

É uma maneira de tornar os corpos de prova mais ágeis e viáveis, para empresas que trabalham com polímeros; o objetivo é facilitar a obtenção da resistência a esforços, seu comportamento durante a injeção, e incluí-lo em seu processo industrial. Deste modo, o presente protótipo visa a facilitar o manuseio e a utilização de máquinas neste processo.

METODOLOGIA

Para realização do presente trabalho foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica, a consulta a manuais técnicos, catálogos de produtos e manuais de máquinas. Além de considerar a atual necessidade do mercado sobre o tema supramencionado.

Processo de injeção

A máquina injetora foi patenteada em 1872 por dois americanos, Hiatt e Isaac. A princípio, era formada por uma prensa manual com sistemas de

aquecimento para os materiais plásticos. Na fabricação de máquinas, o processo de injeção teve seu início nas décadas de 30 e 40, com máquinas do tipo pistão e capacidade aproximada de 200g de moldagem (ANIZIO, 2011). O processo de moldagem por injeção é, basicamente, um dos processos mais utilizados no campo dos polímeros, por conta de sua rápida produção de peças, da qualidade obtida e pela variedade das formas que as peças podem assumir pós injeção. Para moldar o material (polímero) no processo de injeção e obter a forma desejada de um objeto, utiliza-se pressão e calor. O calor tem como função tornar fluído o polímero, tornando-o pastoso. A pressão tem por função deslocar a massa (o fluído) para cavidade da matriz, preenchendo-a (ANIZIO, 2011).

A moldagem consiste em um ciclo, em ocorre repetição a cada formação de peça, no qual, os materiais (polímeros) em grãos ou em pó são aquecidos até se tornarem fluidos. Assim, são injetados, ou seja, empurrados para dentro de uma matriz relativamente fria, a qual apresenta a forma do objeto desejado, sucessivamente, faz-se a retirada da matriz, possibilitando a extração do objeto finalizado.

É imprescindível a injeção de materiais para a formação de objetos, pois, permitem que as peças sejam feitas com características simples ou de alta complexidade, com cores e tamanhos variados. A obtenção de tais peças dependerá exclusivamente da matriz utilizada. Quando os objetos são feitos por este processo, os produtos finais encontram-se semiacabados ou acabados, sendo ínfimos os que necessitam de acabamento posterior (ANIZIO, 2011).

Por conta da confecção de matrizes para cada tipo de objeto desejado, a máquina (injetora) deve apresentar uma pressão ideal de injeção para empurrar o fluído até a matriz preenchendo-a em um todo. O custo desse processo é considerado demasiadamente elevado, contudo, este custo fica significativamente reduzido se as peças forem produzidas em larga escala. Por isso há a grande necessidade de relação custo *versus* benefício entre máquina (pressão), material (polímero e matriz). A injeção é indicada para produção em massa, pois a matéria-prima é transformada em peça pronta em uma única etapa, no entanto, esta também pode ser perdida facilmente por qualquer erro de operação ou falha mecânica (ANIZIO, 2011).

Devido a todos os fatos acima expostos, faz-se necessário o estudo do material (polímero) utilizado, a fim de apurar o comportamento durante o processo de injeção de objetos em grande escala e a identificação de suas características e comportamento durante o ciclo de injeção (aquecimento, pressão, matriz e finalização) para que o resultado final seja satisfatório, seja adquirada matéria prima de qualidade e garanta o custo benefício da aquisição dos mesmos.

Utilização da pneumática

Segundo documentos históricos, a utilização da pneumática, no Velho Testamento, são encontradas referências no emprego do ar comprimido: na fundição de prata, ferro, chumbo e estanho. Na história existem registros de que há mais de 2000 anos os “técnicos” construía máquinas pneumáticas, que produziram energia pneumática por meio de um pistão; utilizava-se de um cilindro de madeira dotado de êmbolo (PARKER HANNIFIN, 2000).

Da Vinci fez uso da pneumática, utilizando e dominando o ar em muitos de seus experimentos. Contudo, foi na segunda metade do século XIX, o ar comprimido adquiriu importância industrial.

O ar, como todos os gases, tem a propriedade de ocupar o volume do recipiente no qual é introduzido, adquirindo seu formato, pois este não possui forma própria. Com isso, podemos direcioná-lo em um recipiente com volume determinado, e posteriormente provocar redução de volume usando sua propriedade de compressibilidade, com a ação de uma força exterior (PARKER HANNIFIN, 2000).

Segundo De Negri (2001), os sistemas pneumáticos e hidráulicos são formas concretas de aplicação dos princípios da “Mecânica dos Fluidos”.

A utilização deste recurso (pneumática) possui vantagens específicas: incremento da produção com investimento relativamente pequeno; redução dos custos operacionais; rapidez nos movimentos pneumáticos; facilidade de implantação; resistência a ambientes hostis com poeira; atmosfera corrosiva; oscilações de temperatura; umidade; simplicidade de manipulação, segurança.

Os equipamentos pneumáticos abrangem pressões moderadas, que os tornam seguros contra possíveis acidentes, e redução dos mesmos.

Em contraposição às vantagens, existe a necessidade de excelente preparação na realização do trabalho proposto, como a remoção de impurezas, eliminação de umidade para evitar corrosão nos equipamentos, engates ou travamentos e maiores desgastes nas partes móveis do sistema. Os componentes pneumáticos são normalmente projetados e utilizados a uma pressão máxima de 1723,6 kPa, suas forças envolvidas são pequenas se comparadas a outros sistemas. Velocidades muito baixas são difíceis de serem obtidas com o ar comprimido devido às suas propriedades físicas; o ar é um fluido altamente compressível, portanto, é impossível obter paradas intermediárias e velocidades uniformes (PARKER HANNIFIN, 2000)

O sistema pneumático é utilizado para operar o sistema de injeção, o fornecimento de ar para o sistema pneumático provém de uma fonte de ar comprimido (compressor) (MORGAN INDUSTRIES, INC.). Neste caso, para fins de pequeno porte (estudo das características do material, corpo de prova), a utilização da pneumática no acionamento de pistões (ligados ao sistema de ar comprimido) em máquinas (injetoras) traz facilidades consideráveis.

Características do polímero

Os polímeros possuem propriedades especialmente peculiares, principalmente de sua alta massa molecular, pois quanto maiores as macromoléculas, melhores suas propriedades mecânicas (PIATTI, 2005)

Os polímeros são constituídos de moléculas compostas pelo encadeamento de milhares ou milhões de átomos. Por serem muito longas, estas cadeias se entrelaçam formando um emaranhado que interage fortemente, por isso sua grande resistência mecânica, o que possibilita que sejam utilizados na confecção de muitos objetos, tais como móveis, peças automotivas e peças para construção civil (PIATTI, 2005)

Quanto mais unidas forem as moléculas que compõem o polímero, maior será a resistência mecânica, sendo diretamente proporcional a essa ligação de átomos, permitindo a confecção de peças e objetos suficientemente resistentes. Os polímeros podem suportar condições relativamente drásticas de uso, como

choques e atritos elevados; possui a vantagem de estabilidade e resistência térmica que permitem um melhor manuseio sob alteração de temperatura e estabilidade frente a substâncias químicas, resistência elétrica, permeabilidade a gases etc. (PIATTI, 2005).

Conforme seu comportamento mecânico, os polímeros poderão ser classificados como: elastômeros, fibras, plásticos rígidos ou plásticos flexíveis. Ficando a cargo da empresa, o estudo e identificação do melhor material a ser acrescido em sua linha de produção.

Análise do material

O material (polímero) pode ser submetido a diversos testes, como a obtenção (moldagem) dos em corpos de prova, que é uma pequena parte do material injetado e utilizado para realização do ensaio de tração (que consiste na aplicação de uma carga uniaxial crescente a um corpo de prova. Ao mesmo tempo são medidas as variações no comprimento e utilizado para o levantamento de informações básicas sobre a resistência dos materiais, difundido em um teste de aceitação de materiais, que confronta das propriedades determinadas pelo ensaio (EM423, UNICAMP, 2007).

As especificações quanto à forma e dimensões dos corpos de prova, velocidade de tensionamento, base de medida, etc., são ditadas pela norma técnica correspondente; no caso de materiais metálicos é a NBR 6152 da Associação Brasileira de Normas Técnica (EM423, UNICAMP, 2007).

Atualmente, no mercado existem diversos tipos de polímeros para comercialização, quem contém estas singularidades e aplicações em ramos pré-estipulados, o que permite que seu custo varie. Contudo, sua imprescindibilidade só será atendida analisando-se o custo benefício do material adquirido, ser aplicada a metodologia de avaliação do material através da obtenção de pequenas porções (na forma de corpo de prova).

Como os materiais são vendidos a granel, procede a necessidade do corpo de prova, que exige tempo operacional e não pode ser desconsiderado, para evitar que uma máquina pare sua produção em grande escala; e utiliza-se o presente

trabalho o que permite a continuidade do processo e a boa avaliação do material de forma técnica.

DA FABRICAÇÃO

O processo de fabricação da máquina injetora, foi desenvolvido em etapas, como desenhos dos elementos estruturais (móveis e de fixação), usinagem dos materiais (torno, fresa), solda, desbaste, montagem dos elementos da máquina ponto a ponto.

Por meio de todas as etapas supramencionadas, foi possível observar o desempenho adquirido através de testes operacionais, para identificar possíveis falhas. De acordo com o resultado obtido, são empregados aperfeiçoamentos e cálculos (tensão, pressão de trabalho, dilatação térmica), para obter operacionalidade da máquina que é do tipo manual. Este modo de operação é aquele cuja função e tempo de cada etapa da máquina são controlados manualmente pelo operador (DE ABREU, 2012)

No processo de fabricação da parte estrutural, foram utilizadas chapas de aço 1020 com espessura de 1/8 pol, submetidas ao processo de dobramento em forma de viga “G”, unidas por bases superior e inferior de aço 1020 espessura 5/16 pol., fixadas por parafuso sextavado de 5/16 x 1 pol rosca triangular; pontos de solda mig, com a finalidade de suportar o pistão e seus esforços, proporcionam da mesma forma, todo o direcionamento para montagem da máquina.

A estrutura de injeção, na qual estão os componentes de recebimento do material e intermediários ao ciclo de injeção, é composta por funil de alimentação, cilindro de aquecimento do material denominado como canhão, bico de injeção, resistores elétricos, além de pistão pneumático de injeção e sistema de avanço e recuo do canhão. Nessa parte o material é armazenado, pressionado progressivamente, e passa pelos estágios de compressão, fusão e injeção (DE ABREU, 2012).

O bico de aço 1045 $\varnothing=2$ pol. usinado é conectado ao canhão (cilindro) e ao molde, por intermédio de conexão feita através de rosqueamento, para suportar o esforço rente ao canhão de aço 1045 $\varnothing=2$ pol., no momento da ação do pistão. Para

manter ambos os elementos afastados do molde, seu direcionamento e alinhamento, durante troca de matéria-prima, tipo de matriz utilizada ou purga (limpeza) do canhão empregou-se duas bases intermediárias de aço 1020 com espessura de 5/16 pol., barras lisas de aço 1020 $\varnothing=5/16$ pol. fixas por parafusos e barras de regulagem de rosca trapezoidal de aço 1045 $\varnothing=3/4$ pol. com porcas usinadas de aço 1020 $\varnothing=1$ pol.

No alojamento do polímero, dentro do canhão, ocorre a fusão do material, promovida pela energia em forma de calor proveniente dos resistores elétricos acoplados ao exterior do canhão controlados por meio de um elemento controlador (termopar) que recebe a temperatura necessária a ser alcançada, mediante de digitação em painel. Por meio de ação eletroeletrônica, a qual proporciona uniformidade e nesta operação da máquina, são monitorados e controlados os parâmetros (digitados conforme especificação de cada material) deste processo (por mais que haja um mínimo de oscilação).

Levou-se em consideração o tempo em que o material fundido permanece dentro deste, pois pode ser degradado devido à exposição prolongada à pressão e ao calor; no bico, o ideal é que a temperatura seja mantida uniforme, pois este bico não recebe aquecimento, e como já citado, temperaturas elevadas podem degradar a matéria-prima e fazer com que vaze muito material. Essa temperatura final de trabalho foi obtida na etapa de escolha do polímero para injeção quando foi necessário conhecer as janelas de processo do material, que é a faixa de condições de processamento, tais como: temperatura de fusão do material e pressão suficiente para injetar o plástico dentro do molde para resultar em um produto moldado em níveis aceitáveis de suas propriedades (DE ABREU, 2012)

Foi implantado à máquina um pistão pneumático (alumínio $\varnothing=50$ mm e comprimento de 250 mm) de 157 kgf/cm² com a finalidade de obter mínimo de pressão possível (escolhido por meio de testes práticos), que garanta a qualidade dos polímeros moldados, livres de defeitos internos e superficiais. Normalmente o excesso de pressão provoca escape de material fundido pela linha de fechamento do molde causando rebarbas e peças com peso acima do desejado. Pensando nesse agravante, empregou-se uma estrutura de sustentação (fabricada em chapa de aço 1020 espessura 3/16 pol, usinada) do molde (alumínio), com alinhamento das partes do molde por pino guia (aço 1020 $\varnothing=5/8$ pol), travamento tipo cames (aço

1020 espessura 3/8 pol), com mancais (aço 1020 espessura 1/2 pol), alavanca de fechamento (aço 1020 Ø = 1/2 pol) e embuchamento do mancal (Latão Ø=5/8 pol) (DE ABREU, 2012).

Durante a fase de injeção, foi necessário controlar a velocidade na qual o pistão atua sobre o canhão; foi ajustada para a melhor possível, dentro das necessidades do trabalho, para evitar que o material fundido retrocedesse a seu estado normal antes que o molde estivesse completamente preenchido. A necessidade de saídas suficientes para gases foi considerada, pois se não houvesse a compressão do ar dentro do molde prejudicaria o ciclo e estado final da peça moldada.

Em injetoras mais modernas existem dispositivos que garantem que a pressão de injeção seja suficiente para manter a velocidade de injeção dentro dos valores solicitados. Neste caso, sem este recurso, ao sistema pneumático de injeção da máquina foi empregado o dispositivo “válvula 5 vias”, acionada por solenoide, o que permitiu maior controle sobre a operação e arrependimento no momento de ação do pistão. Possibilitou a interrupção imediata deste sem que finalizasse o ciclo (fator de segurança do trabalho), regulada de forma suficiente para que não houvesse limitação da velocidade por falta de pressão. Contudo, a pressão de injeção possui uma ampla variação, conforme o tipo do molde, da matéria-prima e da máquina de injeção (DE ABREU, 2012)

O material a ser introduzido ao processo foi obtido e implantado na forma de grânulos; o funil, por sua vez, simplesmente condiciona e direciona os grânulos para a zona de alimentação do canhão, por meio da gravidade. Nas máquinas modernas, esses funis foram substituídos por pequenos silos que já fazem a secagem do material, economizando tempo e energia elétrica e tornam o processo mais fácil para que a máquina termine de aquecê-lo até seu ponto de fusão.

Os dispositivos de segurança presentes na máquina foram implantados a fim de atender a NR 12, mediante análise do trabalho foi utilizado o tipo fixo (acrílico incolor de espessura 5 mm) que após instalado, só pode ser retirado com auxílio de ferramentais. Projetado para proteger os operadores dos possíveis acidentes durante o processo de operação e manutenção, também devem ser consideradas medidas administrativas (procedimentos).

Isto deve ser observado, pois as normas de segurança aplicadas em máquinas injetoras (em evolução, no Brasil) necessitam de profissionais capacitados para aplicação adequada das mesmas, assim como qualificação dos operadores. O empregador, além de fornecer material de proteção para os trabalhadores que irão operar a máquina responsabilizar-se-ão pela realização de treinamento, fiscalização correta de utilização dos equipamentos, atuar na conscientização dos riscos reais. É extremamente importante para uso responsável da máquina, bem como seguir instruções de medidas de risco preventiva e corretiva. Cabe ao trabalhador zelar por sua segurança e de outros funcionários, além do cumprimento das disposições legais e regulamentares de segurança.

Segue abaixo paralela uma a outra, imagens do protótipo, na fase de ideias no início e do mesmo após conclusão (figuras 01 e 02).



Figura 01 – Projeto máquina injetora no Autodesk Inventor Professional 2015.
Fonte: autores¹.

¹ A imagem foi criada no Autodesk Inventor Professional 2015



Figura 02 - Injetora pneumática. Fonte: autores².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações adquiridas durante o processo de montagem do projeto foi analisado o desempenho de atuação do sistema pneumático e sua fácil implantação (utilização) que não necessita de implementação tão complexa quanto o sistema hidráulico.

A necessidade de alteração do pistão pneumático foi discutida devido à capacidade de injeção; entretanto, se este for substituído, devem ser efetuadas as mudanças significativas no projeto original, pois o deixaria desproporcional e com força de ação excedente, fator que encareceria o produto no final de sua fabricação.

Tomaram-se os cuidados em atender a condições de segurança no que tange a máquina de menor complexidade e de fácil operação, assim como o isolamento de áreas potencialmente perigosas detectadas no processo de montagem.

A ponderação foi imprescindível, pois no decorrer do desenvolvimento deste trabalho foi utilizado polímero termoplástico que, no momento da utilização, não alcançou resultado desejado devido ao seu instável ponto de derretimento e solidificação, que dificultaram o manuseio, quando não dificultava o processo de

² Fotografado no Laboratório de Engenharia e Arquitetura do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, SP, Brasil.

injeção, o mesmo apresentava sinais de carbonização, o que compromete o material e o pistão da máquina, portanto foi feita a opção pelo polipropileno (PP), que atendeu as necessidades de projeto.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A usinagem e montagem do protótipo foi concluída com sucesso. De acordo com o número de testes realizados, os itens mais críticos do protótipo são estruturais, referentes à adequação normativa do Ministério do Trabalho (NR 12), para que se possa atender a norma na íntegra, bem como outros mecanismos como a instalação de um painel de trabalho com melhores características operacionais e a disponibilização de linha de ar comprimido adequada para a utilização do protótipo.

O protótipo apresentou bom funcionamento e transcendeu as expectativas iniciais do trabalho, na moldagem de corpos de prova para estudo de sua resistência mecânica e comportamento na moldagem (injeção).

Facilidade e praticidade na obtenção da resistência a esforços, devido ao comportamento durante a injeção, para as empresas que trabalham com polímeros, podem incluí-lo (polímero) em seu processo industrial.

Sugere-se o desenvolvimento de outros trabalhos relacionados ao tema, como o próprio acompanhamento de tecnologias futuras aplicadas à injetora, polímeros e ensaios de materiais, a inspeção da máquina e alterações benéficas a seu rendimento, que podem ser utilizadas para fins comerciais, no que diz respeito à confecção de objetos de pequeno porte para venda, como chaveiros.

Referências Bibliográficas

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -. *Obtenção de normas, pesquisa e estudo*. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/normalizacao/abnt-catalogo>. Acesso em: 10 out. 2015.

_____. NBR 13536. *Máquinas injetoras para plástico e elastômeros - Requisitos técnicos de segurança para o projeto, construção e utilização.*

ANIZIO, Fabio. *Processamento de plástico.* Acesso em 10 de out. de 2015, Disponível em: <http://processamentodeplastico.blogspot.com.br/2011/06/historico-maquina-dita-injetora-foi.html> Acesso em: 10 out. 2015.

CAMPELO, Guilherme. *Como funcionam as injetoras de plástico.* Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/como-funcionam-as-injetoras-de-plasticos/45958/>. Acesso em: 10 out. 2015.

CALLISTER, Jr William D. *Ciência e Engenharia de Materiais Uma Introdução.* Sétima Edição Apostila Telecurso 2000 Mecânica. 2005.

DE NEGRI, Victor Juliano. *Sistemas hidráulicos e pneumáticos para automação e controle.* 2001.

DE ABREU, Natanael Ferreira. *Sistema para processo de injeção de plásticos: software de suporte para preparadores e reguladores de máquinas no processo de injeção de plásticos,* 2012.

DOMINGUES Rafael Ulysses. *Especificação técnica para orçamento, projeto e construção de moldes de injeção de termoplásticos.* Faculdade de tecnologia de Sorocaba, 2012.

GINGERY, Vincent. *Segredo de construir uma máquina de moldagem por injeção de plástico.* DGE, 1996.

HANNIFIN, Parker Ind. Com. Ltda. *Tecnologia Pneumática Industrial.* Apostila M1001 BR Agosto-2000.

INDUSTRIES INC., *Manual Morgan. Morgan-Press Injection Molder.* Standard Operating Procedure Morgan Industries, Inc., 2015.

MENDES Atahualpa Moura, Rossini, Gustavo H., Hermann J. B. D. Simon, Murilo Lahr. *Relatório de ensaio de tração com materiais poliméricos.* Faculdade de Engenharia Mecânica UNICAMP, 2007.

MTE Ministério do Trabalho e Emprego. *Legislação – Normas regulamentadoras*. Disponível em: <http://acesso.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>. Acesso em: 08 ago. 2015.

PIATTI, Tania Maria, Rodrigues, Reinaldo A. Ferreira. *Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais*. Maceió: EDUFAL, 2005.

SANDRETTO do Brasil. *Características das máquinas injetoras*. Disponível em: <http://www.sandretto.com.br>.

SILVA, Emílio Carlos Nelli. *PMR 2481 - Sistemas fluido mecânicos: apostila de pneumática*, Departamento de engenharia mecatrônica e de sistemas mecânicos, USP 2012.

TRIGO, Thiago. *Ensaio de Tração*. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/ensaio-de-tracao/>. Acesso em: 15 set. 2015.

WEG. *Eficiência energética em injetoras plásticas*. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-eficiencia-energetica-em-injetoras-plasticas-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

Compactador de latas de alumínio

Aluminium cans of compactor

André Luis B. da Silva¹
Bruno Cesar Picinini¹
Igor Z. Mantovani¹
Jabes W. Andrade¹
Leonardo N. Tozzi¹
Lucas V. B. de Oliveira¹
Fernando Gabriel Eguía P. Soares²
Thiago Santana Aranha³

RESUMO

Este trabalho trata de uma máquina que tem como principal objetivo agilizar o processo de reciclagem de latas de alumínio, atuando na automatização da compactação das mesmas e assim contribuindo para a diminuição do volume no processo de transporte até o setor de reciclagem. O dispositivo foi projetado para satisfazer o setor de empacotamento das cooperativas de reciclagem, onde o método de compactação é manual, que se prova muito lento e pouco eficiente.

Palavra chave: Lata, volume, compactação e transporte.

ABSTRACT

This paper is about a machine that aims to streamline the process of recycling aluminum cans, working on automating the compression of this cans and so contributing to the decrease in volume in the transport process to the recycling sector. The device is designed to meet the packaging industry in recycling cooperatives, where the compression method is manual, which proves to be very slow and inefficient.

Keywords : Can, volume , compression and transportation.

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Prof. Msc. Orientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba,
fernando.egua@yahoo.com.br.

3, Prof. Coorientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

1 - INTRODUÇÃO

As latas de alumínio para bebidas merecem destaque na reciclagem, por terem alto consumo e um ciclo de vida muito mais curto que o apresentado por outros produtos de alumínio. Atualmente, em aproximadamente 30 dias, uma latinha de alumínio para bebidas pode ser comprada, utilizada, coletada, reciclada, envasada e voltar às prateleiras para consumo. Em 2012, somente a etapa de coleta (compra de latas usadas) injetou cerca de R\$ 630 milhões na economia nacional, gerando emprego e renda para milhares de pessoas. Na Figura 1 vemos latas de alumínio antes de algum processo de seleção.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar uma máquina que foi projetada para amassar as latas que são separadas para transporte no processo de coleta. Proporcionará melhora no processo de empacotamento para enviar a mesma até a etapa de reciclagem. Este processo de amassar a “latinha”, geralmente é feito manualmente por pessoas responsáveis pela coleta, de forma que estes funcionários usam equipamentos manuais ou até mesmo os pés para efetuar tal procedimento. O intuito do nosso equipamento mecânico é automatizar este procedimento, através de um sistema de pistão que é usado para amassar as latas de alumínio para bebidas.



Figura 1 - Latas prontas para reciclagem. Fonte: autores.

2 - OBJETIVO

Agilizar o processo de reciclagem de latas de alumínio, que atue na compactação automatizada, que contribua para a diminuição do volume no processo de transporte até o setor de reciclagem. O dispositivo foi projetado para satisfazer o setor de empacotamento das cooperativas de reciclagem, cujo método de compactação é manual, lento e pouco eficiente, além de oferecer risco de danos físicos ao trabalhador.

3 - A RECICLAGEM DO ALUMÍNIO BRASILEIRO

3.1 - Conceito de reciclagem

Reciclagem é o processo de conversão de desperdício em materiais ou produtos de potencial utilidade. Este processo permite reduzir o consumo de matérias-primas, utilização de energia e poluição do ar e da água, ao reduzir a necessidade de tratamento convencional de lixo e a emissão de gases do efeito estufa.

Entre os materiais recicláveis, estão diversos tipos de vidro, alumínio, papel, metal, plástico, tecido e outros. Conceitualmente, a reciclagem é um processo de transformação aplicado a materiais que podem voltar ao estado original, como produtos iguais em todas as suas características.

Difere da reutilização, pois esta consiste no reaproveitamento de um determinado material já beneficiado em outro, com características diferentes, enquanto que a reciclagem utiliza o produto descartado como matéria prima para um processo que chega ao mesmo resultado final. Para exemplificar a diferença entre esses conceitos, podem ser citadas as reutilizações do papel e do vidro que, após passarem por este processo, não voltam a ter características físico-químicas iguais às que tinham antes do beneficiamento. Terão outra cor, textura, composição, densidade, etc., sem a possibilidade de retornar o material reutilizado ao seu estado original.

Já no caso do alumínio, caracteriza-se o processo de reciclagem, pois após a fundição, o metal é transformado em novos produtos, com as mesmas propriedades.

3.2 - O alumínio: da bauxita à prateleira

O alumínio é o metal não ferroso mais utilizado pela humanidade. Está presente no computador, em automóveis, talheres, latas de bebidas, bicicletas e em uma infinidade de itens. Por ser leve, macio, resistente, maleável (dos cerca de 68 metais existentes, é o segundo mais maleável) e resistente à corrosão, é bastante usado nas indústrias.

Apesar de ser um metal abundante na crosta terrestre (8,1%), raramente é encontrado livre. Atualmente, o método mais utilizado para obtenção do alumínio, é através do refinamento da bauxita, que consiste em um processo elétrico a elevadas temperaturas e tratamentos químicos. Um dos problemas desse método é o elevado custo energético (utiliza-se cerca de 14,5 kW/h para a produção de um quilo de alumínio).

São necessárias cerca de quatro toneladas de minério de bauxita para produzir uma tonelada de alumínio primário.

Entre os muitos produtos confeccionados em alumínio, estão as populares latas para bebidas. Se tais latas, depois de consumidas, forem descartadas indevidamente na natureza, demoram de 200 a 500 anos para serem decompostas. Entretanto, a reciclagem do material é cada vez mais popular no Brasil, devido à atratividade da prática. O alumínio pode ser facilmente coletado, pois tem atrativo valor de mercado e relação com meio ambiente: o processo de reciclagem utiliza apenas 5% da energia elétrica e libera somente 5% das emissões de gás de efeito estufa quando comparado com a produção de alumínio primário.

Mais de 98,1% de todas as latas de alumínio do país foram recicladas em 2011, principalmente por cooperativas de reciclagem e catadores de lixo, segundo dados da associação Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). São cerca de 360 mil toneladas de alumínio que passam pelo processo de reciclagem anualmente. O alumínio é um material atraente para o mercado de reciclagem devido ao seu preço elevado: em novembro de 2011, a tonelada de alumínio

reciclado chegava a custar R\$ 300,00, para efeito de comparação, o quilo do papel custa R\$ 0,10 e 20 garrafas PET de dois litros têm o preço de R\$ 0,30.

3.3 - O processo de reciclagem

O processo de reciclagem começa com o recolhimento da sucata do alumínio por ONGs, cooperativas e catadores. Depois da coleta, as sucatas de alumínio são enviadas aos centros de coletas das indústrias de reciclagem, onde passam por esteiras para que todas as impurezas sejam removidas.

A sucata de alumínio é então prensada em fardos e enviada aos centros de fundição, onde passam por um novo processo de triagem. Depois da remoção de todas as impurezas, a sucata de alumínio é colocada em fornos e fundida até alcançar o estado líquido (700 °C), momento no qual é transformada em lingotes ou chapas, que são laminadas e vendidas para as indústrias de alumínio. Assim, o material retorna a cadeia produtiva.

Do descarte à reutilização (fabricação de produtos com alumínio reciclável), o processo dura de 30 a 40 dias.

3.4 - Atratividades no mercado

A reciclagem infinita do alumínio já é reconhecida na Europa desde junho de 2012, sendo inserida na categoria dos “materiais permanentes”, que contribuem de forma relevante com o desenvolvimento sustentável, ocupa posição de destaque perante outros materiais de embalagem.

O Brasil reciclou 239,1 mil toneladas de latas de alumínio para bebidas, das 245 mil toneladas disponíveis no mercado em 2010, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclabilidade (Abralatas) e a Associação Brasileira do Alumínio (Abal). Com isso, a reciclagem atingiu 97,6% das latas comercializadas, o equivalente a 17,7 bilhões de unidades. Consagrando o Brasil, naquele ano, como campeão mundial no setor pelo décimo ano consecutivo.

A Abralatas destaca que a indústria fabricante de latas de bebidas tem acompanhado o aumento da demanda, com investimentos de mais de US\$ 765 milhões.

3.5 - Logística

Na logística, um exemplo interessante da contribuição do Compactador de Latas de Alumínio, pode ser ilustrado: um caminhão com caçamba de 3 m³ comporta aproximadamente 7.535 unidades de latas inteiras, aproximadamente 19.401 unidades, se as latas estiverem amassadas.

4 - ELEMENTOS DE MÁQUINA QUE COMPOEM O PROJETO

Foram utilizados vários elementos de máquinas, que são de suma importância para qualquer projeto mecânico. Neste projeto foram utilizados elementos de transmissão de potência e elementos de fixação: polias, engrenagens, correia, corrente, parafuso, porca, arruela, prego, solda.

4.1 Polias e correias

São responsáveis pela transmissão da velocidade do motor para o redutor, de forma que através dos cálculos, dimensionou-se o diâmetro das mesmas para que o motor pudesse transmitir velocidade e potência necessárias para amassar a lata.

Polia motriz



Figura 2 - Polia motora de alumínio com 160mm de diâmetro. Fonte: Vonder (2015)

Polia movida



Figura 3 - Polia movida de 57mm de diâmetro. Fonte: Refricril (2015)

Correia



Figura 4 - Correia 3L-360. Fonte: KORAX (2015)

4.2 - Engrenagens e correntes

São utilizadas para transmitir a velocidade reduzida do redutor para o “pé de vela”. Posteriormente neste artigo serão apresentados os devidos cálculos.

Engrenagem motriz



Figura 5 - Catraca de 20 dentes. Fonte: Mercado livre (2015)

Engrenagem movida



Figura 6 - Coroa de 46 dentes. Fonte: Ciclo peças (2015)

Corrente



Figura 7 - Corrente 1/2x1/8x114 elos. Fonte: Shimano Cross (2015)

4.3 - Parafusos, porcas e arruelas

Foram usados para fixação e união de peças em seus suportes, como: caixa do pistão, motor e redutor. Este tipo de união leva o nome de móvel, pois permite que sejam colocados e retirados do conjunto sem causar dano algum à peça.

Parafusos

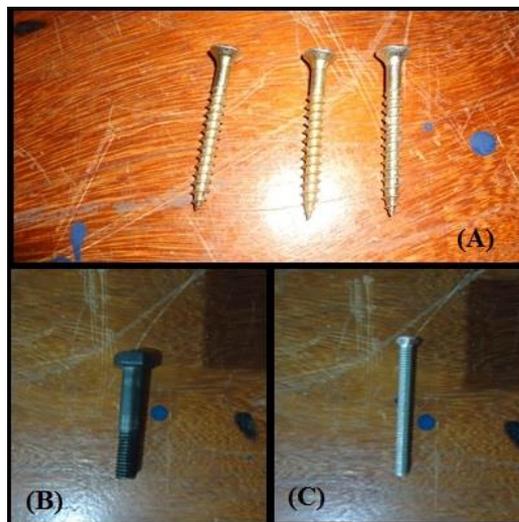


Figura 8 - (A) Parafuso cônico de rosca soberba; (B) Parafuso sextavado; (C) Parafuso de cabeça abaulada de fenda cruzada. Fonte: autores.

Porcas



Figura 9 - (A) Porca sextavada 5/16 pol; (B) Porca sextavada 3/16. Fonte: autores.

Arruelas

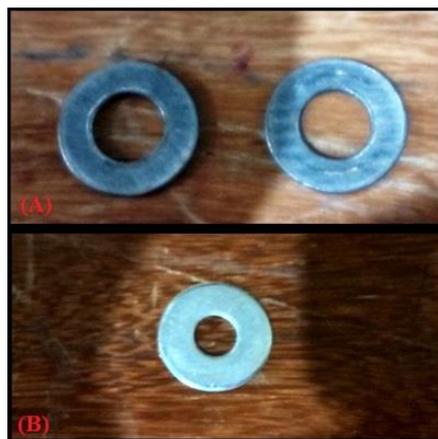


Figura 10 - (A) Arruelas 5/16 pol; (B) Arruelas 3/16 pol. Fonte: autores.

4.4 - Solda

É uma união que leva o nome de permanente, pois não pode ser retirada sem a danificação da peça. Foi utilizada para unir partes como: Suporte do motor e redutor, suporte do “pé de vela”, suporte da esteira e mesa. O processo de soldagem utilizado no projeto foi o MIG (Metal Inert Gás)/MAG (Metal Active Gás), disponível no laboratório da universidade, mais moderno que o de eletrodo, apresenta as seguintes vantagens:

- Não há necessidade de remoção de escória;

- Mais Rápida;
- Soldagem pode ser executada em todas as posições;
- Soldas de excelente qualidade;
- Facilidade de operação.

Trata-se de um processo de soldagem por arco elétrico entre a peça e o consumível em forma de arame, eletrodo não revestido, fornecido por um alimentador contínuo, realizando uma união de materiais metálicos pelo aquecimento e fusão. O arco elétrico funde o arame de forma contínua à medida que é alimentado à poça de fusão. O metal de solda é protegido da atmosfera por um fluxo de gás, ou mistura de gases, inerte (MIG) ou ativo (MAG).

5 - COMPONENTES DO PROJETO

Após ter sido definidos os elementos de máquinas, passemos agora ao que seriam, os componentes principais, ou seja, as principais partes do projeto do Compactador de Latas de Alumínio, mas supondo agora que tais componentes estejam montados de maneira integrada, compondo assim, um protótipo.

Tal protótipo está representado na Figura 11, podendo visualizar uma legenda numerada para cada componente, que está relacionada e especificada na Tabela 1.

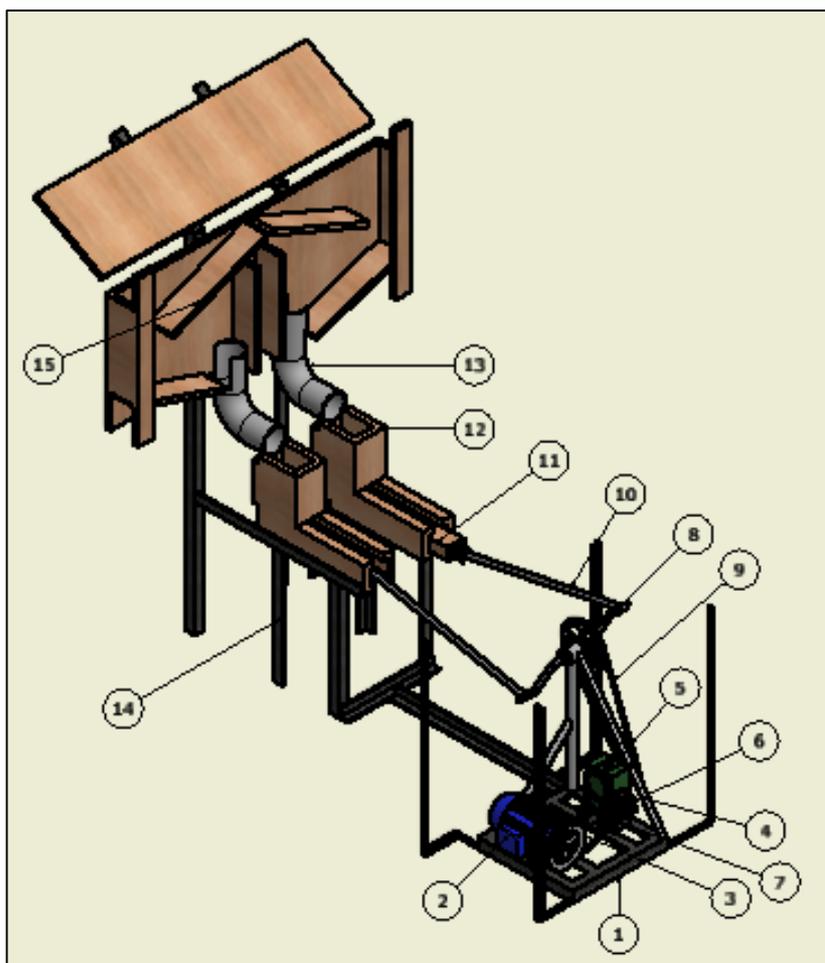


Figura 11 - Representação esquemática da máquina. Fonte: autores.

Tabela 1 . Componentes do projeto (ver números correspondentes na Figura 1). Fonte: autores.

Item	Qtd.	Nome da peça
1	1	Base estrutural
2	1	Motor
3	1	Polia do motor
4	1	Redutor
5	1	Catraca
6	1	Polia redutora
7	1	Correia
8	1	Coroa
9	1	Corrente
10	2	Tubo de transmissão
11	2	Pistão
12	2	Câmara do pistão
13	2	Tubo guia da lata
14	1	Estrutura
15	1	Separador

6 - ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DA MÁQUINA E COMPARAÇÃO COM A CONCORRENTE

O custo foi de R\$ 2.166,74, considerando que as peças seriam compradas novas.

Este custo refere-se apenas às peças utilizadas para o projeto, sem levar em consideração a mão de obra para eventual montagem, que não foi orçado nem incluído no custo.

Comparação com um amassador de latas manuais:

Um amassador de latas manuais custa em média R\$ 35,00, que é um preço muito abaixo do que seria vendido este compactador de latas. Mas analisando e comparando os dois modelos de amassador, podemos verificar qual é mais eficiente. Levando em consideração que o amassador de lata leva 1 segundo para amassar a lata, e 5 segundos para retirar a lata comprimida e colocar uma nova lata para compressão. Os dados da análise está mostrado na Tabela 2:

Tabela 2 - Resultado da análise dos equipamentos. Fonte: autores.

Equipamento	Preço (R\$)	Latas amassadas por minuto
Compactador de latas	2.166,74	106
Amassador de latas	35,00	10

Com relação à quantidade de latas amassadas por minuto, comprova-se que a eficiência do compactador de latas comparada com o amassador de latas é 10 vezes maior. Para que o amassador conseguisse se equiparar na quantidade de produção de latas amassadas por minuto, deveríamos ter em média 10 funcionários executando o trabalho. Isto levaria à um prejuízo de R\$ 8.240,00, considerando um salário mínimo por empregado. Por outro lado, o compactador de latas necessitaria de somente um empregado, economizando R\$ 7.416,00.

7 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto do compactador de latas de alumínio foi elaborado com duas propostas: a principal foi a elaboração de um dispositivo eficiente na redução do volume de latas de alumínio. A secundária consistiu em desenvolver um dispositivo capaz de posicionar a lata de alumínio de maneira correta para dar continuidade ao processo.

O desenvolvimento das mesmas foi dividido em etapas, para melhor compreensão e facilidade de apresentação, que são demonstradas a seguir:

7.1 - Etapas

ETAPA 1: Cálculo da força necessária para amassar a lata de alumínio para bebidas

Levando em consideração as características da latinha, foi feito tal cálculo:
Capacidade total da latinha = 350ml

Sabendo que: $1\text{ml} = 1\text{g} \rightarrow 350\text{ml} = 350\text{g} \rightarrow 350\text{g} = 0,350\text{kg}$

Portanto: $F = m \times g \rightarrow F = 0,350\text{Kg} \times 9,81\text{m/s}^2 \rightarrow F = 3,53\text{N}$

Então a força necessária para amassar a lata é de aproximadamente 4N.

ETAPA 2: Cálculo da força obtida pelo sistema de transmissão por correia e corrente.

Sabendo que a potência máxima do motor é de 1cv e que a velocidade angular no pedivela é de 53rpm, foi feito o calculo da força exercida pelo pistão.

Potência máxima (P_{max}) $\rightarrow P_{\text{max}} = 735\text{w}$

Potência útil (P_u) $\rightarrow P_u = 735 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,98 \rightarrow P_u = 525\text{w}$.

Velocidade (V) $\rightarrow V = \pi \times \phi \times n \rightarrow V = \pi \times (0,17 \times 2) \times (53/60) \rightarrow V = 0,95\text{m/s}$

Força do pé de vela (F_{pv}) $\rightarrow F_{\text{pv}} = P_u/V \rightarrow F_{\text{pv}} = 525\text{w}/0,95\text{m/s} \rightarrow F_{\text{pv}} = 553\text{N}$

ETAPA 3: Dimensionamento da polia motora

Nesta etapa foi utilizado um motor de 1730 rpm com potência de 1cv interligado por um sistema de transmissão por correia a um redutor de 1:40. Visto que seria necessária uma velocidade angular final de 53 rpm no pé de vela, haveria à disposição uma coroa de 46 dentes no pé de vela, uma catraca de 20 dentes no eixo de saída do redutor e uma polia em “v” de 57mm no eixo de entrada do redutor, foram feitos os cálculos do dimensionamento da polia motora ligada ao motor.

Fórmula para o cálculo: $(N_1/N_2) = (D_2/D_1)$

Rotação do eixo de saída do redutor $(N_{es}) \rightarrow (53\text{rpm}/N_{es}) = (20/46) \rightarrow N_{es} = 121,9\text{rpm}$

Rotação do eixo de entrada do redutor $(N_{ee}) \rightarrow N_{ee} = 121,9\text{rpm} \times 40 \rightarrow N_{ee} = 4876\text{rpm}$

Depois de calculada a velocidade angular do eixo de entrada do redutor foi dimensionada a polia de acordo com o cálculo abaixo:

Diâmetro da polia motora $(D_1) \rightarrow (4876/1730) = (57/D_1) \rightarrow D_1 = 163\text{mm}$

ETAPA 4: Sistema de queda para que a lata seja amassada

Foi utilizada uma “esteira organizadora” para fazer com que a lata para chegar ao pistão na posição correta para compressão. A esteira utiliza um separador em “v”, que é responsável pela separação dos pistões, esquerdo e direito. Ligados à esteira estão dois tubos com diâmetro de 100mm (4pol) cada um, o que faz com que a lata ganhe velocidade para cair na posição horizontal no pistão.

Neste processo foi identificado um problema, que seria deixar a lata pronta para ser comprimida, acompanhando a velocidade do pistão. Para resolver tal dificuldade, foi elaborado um teste para avaliar a velocidade do percurso que a lata faz até chegar ao pistão, para depois calcular a velocidade angular do pé de vela.

Tabela 3 - Resultados do teste de velocidade de queda da lata. Fonte: autores.

Distância do percurso (m)	Tempo do percurso (s)	Velocidade do percurso (m/s)
0,95	1,01	0,94
0,95	1	0,95
0,95	0,99	0,96

Após o resultado do teste foi calculada a velocidade média da queda da lata:

$$V_{med} = (0,94+0,95+0,96) / 3 \rightarrow V_{med} = 0,95\text{m/s}$$

Calculando então a velocidade média, foi determinado-se a velocidade angular necessária para que a queda das latas acompanhe a velocidade do pistão, tal que:

$$V = \pi \times d \times n \rightarrow n = (V / (\pi \times d)) \times 60 \rightarrow n = \{0,95[\text{m/s}] / [\pi \times (0,17[\text{m}] \times 2)]\} \times 60 \rightarrow n = 53\text{rpm}$$

7.2 - Normatização

Neste trabalho cabe a norma de segurança do trabalho NR12, que tem como título “Segurança do trabalho em máquinas e equipamentos”, disponível no site do Ministério do Trabalho e Emprego, redação dada pela Portaria SIT n.º 197, de 17/12/10.

7.2.1 -Princípios Gerais

Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantirem a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos; e quanto à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.

7.2.2 - Sistemas de segurança.

As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

A adoção de sistemas de segurança, em especial nas zonas de operação que apresentem perigo, deve considerar as características técnicas da máquina e do processo de trabalho, além das medidas e alternativas técnicas existentes, para atingir o nível necessário de segurança previsto nesta Norma.

Para fins de aplicação desta Norma, considera-se proteção, o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, que podem ser:

- a) Proteção fixa, que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas; (Alterada pela Portaria MTE n.º 1.893, de 09 de dezembro de 2013).

As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.

As máquinas e equipamentos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de materiais, partículas ou substâncias, devem possuir proteções que garantam a saúde e a segurança dos trabalhadores.

As proteções devem ser projetadas para atender os seguintes requisitos de segurança:

- a) Cumprir suas funções apropriadamente durante a vida útil da máquina ou possibilitar a reposição de partes deterioradas ou danificadas;

- b) Ser constituída de materiais resistentes e adequada à contenção de projeção de peças, materiais e partículas;
- c) Fixação firme e garantia de estabilidade e resistência mecânica compatíveis com os esforços requeridos;
- d) Não criar pontos de esmagamento ou agarramento com partes da máquina ou com outras proteções;
- e) Não possuir extremidades e arestas cortantes ou outras saliências perigosas;
- f) Resistir às condições ambientais do local onde estão instaladas;
- g) Impedir que possam ser burladas;
- h) Proporcionar condições de higiene e limpeza;
- i) Impedir o acesso à zona de perigo;
- j) Ter seus dispositivos de intertravamento protegidos adequadamente contra sujidade, poeiras e corrosão, se necessário;
- k) Ter ação positiva, ou seja, atuação de modo positivo; e
- l) Não acarretar riscos adicionais.

As proteções, dispositivos e sistemas de segurança devem integrar as máquinas e equipamentos, não devem ser considerados itens opcionais para qualquer fim.

7.2.3 - Dispositivos de parada de emergência.

As máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.

Os dispositivos de parada de emergência não devem ser utilizados como dispositivos de partida ou de acionamento.

Os dispositivos de parada de emergência devem:

- a) Ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportarem as condições de operação previstas, bem como as influências do meio;
- b) Serem usados como medida auxiliar, e não como alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança;
- c) Possuírem acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização;
- d) Prevalecerem sobre todos os outros comandos;
- e) Provocarem a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocarem riscos suplementares;
- f) Serem mantidos sob monitoramento por meio de sistemas de segurança; e
- g) Serem mantidos em perfeito estado de funcionamento.

A função parada de emergência não deve:

- a) Prejudicar a eficiência de sistemas de segurança ou dispositivos com funções relacionadas com a segurança;
- b) Prejudicar qualquer meio projetado para resgatar pessoas acidentadas; e
- c) Gerar risco adicional.

O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que, quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

A parada de emergência deve exigir rearme, ou reset manual, a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência.

A localização dos acionadores de rearme deve permitir uma visualização completa da área protegida pelo cabo.

8 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como em todo projeto de engenharia, devem ser avaliados os resultados do Compactador de Latas de Alumínio, e verificar se o mesmo atinge os objetivos propostos, quais os bônus e ônus observados na busca do melhor resultado final. A seguir são demonstradas as vantagens e desvantagens do uso do dispositivo aqui apresentado em relação ao sistema atual (compactação manual).

Vantagens

- Não emite nenhum tipo de gás na atmosfera, pois faz uso de um motor elétrico;
- Evita o esforço humano usado para amassar latas;
- Aumento aproximado de 1000% na quantidade de latas amassadas por unidade de tempo;
- Reduz em aproximadamente 1/3 a quantidade de veículos necessários para transporte (se comparado ao transporte de lata sem deformação), logo, reduz a emissão de poluentes;
- Para empresas do setor: redução de quadro de colaboradores.

Desvantagens

- O custo de fabricação é consideravelmente elevado; entretanto, este dado é bastante relativo, visto que aqui se trata de um protótipo;
- Dispositivos baseados no primeiro protótipo demandariam manutenção constante;
- Para empregados do setor: redução de quadro de colaboradores

9 - CONCLUSÃO

Como apresentado, o projeto é importante para o setor de reciclagem de latinhas, pois facilita e agiliza o processo de redução de volumes. O grupo encontrou diversos contratempos no próprio planejamento do projeto, e posteriormente no desenvolvimento de um protótipo, pois ocorreu a dificuldade de certos conhecimentos práticos para a elaboração do mesmo.

No entanto, com os obstáculos vencidos, consideramos traduzir tudo isto como sinônimo de superação.

Referências Bibliográficas

ABAL (2010). Disponível em: < <http://www.abal.org.br/> > Acesso em: 10 de Outubro de 2015.

ABRALATAS (2015) Disponível em: < <http://www.latasa.ind.br/pt/institucional/processo-de-fabricacao> > Acesso em: 23 de Setembro de 2015 .

LATASA (2015). Disponível em: < <http://www.latasa.ind.br/pt/institucional/processo-de-fabricacao> > Acesso em: 01 de Outubro de 2015.

NANI, EVERTON LUIZ (2014) *Reciclagem de Alumínio*. Disponível em: <http://www.suapesquisa.com/reciclagem/reciclagem_de_aluminio.htm > Acesso em: 10 de Outubro de 2015.

SILVA, FALOPA ET AL. (2012). *Projeto de Dispositivo manual para amassar latas de alumínio*. SENAI.

Desenvolvimento de uma máquina para compressão de fórmulas farmacêuticas

Development of a machine for compression pharmaceutical formulations

Cristiano Fiumari Steluti ¹
Danilo Gomes Augusto ¹
Francine Matos Pereira de Souza ¹
Matheus Mendes Salesse ¹
Gustavo Borges Torresan ¹
Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares ²
Thiago Santana Aranha ³

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma máquina de compressão de fácil operação para acadêmicos em Farmácia do Unisalesiano Araçatuba, com o propósito de analisarem os desvios de qualidade na formulação de comprimidos. Utilizando conhecimentos da disciplina de Elementos de máquina, foi projetada uma prensa mecânica excêntrica, com acionamento manual, e os testes realizados resultaram em comprimidos com aparência e resistência adequados.

Palavras-chave: Projeto de máquinas; compressão; prensa excêntrica.

ABSTRACT

This paper presents the development of compression machine of easy operation for Pharmacy academics from Unisalesiano Araçatuba, in order to analyze the quality deviations in the tablet formulation. Using knowledge of machine elements discipline, it was designed a mechanical eccentric press, with manual activation, and the performed tests resulted in tablets with appearance and adequate resistance.

Key words: Machine design ; compression; eccentric press.

1, Acadêmicos de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Prof. Msc. Orientador do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, fernando.egua@yahoo.com.br.

3, Prof. Coorientador do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

INTRODUÇÃO

O propósito de um projeto de máquinas, é dimensionar e dar forma aos seus elementos, escolher os materiais e processos de manufatura apropriados, de modo que a máquina resultante possa desempenhar a função desejada sem falhar (NORTON, 2013).

Durante as aulas de Elementos de Máquina II, a partir de estudos a respeito de metodologia de projetos, foi identificada a necessidade de uma máquina de compressão para confecção de compostos farmacêuticos na forma sólida, para estudos dos acadêmicos em Farmácia.

O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto e a construção de uma máquina de compressão de fácil operação para o Curso de Graduação em Farmácia do Unisalesiano Araçatuba, para estudo dos desvios de qualidade na produção de fórmulas farmacêuticas sólidas, através de compressão direta. Os testes de compressão foram realizados com uma formulação experimental e também excipiente puro (Amido 1500). O equipamento descrito será instalado no Laboratório de Química de Unisalesiano, sendo denominado MCC, como alusão ao primeiro nome do projeto: “Máquina de Comprimir Comprimidos”.

METODOLOGIA

Conceitos farmacêuticos

Comprimido é a forma farmacêutica sólida que contém uma dose única de um ou mais princípios ativos, com ou sem excipientes, obtida pela compressão de volumes uniformes de partículas. Pode ser de uma ampla variedade de tamanhos, formatos, apresentar marcações na superfície e ser revestido ou não (ANVISA, 2010).

Os comprimidos devem conter a concentração correta do fármaco, sua aparência, seu peso e suas dimensões devem ser constantes. O fármaco deve ser liberado de modo controlado e reprodutível, além de possuir resistência mecânica suficiente para resistir à fratura e à erosão no seu manuseio (AULTON, 2005).

A obtenção de comprimidos requer que o material a comprimir possua propriedades físicas e mecânicas específicas, ou seja, capacidade de fluir livremente, coesividade e lubrificação, que ditam o comportamento da formulação durante a compressão e a forma como o sistema liberará o fármaco (SAUSEN, 2007). Poucas vezes o medicamento é formulado somente com o fármaco, utilizando-se então os excipientes, cuja função é facilitar a preparação do comprimido (JUSTI, 2009).

Processo físico da compressão

Comprimidos são originados a partir da aproximação forçada de partículas entre si pela pressão exercida entre dois punções. Podem ser obtidos por compressão direta de fármaco(s) e excipientes ou com etapa prévia de granulação, que pode ser obtida por via úmida ou seca. A via mais simples, rápida e barata é por compressão direta, que envolve somente duas operações: a mistura de fármaco(s) e excipientes e a compressão. Após a origem dos comprimidos, é realizada a análise do controle de qualidade para verificação de aspecto, peso médio, dureza, diâmetro, espessura, friabilidade entre outros (JUSTI, 2009).

Segundo Soares & Petrovik (1999), o procedimento de compressão se resume a seis fases principais: alimentação, compactação, compressão, ejeção, expulsão e pré-alimentação.

As fases da MCC são descritas a seguir e apresentado o sistema na Figura 1:

- (I) Alimentação: a matriz é preenchida pelo complexo farmacêutico a ser comprimido mediante simples fluxo, através da moega;
- (II) Compactação: o punção superior inicia o movimento de decida compactando o complexo;
- (III) Compressão: o fechamento inferior permanece imóvel enquanto o punção superior desce e comprime o material com força;
- (IV) Ejeção: o fechamento inferior desce e bascula, enquanto o punção superior desce conduzindo o comprimido;
- (V) Expulsão: já completamente fora da matriz, o comprimido é expulso com o retorno a posição inicial do punção superior e fechamento inferior a posição inicial;

- (VI) Pré-alimentação: fechamento inferior imóvel, punção superior retorna e a matriz é preenchida.

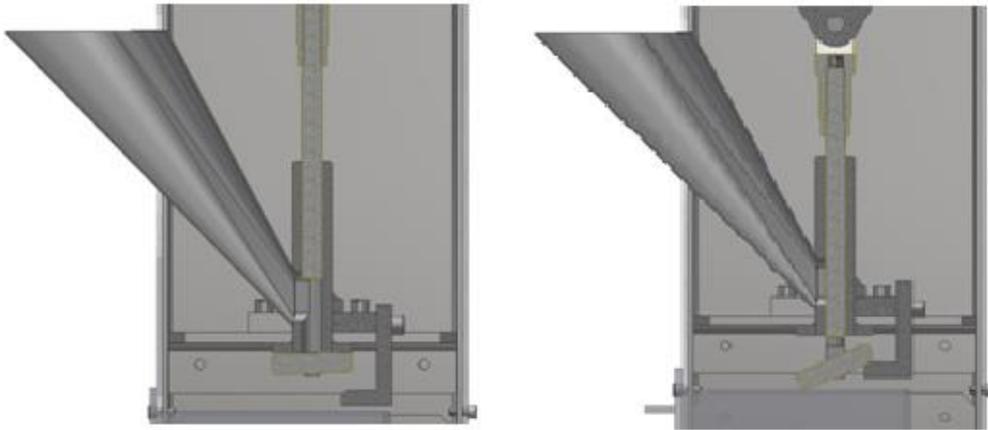


Figura 1 - Sistema de obtenção do comprimido. Fonte: autores.

A aplicação de uma força externa sobre um sistema particulado sólido resulta na transferência de força através dos pontos de contato interparticulares, que promovem deformação no material. Esta deformação pode apresentar comportamento do tipo elástico, plástico ou destrutivo; está relacionada a intensidade da força aplicada e a duração da ação da mesma, assim como as propriedades físicas do material. Determinação das forças que intervêm no processo de compressão permite avaliar tanto o parâmetro de plastoelasticidade, bem como as características do comprimido obtido (dureza, desintegração). Na compressão destacam-se as forças axial superior (FAS), axial inferior (FAI), radial (FR) e de fricção ou atrito (FF) (Figura 2)(SOARES; PETROVIK, 1999).

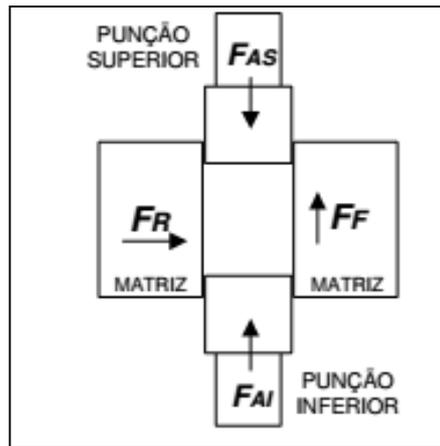


Figura 2 - Representação das forças que agem na compressão. Fonte: Soares; Petrovik, 1999.

A medida de força e deslocamento dos punções é uma ferramenta para a análise dos perfis de redução do volume de pós e a força aplicada. Segundo Soares & Petrovik (1999), a equação de Heckel corresponde à equação mais empregada nos estudos de compactação farmacêutica, a qual considera que a redução dos espaços vazios (porosidade) obedece a uma cinética de primeira ordem com a aplicação de pressão.

$$\text{Log} \left[\frac{1}{1-D} \right] = K \cdot Pa + A$$

Equação 1 - Equação de Heckel, onde D corresponde à densidade relativa do compacto, K e A são constantes determinadas graficamente.

O ciclo de compressão que utiliza a função de HECKEL pode ser separado em três fases. Durante a fase I, quando a pressão aplicada é relativamente baixa, a redução na porosidade pode ser aumentada por fragmentação de partículas. A altas pressões (fase II), deformações elásticas e/ou plásticas são os mecanismos principais. Durante a descompressão (fase III), propriedades elásticas das partículas podem resultar num aumento da porosidade. Os mecanismos gerais de ligação entre partículas (Figura 3) são: pontes sólidas (fusão parcial (1), cristalização (2) e aglutinantes (3)), capilaridade e tensão superficial (4), atração entre partículas sólidas (moleculares e forças eletrostáticas) (5) (SOARES; PETROVIK, 1999).

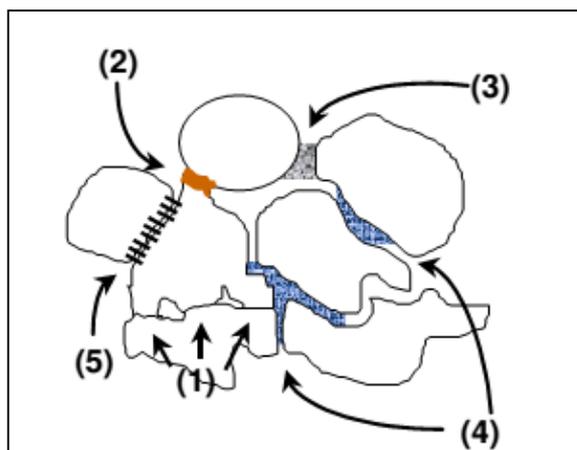


Figura 3- Mecanismo de ligação entre partículas. Fonte: Soares, Petrovik, 1999.

Durante a compactação de pós, alguns fatores influenciam consideravelmente tanto nas etapas envolvidas nas fases de fabricação de comprimidos, quanto sobre o produto final, especialmente no que trata da resistência mecânica dos comprimidos e em menor escala, da sua velocidade de dissolução. Tais fatores podem ser agrupados em três categorias:

1 - Fatores relacionados aos materiais (pós): polimorfismo; tamanho e forma de partículas;

2 - Fatores relacionados às condições de fabricação: dimensão e forma dos comprimidos; velocidade de compressão;

3 - Fatores relacionados à presença de adjuvantes: diluentes; desagregantes; aglutinantes; lubrificantes.

Os testes de resistência mecânica, tais como dureza e friabilidade, são considerados oficiais, constituindo-se em elementos úteis na avaliação da qualidade integral dos comprimidos. Estes testes visam demonstrar a resistência dos comprimidos à ruptura provocada por quedas ou fricção (FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2010).

Normatização

A Indústria Farmacêutica precisa atender a exigências de assepsia, sanitização e esterilização para garantir um ambiente interno e externo adequado ao sistema e ao produto a ser industrializado. Os equipamentos precisam ter uma superfície totalmente livre de ranhuras, degraus, porosidade e ainda serem

resistentes à ação dos elementos manuseados de diferentes agentes químicos utilizados em cada medicamento fabricado (COSENTINO; BERNASCONI, 2014).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, seguindo as recomendações da Organização Mundial da Saúde sobre Certificação de Qualidade de Produtos Farmacêuticos, revisou e propôs um regulamento técnico, a Resolução de Diretoria Colegiada - RDC 17. Quanto aos equipamentos destinados à fabricação de medicamentos, a RDC 17 recomenda a utilização de sistemas fechados como mais apropriado (PRADO NETO, 2010).

A norma regulamentadora NR-12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos. Na NR-12, o Anexo VIII trata de prensas e similares, dispõe sobre sistemas de segurança nas zonas de prensagem aceitáveis. A prensa da MCC foi projetada seguindo os itens desta norma:

a) enclausuramento da zona de prensagem, com frestas ou passagens que não permitem o ingresso dos dedos e mãos nas zonas de perigo;

b) ferramenta fechada, que significa o enclausuramento do par de ferramentas, com frestas ou passagens que não permitem o ingresso dos dedos e mãos nas zonas de perigo (MTE, 2010).

Para a escolha dos materiais utilizados na construção do equipamento, a norma ASME BPEa-2000 recomenda a utilização de aços inoxidáveis Tp 316, Tp 316L ou outros aços inoxidáveis de maior grau (COSENTINO; BERNASCONI, 2014).

FABRICAÇÃO

Tipos de prensa e máquinas de comprimir

Ao escolher uma prensa para uma determinada operação, é necessário conhecer as características das mesmas, de acordo com o tipo de serviço. Para cada trabalho a ser realizado é preciso determinar: a força e o trabalho necessário, as dimensões da ferramenta, o percurso e o modo pelo qual será trabalhado. Os

principais tipos são: balancim, fricção, excêntrica, virabrequim, rótula (KONINK; GUTTER 1980).

São conhecidos dois tipos de máquinas de comprimir comumente empregadas na produção de comprimidos: as máquinas excêntricas, de um único punção para testes ou farmácias de manipulação, e as máquinas rotativas de vários punções empregados na fabricação em série (AULTON, 2005).

Máquinas de comprimir excêntricas possuem uma única matriz e um par de punções. O complexo farmacêutico é mantido em reservatório conectado ao alimentador, posicionado sobre a mesa. O alimentador apresenta o movimento rotacional ou translacional que o aproxima e o afasta da matriz, a quantidade de material particulado que escoar pela matriz é controlada pela posição de punção inferior. Quando o alimentador estiver posicionado distante da matriz, o punção superior desloca-se para baixo e o material particulado é compactado. O punção inferior mantém-se estacionário durante a compressão e a força de compressão é aplicada pelo punção superior e controlada pelo seu deslocamento. Após a ejeção, o comprimido é expulso pelo alimentador, quando se movimenta de volta em direção a matriz, reiniciando o ciclo de compressão (AULTON, 2005).

O sistema precisa ser construído na certeza de que se o produto final obtido não será contaminado durante o processo, não contamine outros produtos do sistema, nem sofra as transformações predeterminadas. Uma vez obtida determinada qualidade de produto final, a mesma deve ser repetida sempre, desde que sejam atendidas as condições de operação e manutenção (COSENTINO; BERNASCONI, 2014).

Componentes da MCC

Os componentes da MCC foram desenhados no software Autodesk Inventor®, após vários desenhos à mão livre para determinação do modo de trabalho do equipamento. São demonstrados o projeto em três dimensões da máquina na Figura 4 e o sistema matriz-punção em duas dimensões na Figura 5.



Figura 4 - Projeto no Inventor®. Fonte: autores.

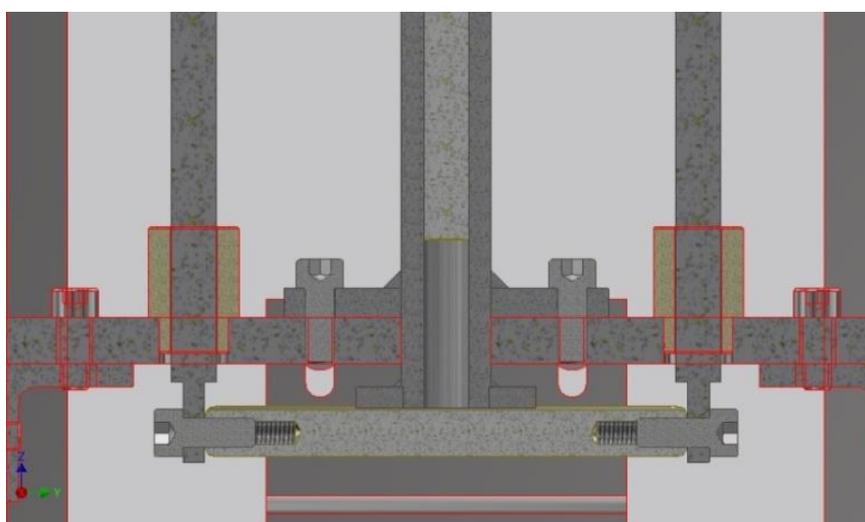


Figura 5 - Representação em 2D do sistema de obtenção de comprimidos. Fonte: autores.

Deste modo, para fácil manuseio, transporte, ergonomia do operador, assepsia, custo para fabricação e material, a MCC de prensa excêntrica com acionamento manual, atenderia as necessidades na área de pesquisa do curso de Farmácia.

Os componentes da MCC (Figura 6) foram usinados em aço cromo-níquel inoxidável AISI 304, austenítico, não-temperável e não-magnético. Segundo a norma americana AISI, a diferença entre aços 304 ou 316 é somente o teor de carbono. As faixas de todos os outros elementos são essencialmente as mesmas. OAs peças passaram por processo de polimento, para acabamento espelhado, o que garantiu estética ao equipamento.

Este aço é amplamente utilizado na fabricação de válvulas, recipientes e equipamentos farmacêuticos e indicado para a fabricação de peças que devem resistir ao ataque de um grande número de substâncias corrosivas (FAVORIT, 2015).



Figura 6 - Componentes da MCC. Fonte: autores..

A prensa foi montada em armação do tipo rígida, com a vantagem de permitir uma grande acessibilidade à mesa, o que facilita a montagem das ferramentas de trabalho (KONINCK; GUTTER, 1980).

Em percursos inferiores a 150 mm, substitui-se o virabrequim da prensa por um excêntrico. A rigidez da árvore é maior e o percurso pode ser variado. Na parte excêntrica da árvore é fixado um anel excêntrico, por uma luva de garras. Esta luva, solidária no giro com a árvore, pode deslizar sobre esta para separar as garras e liberar o anel excêntrico. A posição do anel determina a excentricidade total e, portanto, o percurso (KONINCK; GUTTER, 1980).

Uma embreagem de cames rotativo é colocada dentro de uma ranhura usinada na árvore. O sistema é composto pelos guias em nylon, molas e os cames (ressaltos). A forma do came, em repouso, não ultrapassa o diâmetro da árvore. O sistema é o responsável pela expulsão do comprimido da matriz, pois controla a abertura do limitador.

No eixo, a biela une o excêntrico ao punção, sendo formada por duas partes: corpo articulado no excêntrico, que possui na parte interior do excêntrico, um outro excêntrico que, reposicionado, permite encurtar ou alongar a biela. Esta

regulagem é necessária para obter entre a mesa e o punção, no ponto inferior ao percurso deste, a altura correspondente à ferramenta (KONINCK; GUTTER, 1980).

A biela é responsável pela transformação do movimento rotativo em movimento linear. Em seu interior, foi confeccionada a bucha excêntrica em nylon, conectando-a a outro excêntrico de regulagem e posteriormente travado no eixo por meio de chaveamento.

Os dispositivos para atenderem os itens de segurança da NR-12, são de acrílico incolor com espessura 4 mm., que limita o acesso à zona de prensagem e partes móveis do equipamento.

Problemas técnicos durante a compressão

Alguns problemas estão relacionados com a compressão direta de pós: baixa propriedade de fluxo; aderência do pó aos punções e à matriz; dureza elevada de comprimidos e longo tempo de desintegração; alta variação de peso e concentração do fármaco nos comprimidos; baixa resistência mecânica, deformação e laminação dos comprimidos; adesão ou engripamento do complexo farmacêutico às coroas dos punções e elevada fricção durante a ejeção do comprimido (AULTON, 2005).

Para contornar os problemas que se opõem à compressão direta, é possível recorrer à otimização de diversos parâmetros, como faixa granulométrica apropriada (tamanho e forma das partículas), emprego de adjuvantes (aglutinantes, reguladores de fluxo, desintegrantes) e/ou utilização de dispositivos mecânicos (intensidade e tempo de aplicação da força de compressão). (SOARES; PETROVIK, 1999).

Os problemas de compressão estão relacionados, tanto às propriedades do complexo farmacêutico, quanto ao desenho e às condições da máquina de comprimir. Portanto, o complexo farmacêutico deve possuir propriedades técnicas adequadas e a máquina de comprimir deve ser corretamente mantida, com alimentadores, punções e matriz polidos, limpos e íntegros (AULTON, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O custo com os componentes da MCC ficou em R\$ 600,00. O equipamento possui 600 mm de altura, 300 mm de largura e 460 mm de comprimento. O percurso do pistão é linear e regulável, de 0 a 48 mm com intervalo de 6 mm. A cada volta da manivela que está ligada ao eixo central é confeccionado um comprimido. A partir do acionamento da manivela, com força de 120N é aplicada uma força de 3600N no fármaco.

O equipamento (Figura 7) foi testado com uma formulação experimental que contém o fármaco modelo Quitosana e, em sua maior parte, excipiente puro, o Amido 1500. Os primeiros testes conduzidos com a MCC mostram resultados consistentes: os comprimidos possuíam uniformidade em sua aparência, eram resistentes e se assemelhavam a um comprimido normal.



Figura 7 - MCC na bancada do Laboratório de Engenharias e Arquitetura do Unisaesiano Araçatuba, com as proteções em acrílico instaladas. Fonte: autores.

CONCLUSÃO

A partir do projeto da construção de uma máquina de compressão por alunos de engenharia mecânica, pode-se concluir a importância de estudos nesta área, a fim de que sejam aplicados os conhecimentos teóricos na produção de máquinas.

O desenvolvimento da MCC possibilitou ao grupo a aquisição de novos conhecimentos e habilidades na área de mecânica. Além disso o desenvolvimento do projeto proporcionou experiências enriquecedoras, pois foi necessário seguir o cronograma e buscar as melhores alternativas para todos os problemas que surgiram durante a execução.

Referências bibliográficas

AULTON, M. E. *Delineamento de formas farmacêuticas*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ANVISA (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA). *Farmacopeia Brasileira*. Volume 1, 5ª ed. Brasília, 2010.

COSENTINO, R.; BERNASCONI, E. *Aços inoxidáveis para equipamentos e instalações farmacêuticas*. Artigos técnicos, 2014. Disponível em <<http://www.giltec.net>>. Acesso em 12 de outubro de 2015.

FAVORIT. *Aços inoxidáveis*. Disponível em: <<http://www.favorit.com.br/>> . Acesso em 12 de outubro de 2015.

JUSTI, G. C. *Desenvolvimento e caracterização de comprimidos de captopril 25mg-baseado no medicamento de referência*. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. Junho, 2009.

KONINCK, J; GUTTER, D. *Manual do ferramenteiro: corte-dobragem e embutição das lâminas de metal*. 3ª Ed. São Paulo: Mestre Jou, 1980.

MTE (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO). *NR - 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*. Brasil, 2010.

NORTON, R.L. *Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada*. 4^a ed. Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Bookman, 2013.

PRADO NETO, J.A. Alguns aspectos da nova RDC 17 de BPF e suas implicações. *Revista SBCC*, São José dos Campos, n. 47, jul./ago., 2010.

SAUSEN, T,R.; MAYORGA, P. Excipiente para a produção de comprimidos por compressão direta. Artigo de Revisão. *Infarma*, V. 25, Nº 4, 2013.

SOARES, L.A.L.; PETROVICK, P.R. *Física da Compressão*. Caderno de Farmácia. 15(2): 65-79, 1999.

Engenharia Mecatrônica

Adaptação e automação de prótese biônica por interface cérebro-máquina

Adaptation and automation of bionic prosthesis by brain-machine interface

Fernando Henrique Alves Benedito¹

Crisman Santos²

Bruno Calhiari¹

Marcela Buzati Kasia³

Edval Rodrigues de Viveiros⁴

Eder Pires de Camargo⁵

Cátia Candida de Almeida⁶

RESUMO

A utilização de interface cérebro-máquina (ICM) é um campo de pesquisa e de aplicações promissor. O objetivo deste estudo foi adaptar e automatizar uma prótese de mão por comandos via ICM. Foram utilizados uma ICM Emotiv Epoc conectada via *wireless* a um laptop, no qual instalou-se os softwares da Emotiv e desenvolveu-se um software *Hand Control* para comunicação desses com uma placa Arduino via *bluetooth*. Os pulsos gerados no Arduino foram responsáveis pela atuação nos servomotores da mão biônica. Conclui-se que essa comunicação é uma tecnologia acessível e de baixo custo, mas necessita ser aprimorada quanto à sua acurácia, além de ser primordial atender outras exigências como interfaces com melhor ergonomia e mais praticidade.

Palavras-Chave: automação, interface cérebro-máquina, mão biônica.

ABSTRACT

The brain-computer interface (BCI) utilization is a promising research and application field. The aim of this study was adapt and automatize a hand prosthesis thought orders by

1, Acadêmicos de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Acadêmico de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

3, Acadêmica de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

4, Doutor, docente e orientador deste trabalho de conclusão de curso, do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, edvalrv@ig.com.br.

5, Doutor, docente do Departamento de Física e Química da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Campus de Ilha Solteira.

6, Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

way of BMI. It was utilized a BCI Emotiv Epoc connected by wireless to a laptop in which was installed the Emotiv software, and it was developed the Hand Control software for communicating to an Arduino board by Bluetooth. The pulses generated at Arduino was responsible for bionic hand servomotors actuation. We conclude that this communication is an accessible and low-cost technology, but it needs to improve as to its accuracy, as well as being prime meets other requirements like interfaces with better ergonomics and practicality.

Key-words: automation, bionic hand, brain-machine interface.

Introdução

Atualmente existem diversos modelos de próteses elaboradas para proporcionar o retorno do paciente amputado às atividades de vida diária com o máximo de adaptação, ou seja, o mais natural possível. Todos os sistemas protéticos disponíveis comercialmente requerem certa medida de controle motor voluntário para ativação dessas, o que não é útil para pacientes totalmente paralisados (KALCHER, 1996).

Aproximadamente 185.000 americanos, anualmente, sofrem a perda devastadora de um membro. No Brasil, segundo o último censo (Censo de 2010 do IBGE) 7% dos 45 milhões de pessoas que sofrem algum tipo de deficiência são limitações físicas, cujas causas são variadas como os traumas, os problemas de saúde e as condições congênitas. As mãos são ferramentas funcionais, comunicativas e possuem atributos únicos e os efeitos de sua amputação são profundos (MCGIMPSEY et al, 2014; NGHIEM et al, 2015; BRASIL/SDH-PR, 2012).

Em razão da considerável quantidade de pessoas vítimas por variadas situações de limitações neurológicas e físicas, a neuroengenharia se delineou como um campo interdisciplinar da engenharia e da computação. Engloba, por um lado, os campos da engenharia, matemática, ciências da computação e por outro as neurociências molecular, celular e sistêmica, que abordam os problemas da neurociência básica e clínica (KING et al 2011; THAKOR, 2010).

Neste sentido, um dos campos promissores da pesquisa e a aplicação tecnológica desse conhecimento é a utilização da interface cérebro-máquina, que utiliza medições eletrofisiológicas da atividade cerebral para comunicação com dispositivos externos, dando a volta nos caminhos neuromusculares normais.

Estas determinam a intenção de movimento do paciente por características espaciais e/ou temporais da atividade cerebral (FALLER, 2010).

Os quatro principais passos do sistema da interface cérebro-máquina são aquisição e pré-processamento, extração de características e classificação do sinal. A aquisição do sinal é responsável por registrar as ondas cerebrais e enviá-las ao componente de pré-processamento para aprimorar o sinal e reduzir o ruído. No componente de extração das características, gera-se a discriminação das mesmas para melhorar o sinal, o que diminui o tamanho do arquivo aplicado no componente de classificação. Os classificadores traduzem as características em comandos aos dispositivos (BI, 2013; THORPE, 2005).

Isto traz como consequência imediata o interesse nas áreas da reabilitação cognitivo-motora, notadamente a neurologia clínica, a fisioterapia, a robótica assistiva e até mesmo a psicopedagogia. Essas áreas de utilização da ICM são possíveis devido à utilização de representações mentais, também chamadas de imagieria mental (VIVEIROS, 2013).

Atividades que envolvam a imagieria mental, segundo BRAUN et al. (2013), quando aplicadas na reabilitação motora de pacientes vítimas de lesões cerebrais, produzem efeitos neurocognitivos motores diretamente relacionados com as áreas corticais somatosensórias. Deste modo, surge como resultado, a estabilização de um dado movimento, já que esse, atua no mecanismo de feedback visuomotor. Para tornar as ordens de movimento mais naturais foi escolhida a interface cérebro-máquina da marca “Emotiv Epc” por ser uma alternativa de baixo custo, e ao mesmo tempo com alta eficiência. Para o controle bioelétrico de uma prótese, como uma mão biônica, é necessário que o paciente efetue um treinamento cognitivo a envolver a imaginação (imagieria ou imagética mental) sobre o tipo específico de ação motora que pretende realizar, como abrir e fechar a mão, pegar um objeto com os dedos indicador e polegar etc. (VIVEIROS, 2013).

LAI et al (2007), em sua revisão, verificaram que tão somente essas funções acatadas não atendem todos os problemas e desafios a fim de alcançar os requisitos para uma prótese satisfatória. Tais requisitos – ideais – exigem que os dispositivos sejam fáceis de controlar, confortáveis para utilização e esteticamente agradáveis.

Em adição, dois dos quatro desafios-chave citados por LAI et al (2007) para protetização ideal são: o controle e os sinais eletromiográficos; as respostas inflamatórias das células e tecidos nos implantes dos sensores. Outrossim, as dificuldades para obtenção de sinais eletromiográficos satisfatórios em pacientes com lesões nervosas periféricas (como nos casos de amputações com trauma de plexos) prolongam ou inibem as fases de protetização e adaptação à mesma. Além disso, o alto custo da maioria das tecnologias existentes para utilização de próteses e a grande dificuldade de acesso técnico ao desenvolvimento de tecnologias de reabilitação funcional deram início a um esforço interdisciplinar para tornar esse método de reabilitação acessível, ou seja, desenvolver opção barata e com qualidade semelhante.

Portanto, o objetivo deste estudo foi adaptar e automatizar uma prótese de mão por comandos via interface cérebro-máquina.

Materiais e métodos

Casuística

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do UniSALESIANO de Araçatuba, com número CAAE 32241414.1.0000.5379.

Materiais

Os componentes básicos do hardware do projeto incluem: uma ICM *Headseat Emotiv Epoc* (Emotiv SDK Developer Edition) fornecida pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, mais especificamente ao grupo de pesquisa ENCINE – Ensino de Ciências e Inclusão Escolar (LEPENCINE), e ao Laboratório de Estudos e Pesquisas coordenados pelo professor Dr. Ede Pires de Camargo, do Departamento de Física e Química, da Unesp de Ilha Solteira, Escolar; um laptop com processador Intel® Core™ i5-4200U 1.6GHz, 4,00Gb de memória RAM; uma mão adaptada de um projeto Open Source (LEMUS, 2014) impressa em impressora 3D; um Arduino; seis servomotores; uma base de acrílico para suporte da mão e dos servomotores

(desenvolvida no projeto PIBIC/CNPq – Adaptação e Automação de Prótese Biônica Através de Interface Cérebro-Máquina).

Arduino

O Arduino é uma plataforma de hardware *open source* de camada simples de software implementada na placa, que é *bootloader*, e tem interface amigável para computador a utilizar linguagem *Processing*, baseada em C/C++. Esse *bootloader* dispensa programação e gravação de PIC e facilita a atualização e correção de *bugs* (SOUZA, 2011).

Servomotores

De acordo com as necessidades e características do projeto optou-se, como atuador, pelos servomotores *SG90 9g Micro Servo*, que opera a uma tensão de 4,8V, a uma velocidade de operação de 0,1s/60°, largura de banda morta de 10µs e torque estacionário a 4,8V de 1,8kgf·cm.

Software Emotiv

O software *Emotiv Xavier EmoKey* converte os eventos detectados em sinais que emulam dispositivos de entradas tradicionais, como teclado que trabalha com codificação ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*).

O software *Emotiv Control Panel* demonstra, sintoniza, treina e testa as detecções da ICM Emotiv Epos.

O software *Emotiv EmoComposer*, tem a função de emular um estado cerebral para teste em aplicações.

Método

É importante citar que os softwares da Emotiv (*EmoComposer* e *EmoKey*) são ferramentas de desenvolvimento e testes para aplicações. Para cada aplicação diferente o *Emotiv Xavier EmoKey* armazena um perfil de atividades. Pode estar conectado diretamente ao *Emotiv Control Panel* para recepção dos sinais da ICM, ou ao *Emotiv EmoComposer*.

Os softwares Emotiv EmoKey e Emotiv Control Panel trabalham com perfis de usuário. Treinamentos realizados por meio do software Emotiv Control Panel dentro de perfis de usuário são simplificados e classificados em padrões de estado mental (sinais elétricos). Esses padrões são identificados como ordens, enviadas para o Software Emotiv EmoKey.

Foi necessário realizar um treino cognitivo com a ICM para tornar possível o controle efetivo da prótese. Esse ocorreu durante 30 minutos diários de atividades com as ordens ou comandos cognitivos de “fechar a mão” e “abrir a mão” com 8 segundos de duração com 30 segundos de descanso segundo o protocolo ECOLIG (MIGUEL, 2010).

Esse treino permite atividades do tipo multissensorial, que podem ser decisivas para que o indivíduo possa, efetivamente, ser capaz de ter um direcionamento neurocognitivo no sentido de uma aprendizagem conceitual efetiva (BENEDITO et al, 2015).

No *Control Panel* o movimento era gravado nos padrões estabelecidos pelo mesmo sendo: “*right*”, “*left*”, “*pull*” e “*push*”. Quando enviado o sinal classificado ao *EmoKey*, o mesmo foi programado para retornar o nome de “*flexão*”, “*extensão*”, “*pinça*” e “*jóia*”. O *biofeedback* foi possível de três formas: com a movimentação do cubo do *Emotiv Control Panel*, da própria resposta da prótese e pela ferramenta de

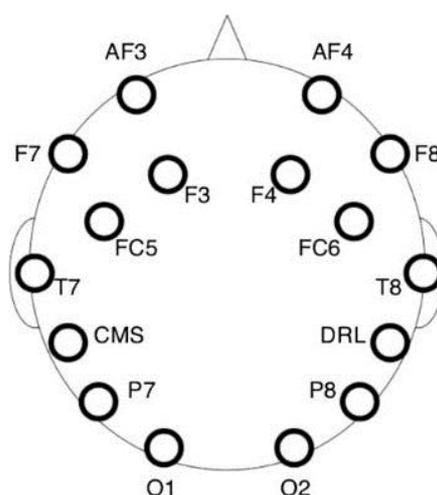


Figura 1. Eletrodos Emotiv. O headset Emotiv EPOC é composto por 14 diferentes eletrodos com dois canais de referência (Fonte: figura atribuída à Emotiv e Emotiv EPOC neuroheadset).

contagem de acertos (ainda em desenvolvimento).

No treino cognitivo, o EEG é registrado pelos 14 canais ativos da interface (Figura 1) numa largura de banda entre 0,2 e 43 Hz, e o algoritmo da mesma “reconhece” os eventos associados à atividade motora ou mensagem cognitiva intencional por inteligência artificial, ou seja, forma um padrão médio da matriz: cada canal (linha) capta a amplitude [μV] e frequência [Hz] do sinal em função do tempo (coluna) em milissegundos [ms].

O diagrama de blocos simplificado (Figura 2) do funcionamento padrão de uma ICM mostra as fases de registro e processamento dos sinais até sua transmissão para a mão biônica.

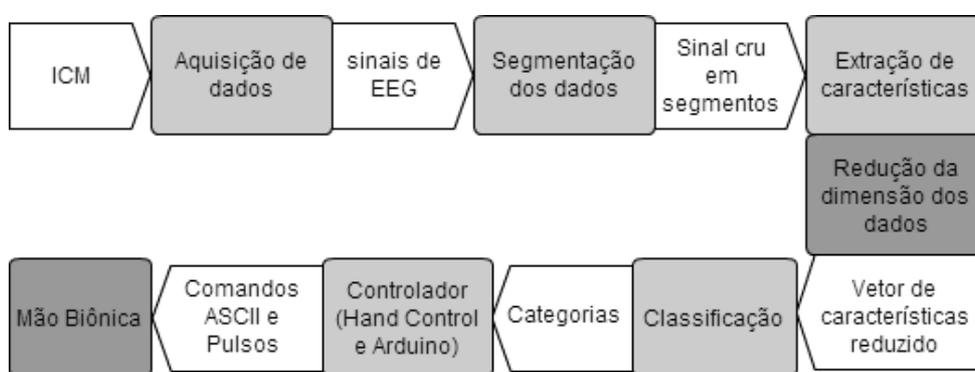


Figura 2. Diagrama de blocos do processamento de sinais e controle da prótese biônica.
Fonte: adaptado de Rechy-Ramirez et al (2015).

Softwares desenvolvidos

Dois softwares foram desenvolvidos em sistema operacional Windows 8.1 e, posteriormente, Windows 10 Pro 64bits. Um software para comunicação e outro, embarcado, para que o Arduino atue nos servomotores. Através de condições lógicas são transformadas em códigos alfanuméricos, transmitidos para o software Hand Control que se comunica com o sistema embarcado na placa microcontrolada Arduino.

Suporte para mão biônica

O suporte para a mão biônica foi projetado em AutoCAD® e cortado em placas de acrílico, com lugares reservados para fixação dos servomotores. Algumas peças são parafusadas e outras foram soldadas com clorofórmio, umas às outras.

Esse tem uma base para acomodação do Arduino, bateria, módulo *bluetooth* e placa de distribuição de energia (CALHIARI et al, 2015).

Mão biônica

Adaptada de um projeto Open Source (Galileo Hand V1.1), a mão biônica foi impressa em 3D, realizando-se um acabamento final para diminuir o atrito nos tendões e torná-la mais antropomórfica. As principais modificações foram feitas no polegar, com a alteração do trajeto do tendão e a adição de um tendão para realização da oponência.

A mão biônica foi confeccionada a partir de fomento do PIBIC/CNPq 2014-2015 para projeto semelhante (CALHIARI et al, 2015), parcialmente financiada pelo Unisalesiano, e parte com recursos próprios dos autores.

Resultados e discussão

O primeiro software desenvolvido, cujo *form* recebeu o nome de *Hand Control*, tem a função de receber os comandos alfanuméricos provenientes do software *Emotiv Xavier EmoKey*; foi desenvolvido em Visual Basic utilizando-se a ferramenta de desenvolvimento Microsoft Visual Studio® 2015. Uma tela deste software é mostrada na Figura 3.

O software realiza a conexão por porta serial ao Arduino. Este possui dois layouts: o layout inicial simplificado, no qual são exibidas apenas ferramentas necessárias para controle por da interface; e outro layout que engloba todas as ferramentas disponíveis para controle e configuração da prótese.

O software é provido de um contador de acertos de operação (ainda em desenvolvimento), no qual será possível aferir o nível de precisão adquiridos com os treinos cognitivos.

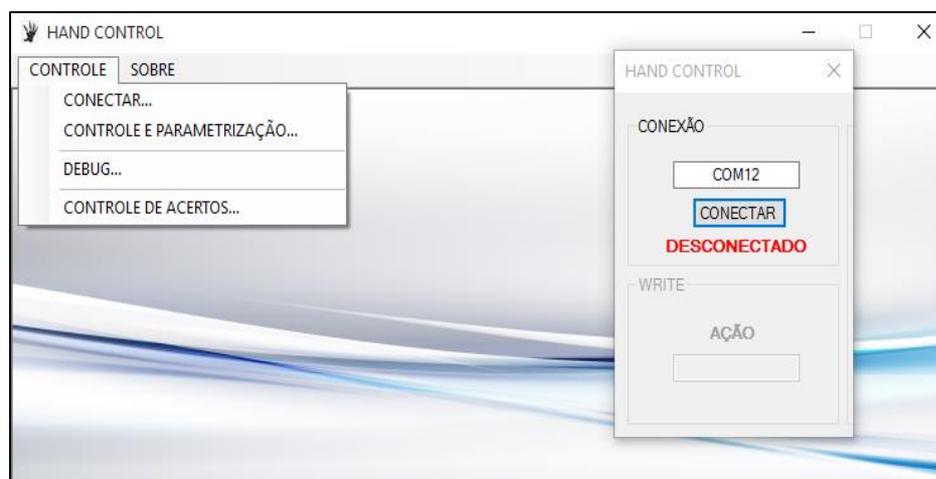


Figura 39. Layout do software Hand Control e a janela de conexão da porta serial.

Fonte: autores.

Conta ainda com uma interface de *debug* (em desenvolvimento) para realizar parametrização, identificação de erros e reconfiguração da prótese.

O segundo, embarcado no Arduino, recebe os comandos alfanuméricos através de comunicação serial realizada por dispositivo *bluetooth*. É responsável pela identificação e execução do comando, e pode ser de movimentos individuais ou simultâneos (movimentar apenas um dedo ou todos respectivamente).

NASCIMENTO et al (2011) em seu trabalho de conclusão de curso encontrou dificuldades na comunicação via *bluetooth* pelo próprio sistema operacional e a necessidade de pacotes do próprio Emotiv SDK para conexão sem o EmoKey. Nenhum desses pacotes, *Bluecove*, *XRTX* e tampouco a instalação do *JFM* eram padrão para sua execução. Logo, foi necessário instalá-los manualmente. Neste estudo utilizou-se o EmoKey, que evitou esse trabalho.

Devido ao longo processo de treino cognitivo para adquirir diversos graus de liberdade, é válido ressaltar que os comandos provenientes dos softwares da Emotiv ficaram restritos a apenas dois movimentos definidos como abertura e fechamento da mão protética.

O controle de aplicativos ou dispositivos por ICM torna-se confuso e difícil a partir do aumento do número de comandos ou atividades mentais simultâneas, pois segundo WANG et al (2007) a ICM normalmente trata uma e no máximo três

atividades mentais por vez. Já neste estudo, foi possível obter até quatro graus de liberdade cognitiva de maneira simultânea, conforme prosseguimentos dos treinos e rotinas estabelecidas. Porém, devido ao pouco tempo de treino cognitivo, foi necessário limitar-se à diminuição dos graus de liberdade da prótese, mesmo que esta permita, mecânica e eletronicamente, o aumento dos mesmos.

PETERMAN (2010), em um estudo semelhante, baseou-se no retorno das funções fornecidas pelo SDK do *Headset* para executar a ação necessária. O objetivo de tal estudo foi identificar quando o usuário olha para um lado ou para outro, ou então para cima, a fim de movimentar determinado servo motor para os lados correspondentes. Isso se dá pela suíte de estados responsáveis pela identificação das expressões faciais, de fácil controle mecatrônico, já que não exige nenhum treino cognitivo (imagery mental) prévio, apenas algum treino miográfico (no caso, oculomotor).

Por outro lado, neste estudo utilizou-se a prerrogativa da imagery mental, com foco na obtenção de parâmetros cognitivos para execução do movimento. Para tanto, na suíte de estados cognitivos, definiu-se como padrão para execução da ordem motora a partir de 20% de potência do sinal enviado ao EmoKey.

Ainda segundo PETERMAN (2010), para que se tenha sucesso nas pesquisas em ICC é necessário ser um pesquisador multidisciplinar e trabalhar com pesquisadores de outras áreas; dominar os conceitos fisiológicos e eletrônicos que envolvem a tecnologia.

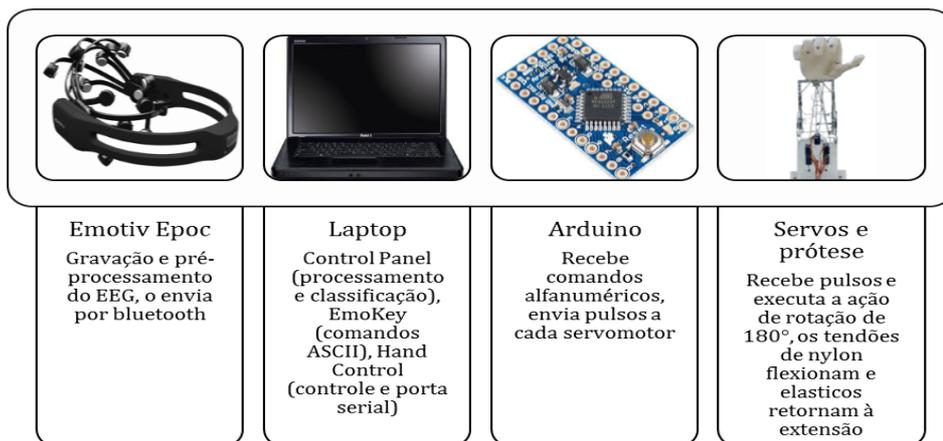


Figura 410. Ilustração dos macrocomponentes e o funcionamento do sistema de controle da prótese. Fonte: os autores.

Para exemplificar tal afirmação, a 4 mostra todos os macro componentes do projeto como a ICM, PC, Arduino, servomotores e prótese. É possível ter ideia da transdisciplinaridade necessária para desenvolvimento de cada um e, posteriormente, suas aplicações. Vê-se na Figura 5 a mão montada sobre o suporte.

Concomitantemente à realização desta investigação, desenvolveu-se testes de confiabilidade na execução dos movimentos em pacientes com amputações de membro superior, assim como coleta de dados de acurácia quanto à intenção e resposta da mesma. Tal investigação está em andamento por intermédio da modalidade iniciação científica PIBIC/PIBIT – CNPq-Unisalesiano.

DUVINAGE et al. (2013) verificaram que, apesar dessa ICM de baixo custo registrar arquivos EEG de forma satisfatória, deve ser utilizada apenas para fins como comunicação ou jogos. Para reabilitação ou controle de próteses, a falta de confiabilidade pode levar a sérias consequências em comparação a dispositivos médicos como o ANT (*Advanced Neuro Technology, ANT, Enschede, The Netherlands*). Em contradição a esses achados, verificou-se neste estudo, a efetividade no controle simples dos movimentos propostos a partir de certo treinamento.



Figura 5. Mão biônica e servomotores montados sobre a base.

Fonte: autores.

Conclusão

Conclui-se que o objetivo da adaptação e automação da prótese biônica por interface cérebro-máquina foi atingido; além disso, é tecnologia promissora e de baixo custo. Essa plataforma de comunicação necessita ser aprimorada quanto à sua acurácia; é primordial atender outras exigências como interfaces com melhor ergonomia, ter maior praticidade e ser mais confortável. Uma sugestão é utilizar o *Headset* auricular e adaptar os softwares para tornar desnecessário o notebook, ou seja, embarcar todas as fases de processamento e aplicação dos sinais.

Outrossim, sugere-se estudos para desenvolvimento dessa adaptação em uma mão mais econômica com adaptação dos componentes eletrônicos no soquete da prótese para aumentar a possibilidade de incorporação e comercialização da mesma.

Apoio técnico científico e financeiro e parceria

Este trabalho teve apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, por intermédio do Programa

PIBIC/PIBIT, na modalidade Iniciação Científica. O projeto teve apoio técnico científico e parceria com o grupo ENCINE – Ensino de Ciências e Inclusão Escolar (LEPENCINE), e com o Laboratório de Ensino e Pesquisa - Ensino de Ciências e Inclusão Escolar – LEPENCINE, sob coordenação do Professor Dr. Eder Pires de Camargo, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP, Campus de Ilha Solteira.

Referências Bibliográficas

BENEDITO FHA, KASIA MB, SANTOS C, CALHIARI B, VIVEIROS ER. *Atividade cortical em EEG dependente do tempo e frequência induzida pelo discurso e tarefa multissensorial em cego durante aulas de física*. Aceito para publicação – UNIVERSITAS, UniSALESIANO, Araçatuba, SP, 2015.

BI L; Fan X-A; Liu Y. EEG-based brain-controlled mobile robots: a survey. *Human-Machine Syst, IEEE Trans*, 43(2):161–76, 2013.

BRAUN, S; KLEYNEN, M; VAN HEEL, T; KRUITHOF, N; WADE, D; BEURSKENS, A. The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 02 August 2013.

CALHIARI B, SANTOS C, BENEDITO FHA, VIVEIROS ER. *Adaptação e automação de prótese biônica através de interface cérebro-máquina*. PIBIC/CNPq, 2014-2015, UniSALESIANO de Araçatuba, SP.

EMOTIV® Systems. *Emotiv SDK Documentation* [disponível em: www.emotiv.com] Acesso em: 16 de Agosto de 2015.

FALLER J, MÜLLER-PUTZ G, SCHMALSTIEG D, PFURTSCHELLER G. An application framework for controlling an avatar in a desktop-based virtual environment via a software ssvp brain-computer interface. *Presence: Teleoper. Virtual Environ*, 19:25–34, 2010.

KING CE, WANG PT, MIZUTA M, REINKENSMeyer DJ, DO AH, MOROMUGI S, NENADIC Z. Noninvasive brain-computer interface driven hand orthosis. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*. IEEE; 5786–89, 2011.

LAI, JCK; SHOEN MP; GRACIA AP; NAIDU DS; LEUNG SW. Prosthetic devices: Challenges and implications of robotic implants and biological interfaces. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine* February 1, 221(2):173-183, 2007.

LEMUS A. *3D printed Galileo Hand V.1*. Attribution, Non - Commercial license. Disponível em: <http://www.instructables.com/id/Como-construir-la-Galileo-hand>. Acesso em: 16 de agosto de 2014.

McGimpsey G, Bradford TC. *Limb Prosthetics Services and Devices. Critical Unmet Need: Market Analysis*. Bioengineering Institute Center for Neuroprosthetics Worcester Polytechnic Institution. Acesso em: 06/09/2015. Disponível em: <http://www.nist.gov/tip/wp/pswp/upload/239_limb_prosthetics_services_devices.pdf>

MIGUEL, PVO. *ECOLIG o protocolo semiótico para comunicação homem máquina que utiliza interfaces do tipo cérebro-computador*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC. Orientador: Prof. Dr. Gilmar Barreto. UNICAMP, 2010.

NASCIMENTO FS, CINTRA FG, NASCIMENTO PSF, TEIXEIRA ON. *Controlando um robô com Brain Computer Interface*. Trabalho de Conclusão de Curso, CESUPA – Centro Universitário do Pará, 2011. Disponível em: <www6.univali.br/seer/index.php/acotb/article/download/6397/3626>.

NGHIEM BT, SANDO IC, GILLESPIE RB, MCLAUGHLIN BL, GERLING GJ, LANGHALS NB, URBANCHEK MG, CEDERNA PS. Providing a sense of touch to prosthetic hands. *Plast Reconstr Surg*. 135(6):1652-63, 2015.

PETERMAN, R. *Uma abordagem sobre interface cérebro-computador e suas aplicações na computação*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Sistemas de Informação UNIPAR, para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação, sob orientação do Prof. Wyllian Fressatti, Paranavaí, 2010.

RECHY-RAMIREZ EJ, HU H. Bio-signal based control in assistive robots: a survey. *Digital Communications and Networks*. 1: 85–101, 2015

SOUZA AR, PAIXÃO AC, UZÊDA DD, DIAS MA, DUARTE S, AMORIM HS. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1):1702, 2011.

THAKOR NV. *Brain Machine Interface for Control of Prosthesis: What Does it Teach about how Brain is Organized and Codes Information?*" Society for Experimental Biology, April 28, 2010.

THORPE J, VAN OORSCHOT P, SOMAYAJI A. Pass-thoughts: authenticating with our minds. In: New Security Paradigms Workshop: 228 S.N. Abdulkader et al. *Proceedings of the 2005 workshop on new security paradigms*, 20(23):45–56, 2005.

VIVEIROS ER. *Mindware Semiótico-Comunicativo: aplicação didática no Ensino de Física para deficientes visuais utilizando uma interface cérebro-computador*. Tese de Doutorado. Orientador: Dr. Eder Pires de Camargo. Coorientador: Dr. Gérard Vergnaud (Université de Paris 8 – Saint Denis). Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho'. Faculdade de Ciências. Bauru, 2013.

WANG Y, HONG B, GAO X, GAO S. Implementation of a Brain-Computer Inter-face Based on Three States of Motor Imagery. In: *Engineering In Medicine And Biology Society*, 2007. EMBS 2007. 29TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, p. 5059–5062, aug. 2007.

Reconhecimento de Sinais Vitais por meio de uma Célula de Carga

Vital Signs recognition by means of a load cell

Francione Martins de Oliveira ¹

Freddy Franz Romero Calcina ²

Julio Atila Alves da Silva ³

Nelson Ivan Oviedo Toscano ⁴

Aline Emy Takiy de Oliveira ⁵

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo detectar possíveis sinais vitais tais como frequência respiratória e a frequência cardíaca por meio de célula de carga. O estudo sugere ampliar a aplicabilidade das células de carga para monitoramento destes sinais vitais em ambientes hospitalares e domiciliares, o projeto tem o objetivo de coletar dados para análise, não sendo um projeto para implementação definitiva. O projeto consiste em: uma célula de carga instalada na plataforma, um Hx711 Amplificador/Conversor de 24 bits e o Arduino Uno para a coleta e configuração da taxa de amostragem para análise deste sinal, o estudo foi desenvolvido com softwares livres, o Python 3.4 e o GNU Octave 4.0 em plataforma Linux.

Palavras-chave: Sinais Vitais; Arduino; Célula de Carga.

ABSTRACT

This study aims to detect possible vital signs such as respiratory rate and heart rate through load cell. The study suggests expanding the applicability of load cells to monitor these vital signs in hospital and home environments, the project aims to collect data for analysis and was not a project to final implementation. The project consists of: an installed load cell in platform, a Hx711 Amplifier / 24-bit converter and the Arduino Uno to the

1, Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba .

2, Acadêmico do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

3, Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

4, Coordenador de Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do Departamento de Eletrônica da Hospimental.

5, Doutora, docente e orientadora, do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

collection and setting the sampling rate to analysis of this signal, the study was developed with free software, Python 3.4 and GNU Octave 4.0 on Linux platform.

Keywords: Vital Signs, Arduino, Load Cell.

Introdução

O custo elevado dos equipamentos e a mão-de-obra são grandes dificuldades na área da saúde. Amenizar o problema com soluções acessíveis e de baixo custo é uma meta incontestável aos que visam um futuro simples e eficiente.

Em 2012 foram constatadas cerca de 194 milhões de internações em todo território brasileiro nos hospitais ligados ao SUS. Na maioria das internações, são monitorados os quatro sinais vitais principais: A Frequência cardíaca, Pressão arterial (PA), Temperatura corporal e a Respiração, na qual, uma de suas características é a frequência respiratória, podendo se obter, também, outros parâmetros dependendo do estado clínico do usuário.

Os leitos hospitalares, em sua maioria, não possuem em seus equipamentos de monitoramento de sinais vitais, parâmetros que sejam analisados em conjunto. No entanto, é possível simplificar e controlar simultaneamente mais de um processo de monitoramento com as tecnologias já existentes. Verificou-se a possibilidade de unir os respectivos conceitos em um só, a partir da ideia de captar sinais vitais por meio de um equipamento de pesagem instalado em camas hospitalares.

Algumas camas hospitalares possuem uma balança acoplada que faz o controle de ganho massa do paciente em casos de internações consideradas graves. As variações periódicas de massa podem ser observadas por meio do estudo dos volumes de ar inspirado e expirado pelos pulmões. Por esta razão, desenvolveu-se neste trabalho, um sistema de aquisição e tratamento dos sinais detectados pela célula de carga, para se analisar a variação do volume respiratório de um paciente, focando, primeiramente a respiração.

Materiais e Métodos

Para o funcionamento do sistema têm-se os seguintes materiais:

- Módulo conversor/amplificador HX711 que realiza a conversão dos valores de tensão do transdutor para valores binários, por meio do circuito ADC de 24bit. O aspecto mais importante do amplificador está no seu ganho de amplificação, configurado através do canal A, que pode ser programado com um ganho de 64 ou 128 vezes. Outro aspecto importante é sua taxa de amostragem que é selecionável sem necessidade de programação, na taxa de 10 ou 80 SPS. Esse amplificador é ideal para trabalhar com grande sensibilidade e por operar com tensão nominal de 5 (volts); essa tensão é fornecida pela maioria dos circuitos microcontrolados e ideal para balanças e controle de processos industriais (AVIA, 2015).

- *Co-Planar Beam Load Cell* é uma célula de carga, um transdutor com um design simples, que suporta uma carga que varia entre 7,5 kg a 150 kg. A célula de carga conta com quatro fios condutores que compõem seu diagrama esquemático, dois fios de excitação e dois de sinal. Esse transdutor é feito com uma estrutura de alumínio, a qual se deforma ao aplicar uma tensão de carga e volta ao seu estado inicial quando esta deixa de ser aplicada (VISHAY, 2014).

- Arduino Uno 10bits é uma placa de microcontrolador baseado ATmega328P livre para fins acadêmicos; com seu design pequeno e robusto, fornece capacidades imensas de oportunidades em seu uso. A placa fornece uma operação de 5 volts que facilita e possibilita o uso de pequenos componentes e seus pinos de entrada e saída que compõem seis pinos digitais, seis pinos analógicos e mais dois pinos para comunicação serial. Essa plataforma é um hardware/software que tem sua própria interface e a linguagem de programação é baseada em C/C++, é ideal para qualquer projeto à nível profissional.

- Python é uma linguagem de programação orientada a objetos de alto nível, de simples interpretação, e fácil compreensão humana. Esta linguagem foi criada por Guido Van Rossum em 1991. Com uma sintaxe muito simples e intuitiva a linguagem pode ser usada por toda classe de usuários (DOWNEY, ELKNER, MEYERS, 2010).

- GNU Octave é um software de cálculo científico que possui capacidade de resolver equações derivativas, integrais e traçar linhas de gráficos; por ser similar

ao MATLAB e ser software livre, foi utilizado neste projeto, no processamento do sinal.

O estudo do reconhecimento de sinais vitais colhidos por meio de uma célula de carga busca introduzir uma nova metodologia de monitorização de sinais vitais de forma discreta, que auxilie na detecção dos sinais vitais do usuário em primeira instância.

A célula de carga utilizada no estudo mede pesos de 7,5 kg a 150 kg, utilizada para coleta de amostras da fabricante Vishay modelo 380; os sinais adquiridos foram amplificados com ganho máximo e digitalizados com um amplificador/digitalizador operacional HX711 24bit ADC da Avia Semicondutor, o qual realizava o pré-processamento analógico filtrando ruídos provenientes da rede e fixando a taxa de amostragem em 10 SPS. Após essa etapa os dados são enviados ao computador, utilizando o Arduino modelo Uno; para armazenamento dos dados emitidos da célula de carga, utilizou-se a linguagem Python na plataforma Linux. Essa linguagem de programação foi adotada por ser de alto nível, multi-plataforma, interativa e livre; para a filtragem e processamento do sinal utilizou-se o GNU Octave.

O estudo foi direcionado no comportamento da célula de carga sem que estivesse integrado à cama hospitalar; futuramente este tipo de aplicação poderá ser aplicado em camas hospitalares que tenham a função de pesagem, sem ocupar espaço, e sem contato direto com o usuário que estiver interagindo com a mesma.

A Figura 1 mostra o caminho do sinal colhido da célula de carga até a análise com seus processos intermediários.

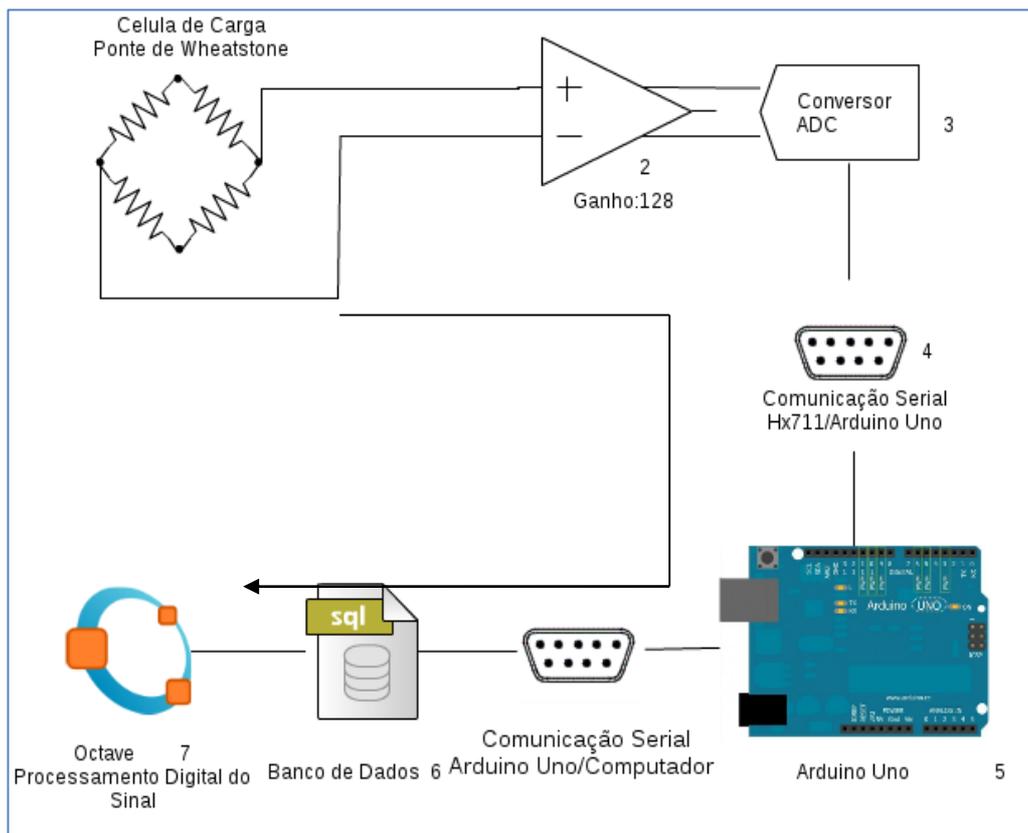


Figura 1 – Caminho do sinal até a análise no GNU Octave. Fonte: autores.

O sinal proveniente da Célula de Carga é amplificado, digitalizado, armazenado e futuramente tratado, analisado e filtrado.

A recepção do sinal proveniente do HX711 chega ao Arduíno, onde apenas são recebidos valores binários; o Arduíno tem a função de converter estes em dados decimais e programar um ganho de 128 vezes no HX711, onde é alimentado pela porta do Arduíno. Sua comunicação é feita pelos pinos digitais 7 e 8, sendo recepção RX e transmissão TX, respectivamente. Segue o fluxograma da coleta do sinal e configuração do HX711 para ganho selecionável de 128 vezes no Arduíno, ilustrado na Figura 2.

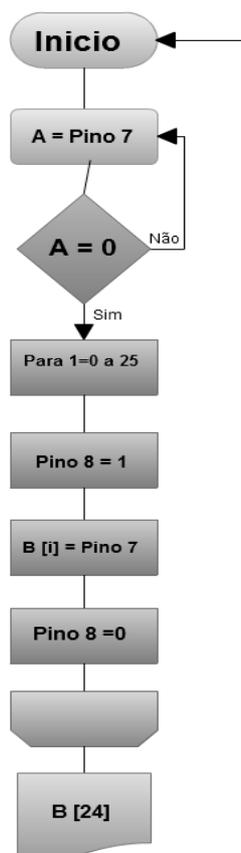


Figura 2 – Fluxograma do sinal digital no Arduino. Fonte: autores.

Análise do sinal

O principal aspecto do processamento de sinais é que ele baseia em processamento de sequência de amostragens. O sinal é captado em sua continuidade no tempo e convertido em amostras de um sinal discreto. Ao se processar um sinal, há a possibilidade de convertê-lo à sua origem, de continuidade no tempo, assim como diz Mello (2015, p.6) [...] Processamento de sinais lida com a representação, transformação e manipulação dos sinais e da informação que eles contêm [...].

A Figura 3 demonstra um teste feito com um usuário sentado na plataforma em repouso, as amostras foram coletadas e salvas em arquivo texto; através do Octave, foi plotado o sinal em função do tempo que mostra uma grande variação nas amostras em cada inspiração e expiração de seus pulmões. Entre as mudanças de estado, pode-se notar que existem ruídos provenientes do ambiente e do

usuário. Foi possível detectar as variações de peso em função do volume de ar respirado, a frequência respiratória foi de sete respirações por minuto, segundo a análise do gráfico.

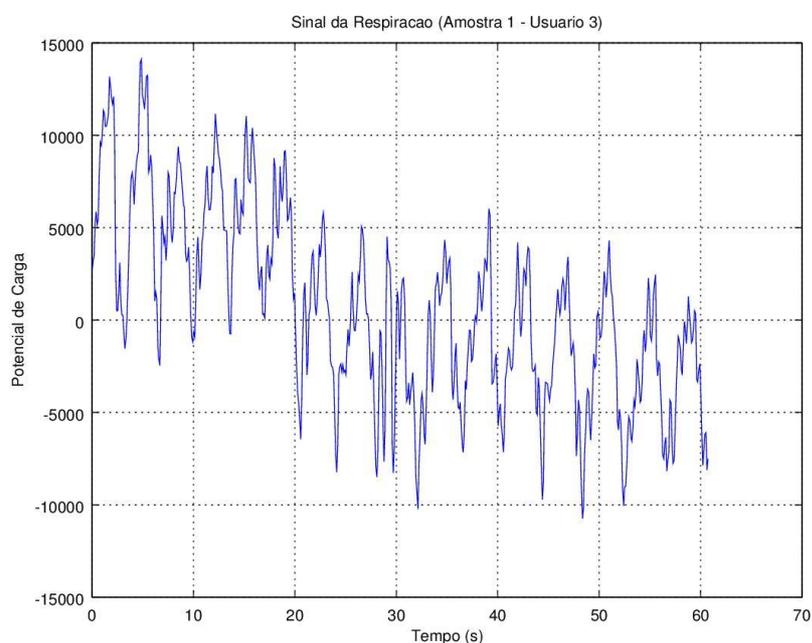


Figura 3 - Gráfico obtido pela célula de carga - variações do peso em função do volume respiratório do usuário. Fonte: autores.

Aspectos fisiológicos

O estudo teórico sobre a possibilidade da detecção desses sinais vitais foi desenvolvido com base no estudo da fisiologia dos órgãos que geram esses sinais, para o monitoramento hemodinâmico do usuário.

Na respiração são feitas as trocas gasosas, do oxigênio e do dióxido de carbono feitos pelos alvéolos pulmonares; tais trocas gasosas geram variações de peso em função do volume desses gases. Um adulto normal em repouso, respira confortavelmente 12 vezes por minuto, em volume corrente.

O volume corrente é o volume de ar inspirado ou expirado, em cada respiração normal, cerca de 500 mililitros no homem adulto (GUYTON & HALL, 2011).

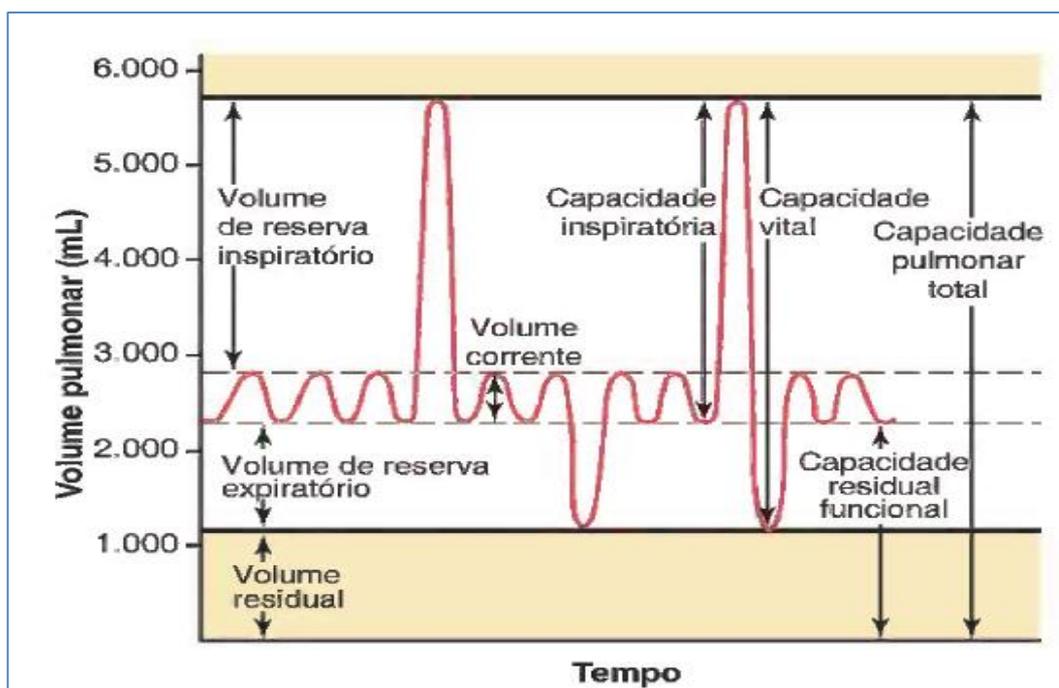


Figura 4 - Diagrama mostrando as excursões respiratórias durante respiração normal e durante inspiração e expiração máximas. Fonte: Tratado de Fisiologia Medica (Gayton & Hall, 2011).

O primeiro estudo foi acerca da respiração, para parametrização da frequência respiratória, sendo este um dos sinais vitais mais importantes da monitorização hemodinâmica. Na figura 3 pode-se notar uma onda senoidal similar a da onda do volume corrente, ilustrada na figura 4.

Os cálculos teóricos utilizados para o peso da massa do ar respirado foi o da massa específica da física dos fluidos.

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} \quad (1)$$

Para o cálculo do volume da respiração, considerou-se a massa específica do ar, sendo 1,21(g/L), á 20°C e 1 atm de pressão (HALLIDAY & RESNICK, 2009).

$$\Delta m = 1,21 \left(\frac{g}{L} \right) \cdot 0,5(L) \quad (2)$$

O peso do ar no fluxo do volume corrente é de 0,605 g.

O estudo analisou outros volumes da respiração, tais como o volume de reserva inspiratório, que é o volume extra de ar que pode ser inspirado além do volume corrente normal quando a pessoa inspira com força total, geralmente,

cerca de 3000 mililitros; o volume de reserva expiratório, que é o máximo volume extra de ar que pode ser expirado na expiração forçada, após o final de expiração corrente normal, normalmente é cerca de 1100 mililitros, como ilustrados na Figura 4 (GUYTON & HALL, 2011).

O peso do volume de reserva inspiratório e o volume de reserva expiratório no estudo consideraram-se de 3,63 g e 1,331 g respectivamente.

ANÁLISE DO SINAL

No processamento do sinal digital foi analisado primeiro no domínio do tempo, em seguida se aplicou a FFT (Fast Fourier Transform) para análise no domínio da frequência, para aplicação do filtro passa-baixas FIR, ilustrado na figura 5.

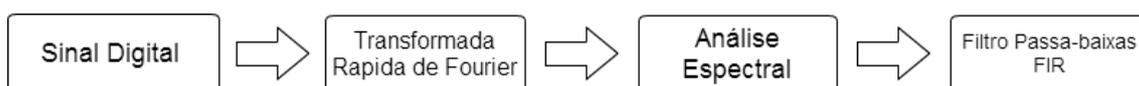


Figura 5 - Diagrama do processamento do sinal digital. Fonte: autores.

Foram analisadas inúmeras amostras, com diferentes amplitudes e frequências de respiração. Na Figura 6, uma amostra feita com usuário sentado na plataforma em repouso; por meio do Octave foi plotado o sinal em função do tempo que mostra uma grande variação na amostra em cada inspiração e expiração que o usuário realizou. Entre as mudanças de estado pode-se notar que existem ruídos provenientes do ambiente e do próprio usuário, sendo possível detectar 16 grandes picos de mesma frequência correspondente ao volume de ar respirado; o usuário realizou 16 respirações por minuto coincidindo com a análise do gráfico.

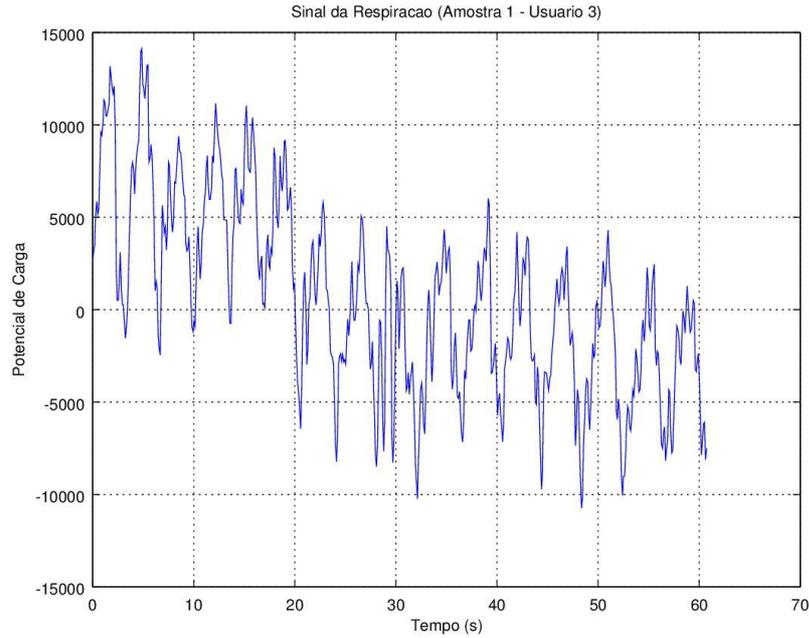


Figura 6 - Gráfico obtido pela célula de carga - variações em função do volume respiratório do usuário. Fonte: autores.

Na Figura 7, o mesmo sinal é analisado no domínio da frequência, para constatação da frequência correspondente às 16 respirações realizadas, para aplicação do filtro passa-baixas FIR, usando o método do janelamento de Hamming, elimina frequências não desejadas.

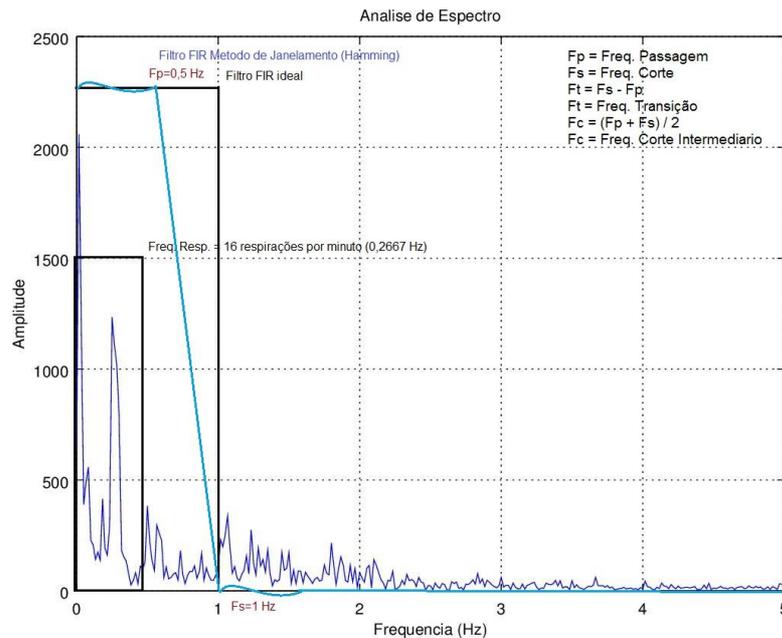


Figura 7 – Análise do espectro do sinal da amostra 1 - Usuario 3. Fonte: autores.

Na última etapa para aplicação do filtro passa-baixas FIR pelo método de janelamento Hamming, foram eliminadas as frequências acima de 1 Hz, definiu-se frequência de passagem igual a 0,5 Hz, frequência de corte igual a 1 Hz, uma vez que a frequência respiratória varia de 0,2 Hz a 0,34 Hz, considerando respirações normais de 12 a 20 excursões por minuto. As frequências de corte intermediário e de transição são para os cálculos do filtro passa-baixas FIR; aplicação essa que se observa na Figura 7.

A frequência da respiração em Hz é dada pela seguinte equação:

$$f_r = \frac{n^{\circ} \text{ de respirações}}{60} \text{ (Hz)} \quad (3)$$

Ao aplicar a equação 3 no número de respirações que o usuário realizou, é possível verificar que a frequência do usuário é 0,26667 Hz, o mesmo observado na figura 8, com amplitude de 1000.

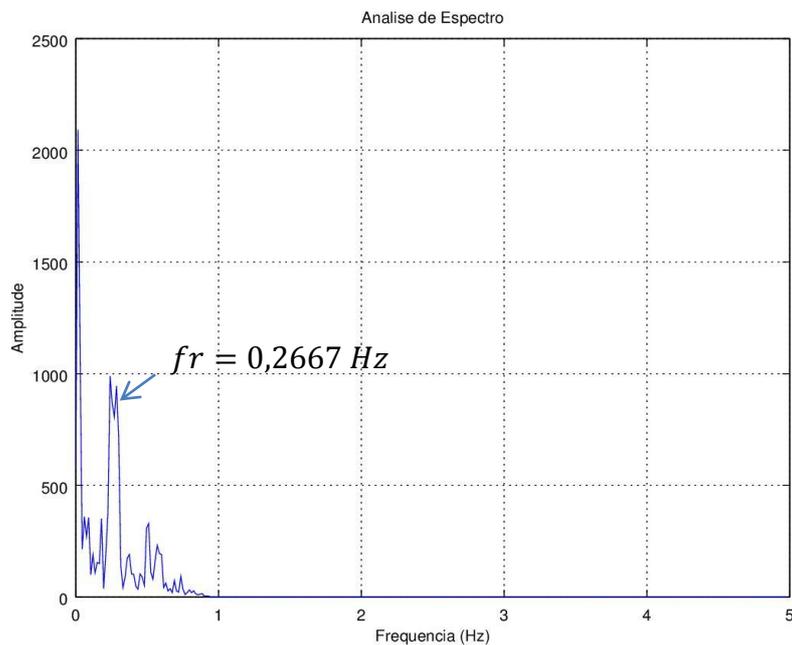


Figura 8 – Análise de Espectro com filtro de Hamming eliminando frequências acima de 1Hz. Fonte: autores.

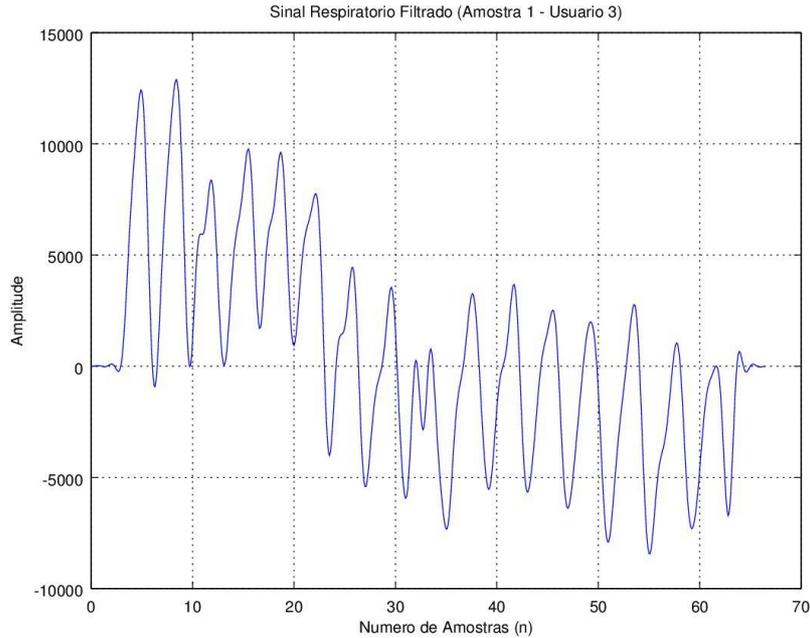


Figura 9 – Sinal Respiratório com filtro passa-baixas FIR – método de janelamento de Hamming. Fonte: autores.

Na Figura 9, com o filtro passa-baixas FIR aplicado, observa-se que a frequência respiratória depois da filtragem está mais evidente com sua forma de onda sem ruídos, e sua amplitude de 10000, diferente da análise sem usuário demonstrado da figura 10.

O estudo analisou o comportamento de célula de carga, sem usuário, para análise espectral, e certificar-se que as amplitudes não influenciam na captação da frequência respiratória.

Na Figura 10, observou-se que, mesmo que a célula de carga não tenha nenhuma carga sobre a plataforma, tem uma variação próxima a 200 no domínio do tempo, para mais ou pra menos, amplitude pequena comparada às amplitudes captadas com o usuário sobre a plataforma.

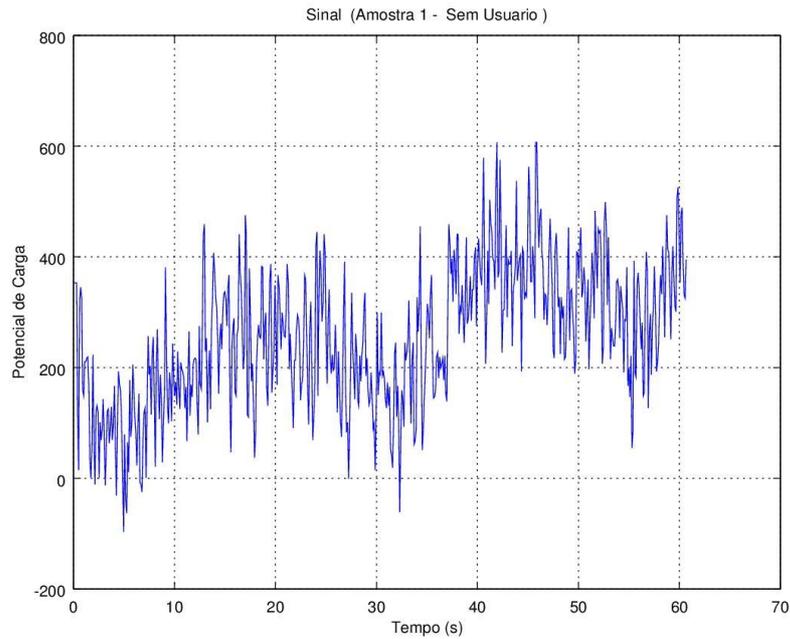


Figura 10 – Sinal sem usuário na balança. Fonte: autores.

Na Figura 11 é apresentado o sinal respiratório filtrado proveniente do usuário, coletado com 13 excursões por minuto. Observou-se uma forma de onda contínua e satisfatória; na 7^a excursão, o usuário fez uma expiração e inspiração total, quando pôde ser medido um pico com mais de 10000 no potencial de carga. Nota-se que a forma de onda da respiração é semelhante a da figura 4, que retrata os volumes correntes, residuais expiratórios e inspiratórios totais.

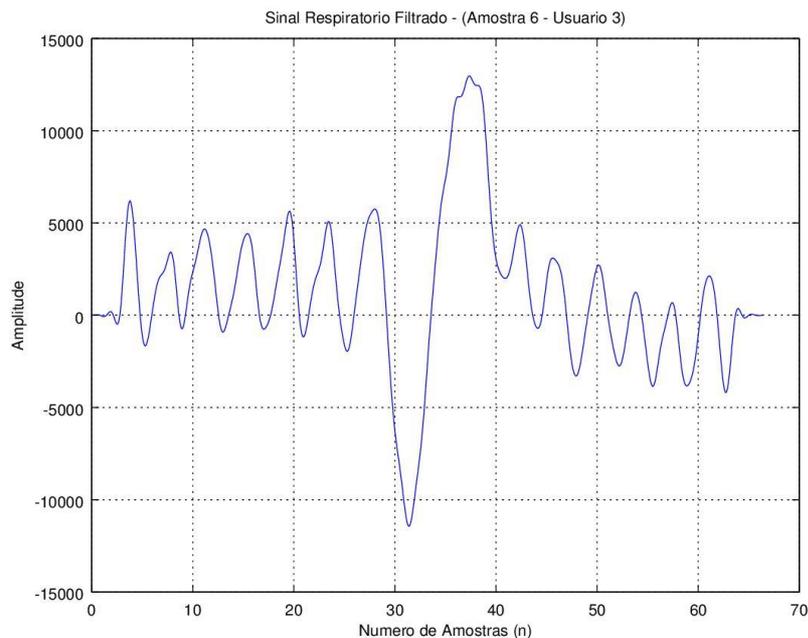


Figura 11 - Sinal respiratório com os volumes reservas inspiratório e expiratório total filtrado da amostra 6 - usuário 3. Fonte: autores.

CONCLUSÃO

Como foi observado na análise do sinal, com e sem usuário sobre a plataforma, é possível acontecer o reconhecimento da frequência respiratória através da célula de carga.

Sobre a análise do sinal sem usuário, observa-se que as amplitudes no domínio do tempo e da frequência são muito pequenas comparadas à análise do sinal com usuário sobre a plataforma, com amplitude 10 vezes maior.

Nas amostras analisadas com o usuário sobre a plataforma, aparecem as suas respectivas frequências respiratórias com ou sem filtro passa-baixas FIR. Contudo, a análise com filtro foi mais evidente nas formas de onda da respiração, sendo elas, o volume corrente, o volume residual inspiratório e expiratório totais, como apresentadas na última amostra da Figura 11.

Os estudos para análise do pulso cardíaco, citado na introdução, exigem mais aprofundamento sobre suas propriedades e técnicas de processamento digital.

Referências Bibliográficas

AVIA SEMICONDUCTOR. *Datasheet: HX711 24-bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*, 2014 .

BORGES, LUIZ E. *Python para desenvolvedores*, 1ªEd, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 12ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier Ed., 2011.

VISHAY PRECISION GROUP. *Datasheet: Co-Planar Beam Load Cell Model 380 Tedeá-Huntleigh*, 2012.

LUNA, E. *5 grandes Problemas Hospitalares para Investir Melhor*. Disponível em: <<https://hmdoctors.wordpress.com/2011/12/14/5-grandes-problemas-hospitalares-para-investir-melhor/>> Acesso em: 20 março 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/SE/Datasus - *Sistema de Informações Hospitalares do SUS - SIH/SUS*, 2012.

Sistema automatizado para posicionamento de painel fotovoltaico

Automated system for positioning photovoltaic panel

Claudemir Aparecido Guerreiro Junior¹

Eduardo Cancian Garcia¹

João Victor Pedron de Oliveira¹

Renan Carlini Martinez¹

Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares²

Daniel Lucas de Oliveira³

RESUMO

Este trabalho apresenta a metodologia desenvolvida para a construção de um dispositivo eletromecânico de posicionamento automático para painel fotovoltaico, de forma que este esteja sempre orientado diretamente ao sol visando o melhor aproveitamento possível da radiação solar direta, o que proporciona um aumento no aproveitamento da radiação solar para geração de energia elétrica. A operação do sistema se baseia na leitura e análise de sensores de luminosidade posicionados estrategicamente e a atuação em motores elétricos para o ajuste do ângulo da estrutura e posicionamento do módulo. Os resultados e a conclusão foram embasados na análise de dados gerados sobre a geração do módulo instalado em estrutura fixa e em estrutura automatizada, com medições realizadas em dias limpos e com pouco índice de nebulosidade.

Palavras-chave: Energia solar; Painel fotovoltaico; Posicionamento automático; Eficiência energética; Rastreador Solar.

ABSTRACTS

This paper presents the developed methodology for the construction of an electromechanical device for automatic positioning for photovoltaic panel, such that it is always directly oriented to the sun aiming at the best use possible utilization of the direct sunlight, which provides an

1, Acadêmicos do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - UniSALESIANO Araçatuba.

2, Orientador. Docente dos Cursos de Engenharias do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - UniSALESIANO Araçatuba, fernando.eguia@yahoo.com.br.

3, Coorientador. Docente dos Cursos de Engenharias do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - UniSALESIANO Araçatuba.

increase in the efficiency of power generation. The system operation is based on the reading and analysis achieved of light sensors positioned strategically and acting in electric motors for adjusting the angle of the structure and module placement. The results and conclusion were based on data analysis about the generation module installed on the fixed structure and automated structure with measurements performed on clear days and with little cloud index.

Keywords: Solar energy; Photovoltaic panel; Automatic positioning; Energy efficiency; Solar tracker.

Introdução

O homem contemporâneo cada vez mais, extrai os recursos naturais, sem tampouco sem grandes preocupações sobre a escassez dos mesmos. O Brasil enfrenta gravíssimos problemas devido a apagões, crises hídricas e alto custo de energia que ocasionam um grande impacto na economia do país. No entanto, são poucos investimentos neste sentido. Por que não aproveitar o sol, grande e inesgotável elemento da natureza,, o qual contempla todo território brasileiro com sua excessiva luminosidade durante as quatro estações do ano?

Muitos países, como o Brasil, mantêm há alguns anos programas para difusão das chamadas fontes de energias renováveis, que são as fontes naturais capazes de se restabelecerem. Com o desenvolvimento de pesquisas e aplicações começaram a favorecer o chamado grupo “Outras Fontes”, que de 1973 a 2006, teve um aumento de aproximadamente 500 % na participação da matriz energética mundial, segundo dados da Key World Energy Statistics da International Energy Agency (IEA, 2008).

Essas fontes renováveis correspondem a 13,77 % da produção total na matriz energética nacional, segundo dados a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2014).

O aproveitamento da energia gerada pelo sol é considerado inesgotável na escala de tempo terrestre. Atualmente, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano (CRESESB, 2014).

Quando a luz solar entra na atmosfera da Terra, parte é absorvida, parte é dispersa e uma fração atravessa as moléculas da atmosfera sem ser afetada, sendo refletida ou absorvida pelos objetos ao nível do solo. Assim, as componentes de radiação são denominadas em radiação direta, radiação difusa e radiação refletida ou albedo.

A radiação direta é aquela que provém diretamente da direção do Sol e atinge perpendicularmente o plano da superfície receptora. A radiação difusa é proveniente de todas as direções e chega à superfície após sofrer espalhamento pela atmosfera, como acontece em dias nublados. A radiação refletida provém do ambiente que a rodeia, quando a superfície está inclinada em relação à horizontal, proveniente de gramado, concreto, água, entre outros, e é denominado “albedo” que representa o coeficiente de reflexão destas superfícies (VIANA, 2010).

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia para geração de potência elétrica, através do efeito fotovoltaico.

O efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma diferença de potencial em uma célula solar fotovoltaica, geralmente constituída de materiais semicondutores tipo P e N. Quando a junção desses materiais é exposta a radiação solar os elétrons na banda de valência saltam para a faixa de condução, produzindo corrente elétrica no interior do material, que pode ser aproveitada com a ligação de um condutor entre as camadas (CEPEL, 2014).

Segundo CEPEL (2014), os módulos fotovoltaicos convencionais, de silício, possuem eficiência entre 8 e 15 %; devido a esse fator é necessário grandes áreas cobertas por módulos fotovoltaicos para uma geração de valor significativamente elevado.

Para máximo aproveitamento energético ao longo do ano, o ângulo de inclinação do gerador fotovoltaico deve ser igual à latitude do local onde o sistema será instalado. No entanto, variações na inclinação não resultam em grandes mudanças na energia gerada anualmente e a inclinação do gerador fotovoltaico pode estar dentro de 10° em torno da latitude do local. A latitude da área disponível para instalação dos módulos fotovoltaicos rígidos corresponde a aproximadamente $-22,48^\circ$; portanto, o ângulo de inclinação dos módulos pode estar entre $-12,48^\circ$ e $-32,48^\circ$ sem grande redução em sua eficiência anual (CEPEL, 2015).

CEPEL (2015) cita também que para o funcionamento adequado dos geradores fotovoltaicos, os mesmos devem ficar sempre apontados para a linha do equador. No caso do Brasil, que se encontra no hemisfério sul, eles devem ser direcionados para o Norte verdadeiro.

A instalação dos módulos em um local com orientação fixa é mais típica, porém, com o deslocamento do sol ao longo do dia e ao longo das estações do ano, há períodos onde a eficiência na geração é menor, devido ao ângulo do sol e sua influência na incidência de radiação solar no módulo.

Considerando essa situação como um aproveitamento limitado para geração de energia e devido às características do movimento do sol ao longo do dia proporcionar perdas na geração em certos horários, identificou-se a oportunidade do desenvolvimento de um sistema que permite posicionar o módulo sempre em direção ao sol. Deste modo, é possível obter um aumento no aproveitamento da radiação solar, pois o módulo posicionado de forma direta ao sol durante a maior parte do dia proporciona uma geração de energia elétrica com potencial maior que o módulo fixo.

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema eletromecânico para posicionamento automatizado de um painel fotovoltaico através de um circuito de comando microcontrolado que aciona motores elétricos de corrente contínua. Ocorre de acordo com decisões tomadas mediante a leitura dos sensores instalados na estrutura, de modo que o painel esteja sempre posicionado de forma direta ao sol, buscando maior aproveitamento da radiação solar.

Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto procura demonstrar e fundamentar teoricamente que o sistema automatizado é eficiente,

apesar de sua complexidade construtiva e manutenção. Para isso, as escolhas de materiais, técnicas de controle e demais detalhes construtivos serão efetuadas mediante estudo, dimensionamento e consulta do orientador, para que o objetivo desejado seja atingido de forma eficiente.

O desenvolvimento do projeto iniciou-se com a produção de um esboço geral do protótipo realizado pela equipe. Buscou identificar e analisar os pontos importantes em relação à localização dos componentes de controle e atuação do sistema, de forma que durante o seu funcionamento fosse possível efetuar o posicionamento automático do módulo.

A Figura 1 apresenta o esboço produzido pela equipe.

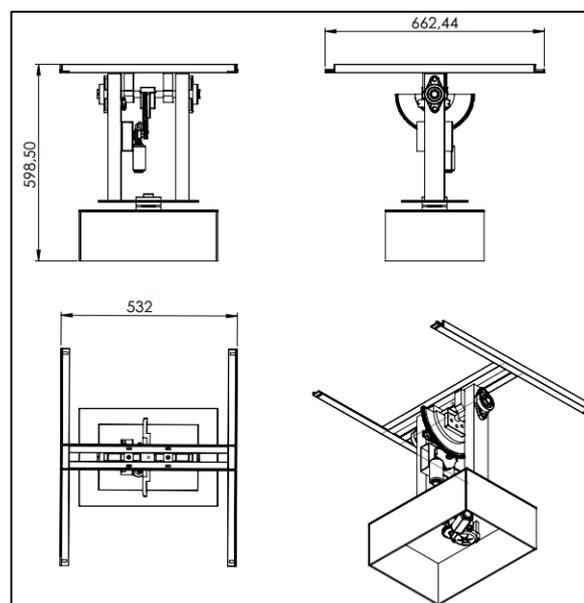


Figura 111 - Croqui do projeto. Fonte: autores.

Com o auxílio do esboço e das anotações foram apurados os componentes necessários para a montagem dos sistemas contidos no projeto. Após a definição dos componentes foram iniciados os processos de desenvolvimento, dimensionamento e modelamento, via *softwares* para a produção do protótipo digital e simulação do projeto.

Consiste na integração de três sistemas:

- Sistema elétrico;
- Sistema mecânico;
- Sistema de controle.

Sistema elétrico

O Sistema elétrico é o responsável por efetuar o condicionamento de potência gerada pelo módulo fotovoltaico destinado a alimentar o sistema de controle, armazenamento e cargas previamente dimensionadas. Os principais componentes do sistema são compostos por:

- Módulo fotovoltaico 95 W;
- Controlador de carga 10 A;
- Bateria estacionária 40 Ah;
- Inversor DC/AC – 12 V/127 V – 500 W;

O módulo fotovoltaico é o componente essencial do projeto e tem a função de gerar a energia elétrica. É composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos de forma a se obter tensão e corrente nominais do módulo (CEPEL, 2014).

O módulo fotovoltaico utilizado é o modelo comercial do fabricante Yingli Solar, com potência de 95 Wp e eficiência energética de 14,3 %.

O controlador de carga é o componente eletrônico incluído na maioria dos sistemas fotovoltaicos com os objetivos básicos de facilitar a máxima transferência de energia do arranjo fotovoltaico para a bateria e protegê-la contra cargas e descargas excessivas, aumentando, conseqüentemente, a sua vida útil.

Para o armazenamento da energia elétrica produzida, o projeto conta com uma bateria estacionária, de modo que durante a noite, onde não há geração fotovoltaica seja consumida a carga armazenada na bateria.

As baterias estacionárias são direcionadas tipicamente para aplicações onde permanecem em regime de flutuação e são solicitadas ocasionalmente para ciclos de carga/descarga (CEPEL, 2014).

O modelo escolhido para o projeto é a bateria estacionária da empresa fabricante Bosch com capacidade de 40 Ah, pois mediante dimensionamento, a mesma proporcionaria autonomia adequada ao projeto, além possuir um bom custo benefício.

A maioria dos equipamentos eletroeletrônicos vendidos em mercado são alimentados em corrente alternada, como televisores e computadores. Como a bateria fornece eletricidade em corrente contínua, para alimentar esses

equipamentos, é necessário o condicionamento dessa corrente para corrente alternada, cujo processo é realizado pelo inversor de frequência.

Para a alocação e proteção dos componentes do sistema elétrico e de controle, foi utilizado um quadro elétrico, no qual estão instalados o controlador de carga, bateria, inversor, circuito eletrônico, botoeiras, sinalizadores, e voltímetro/amperímetro digital.

Todo o sistema foi dividido em circuitos e conectado a chaves seccionadoras, que podem ser desligados de forma independente entre si, possibilitam desacoplamento do módulo ao sistema de coleta e a bateria do sistema de carregamento, além da possibilidade de desligar o sistema de automação, tornando a estrutura fixa.

Para a supervisão de grandezas elétricas, tensão e corrente, foi utilizado um voltímetro/amperímetro com *display* na parte frontal do quadro, que indicam o quanto o sistema estará gerando de energia.

Sistema mecânico

O sistema mecânico consiste de toda parte estrutural; foi projetado para fazer a movimentação do módulo fotovoltaico em dois eixos estabelecidos, que através da atuação de motores elétricos, posiciona-o diretamente ao sol.

Os componentes mecânicos foram previamente dimensionados para que a estrutura suportasse as cargas axiais e radiais proporcionadas pelo funcionamento do sistema e pela exposição ao tempo, como ventos.

Para o desenvolvimento da estrutura mecânica e escolha dos componentes, foi utilizado o *software* com licença de demonstração para modelagem mecânica, SolidWorks, versão 2014, da empresa Dassault Systemes. O modelo em projeção proporcionou ampla visão do projeto e precisão das dimensões de cada peça para o momento da usinagem e montagem, além da possibilidade de simulação dos graus de liberdade na movimentação do sistema. A Figura 2, apresenta o modelamento projetado no software.

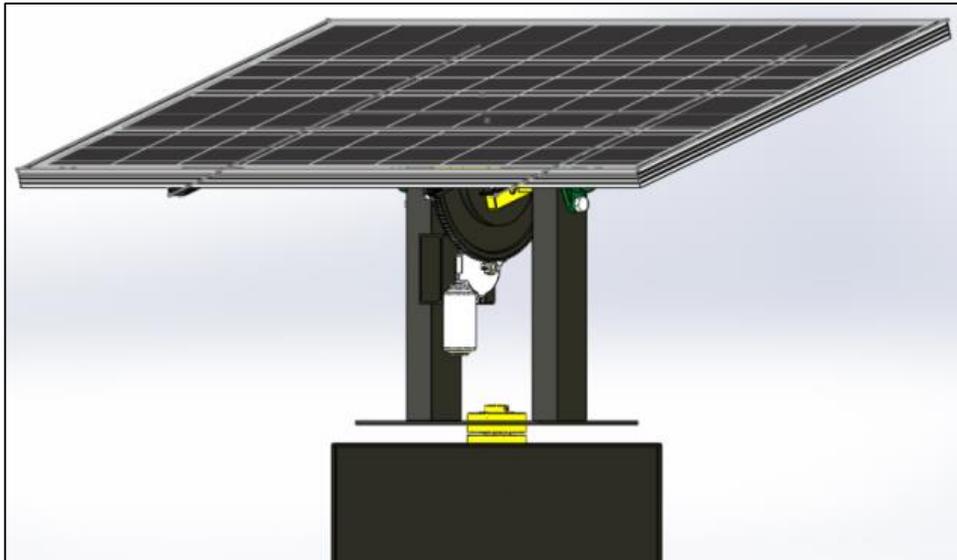


Figura 2 – Modelagem do protótipo. Fonte: autores.

O painel fotovoltaico se mantém fixo em uma estrutura construída com Cantoneiras de Abas Iguais em aço de baixo teor de carbono, com dimensões de 1 pol e 3/16 pol de espessura. A base de sustentação foi construída com chapas metálicas tipo Fina à Quente, de 3/16 pol de espessura.

Na estrutura de sustentação do módulo fotovoltaico foram utilizados dois mancais com rolamentos de esferas, fixados em perfis retangulares de aço galvanizado. Os mancais acoplados ao eixo horizontal, usinados em alumínio permitem a movimentação do módulo através do uso de meia engrenagem para efetuar o posicionamento através do motor elétrico. O eixo horizontal foi usinado em aço trefilado 1020.

Na parte superior da base de sustentação, foram instalados flanges com rolamentos de esferas, que permitem o grau de liberdade da estrutura que sustenta o módulo. O segundo motor elétrico faz a movimentação da estrutura superior onde o módulo é fixado, por meio do acionamento da engrenagem acoplada ao eixo vertical.

Para obter a rotação desejada nos dois eixos conectados, foi utilizado um sistema de redução com engrenagens. No motor que aciona o eixo superior para inclinação do módulo, o sistema de redução é de 14:1. No motor que rotaciona a estrutura na parte inferior, a redução é de 4:1.

Os cálculos de dimensionamento foram efetuados mediante consulta no livro Elementos de Máquinas (MELCONIAN, 2008).

A estrutura construída utilizou o processo de soldagem dos componentes. O processo de solda utilizado é denominado MIG (do inglês *Metal Inert Gas*). A solda MIG é um processo altamente produtivo, soldado por meio de um arco elétrico entre a peça e o arame de solda, que é depositado constantemente por um alimentador contínuo (motor de arame). O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás inerte (FORTES, 2005).

Sistema de Controle

O circuito de controle consiste basicamente de um conjunto de sensores de luminosidade posicionados nas extremidades do módulo, onde a leitura da luminosidade envia um sinal analógico para o microcontrolador, que fará a análise da diferença entre sensores de um mesmo eixo, horizontal e vertical, e atuará sobre dois motores elétricos, que trabalha em conjunto com a estrutura mecânica e efetua o posicionamento do módulo.

O projeto do circuito de controle foi desenvolvido e simulado no *software* com licença de demonstração, Proteus Isis Professional, versão 8.1, do fabricante Labcenter Eletrônicos, Figura 3.

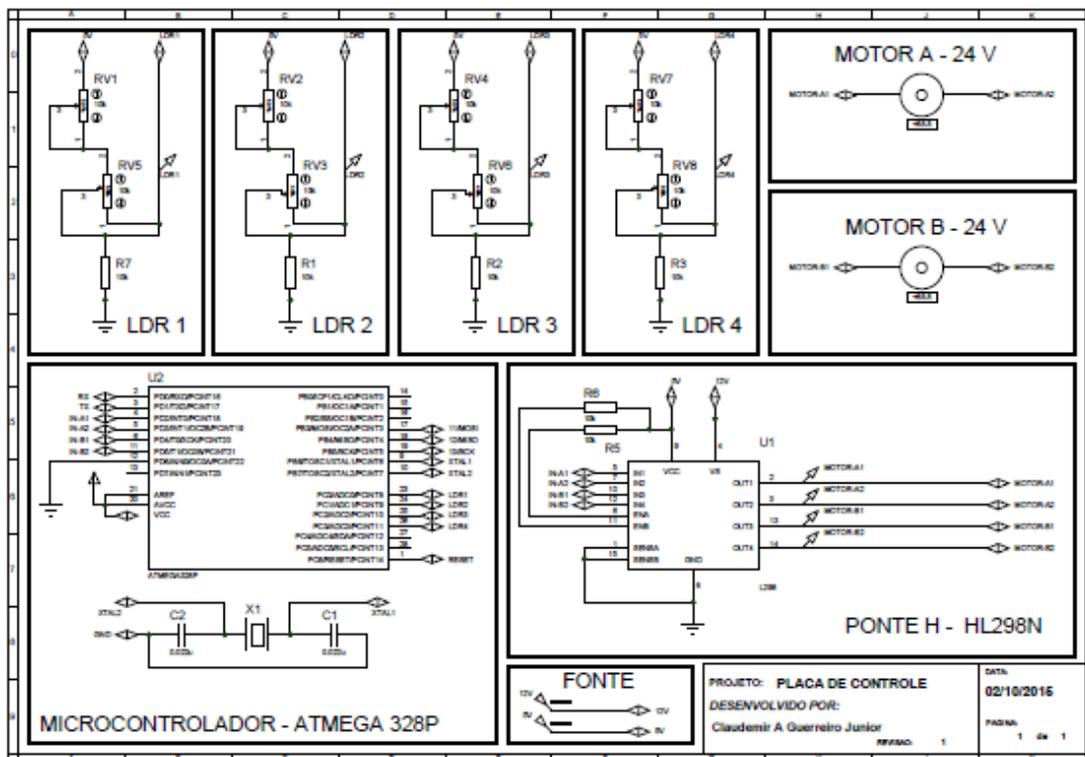


Figura 3 - Esquema eletrônico do circuito de controle. Fonte: autores.

Dentre os componentes eletrônicos utilizados, destacam-se os sensores de luz, motores elétrico DC, ponte H e microcontrolador.

Os sensores de luz são compostos por um LDR (*light dependente resistor*) e um trimpot (*trimmer potentiometer*) de ajuste. O LDR é componente construído a partir de material semicondutor com elevada resistência elétrica. Quando a luz que incide sobre o semicondutor tem uma frequência suficiente, os fótons que incidem sobre o semicondutor libertam elétrons para a banda condutora que irão melhorar a sua condutividade e assim diminuir sua resistência (PEREIRA, 2012).

Os sensores foram posicionados nas extremidades do módulo de modo que possibilite efetuar a leitura do nível de iluminação no sentido horizontal e vertical do módulo e obter uma diferença entre os sensores quando houver um desalinhamento com a fonte luminosa. A Figura 4 apresenta um esboço da proposta de posicionamento dos sensores.

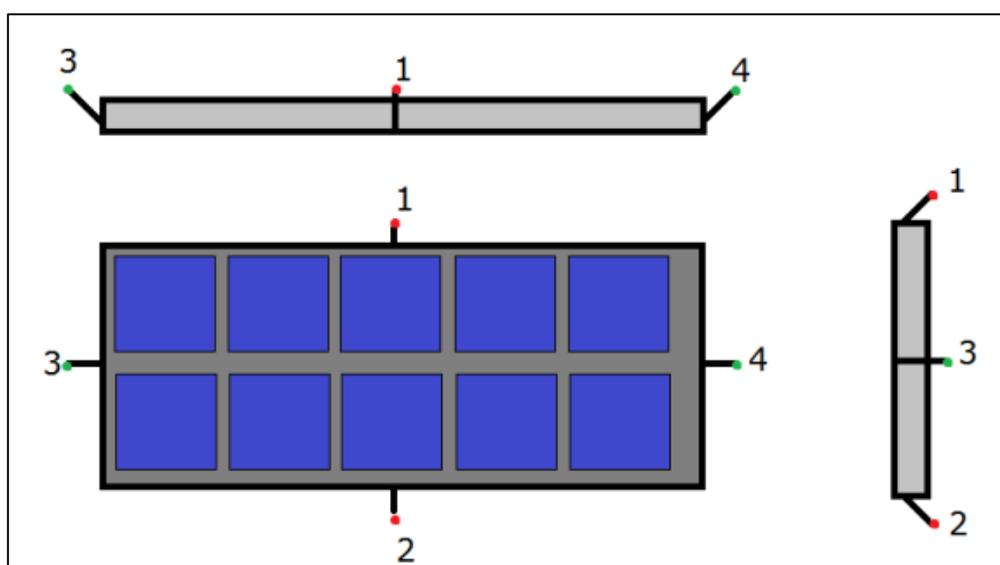


Figura 412 – Esquema das vistas horizontal e vertical do posicionamento dos sensores de luz. Fonte: autores.

Cada sensor foi instalado com uma abertura de aproximadamente 45° em relação à borda do módulo; as diferenças de iluminação entre os sensores indicam o deslocamento da fonte de iluminação em relação ao centro do seu eixo de posicionamento.

Se a fonte de iluminação estiver deslocada para cima do eixo horizontal o sensor 1 deverá apresentar resistência menor que do sensor 2, pois devido ao

ângulo de 45° em seu posicionamento, este receberá maior quantidade de fótons que o outro sensor. A diferença de valores entre os sensores será analisada pelo microcontrolador e a partir da lógica programada atuará no motor elétrico deslocando o módulo para cima até que o sensor de baixo atinja um valor muito próximo ao de cima, indicando o alinhamento central da fonte de luz.

O projeto utiliza dois motores de corrente contínua, com tensão de operação nominal 24 V. Esse modelo possui torque elevado devido à presença de uma redução mecânica acoplada ao motor; esses motores podem ser encontrados facilmente no mercado, geralmente destinados a utilização em sistemas de vidro elétrico automotivo. Os motores atuam nos sentidos horário e anti-horário, o que dependerá do comando do sistema de controle. O acionamento é executado com a utilização de um sistema de Ponte H, que permite alterar o sentido de rotação dos motores.

A Ponte H é um circuito eletrônico geralmente constituído de relés ou transistores que permitem a alteração dos polos de alimentação, positivo e negativo, nos terminais do motor. A alteração do sentido de alimentação atua diretamente no sentido de rotação do motor.

Além de permitir o controle do sentido de rotação a utilização da Ponte H permite alimentar o motor com uma tensão diferente da utilizada no sistema de controle, isolando e protegendo o mesmo, além de permitir o controle de velocidade através da adoção do método de acionamento por modulação PWM.

A Ponte H proposta para utilização no projeto é o modelo comercial Ponte H L298N, que permite o controle de dois motores e acionamento por modulação por PWM.

O principal componente do sistema de controle é um microcontrolador que faz toda análise dos sensores e atuação nos motores para o posicionamento do painel.

O microcontrolador é componente que contém processador, memória e periféricos de entrada/saída. É basicamente um microprocessador que pode ser programado para funções específicas; geralmente é utilizado em projetos de sistemas embarcados no interior de algum sistema ou produto controlando funções ou ações do mesmo (WEISS, 2007).

O modelo escolhido para o projeto é o ATMEGA328 que dispõe de 13 entradas/saídas digitais e 6 entradas analógicas, essa configuração supre as necessidades de aplicação do sistema (ATMEL, 2014).

A Figura 5 apresenta o conjunto do circuito eletrônico do sistema de controle.



Figura 5 - Conjunto do circuito eletrônico. Fonte: autores.

Resultados

Com o sistema automatizado (Figura 6) e o sistema de coleta e condicionamento de potência operando normalmente, foram realizadas medições da potência gerada pelo módulo na área de influência do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium Campus Araçatuba no período de 23 de setembro de 2015 a 1 de outubro de 2015.



Figura 6 - Sistema Automatizado. Fonte: autores.

Essas medições foram realizadas em duas situações distintas. Na primeira condição, o módulo foi instalado sobre uma estrutura fixa orientada ao Norte verdadeiro com uma inclinação de 28° , correspondente à correção de acordo com a latitude local. Na segunda condição, o módulo fotovoltaico foi instalado com a estrutura automatizada, desenvolvida para mantê-lo sempre com a face de captação direcionada ao sol.

Durante o dia foram coletados valores de tensão e potência com uma frequência de 1 dado a cada 5 minutos, para o plotagem de um gráfico de potência instantânea para cada sistema. As medições foram feitas em dia claro, ensolarado, com ventos fracos e temperatura ambiente entre 30°C e 38°C .

O Gráfico 1 apresenta a plotagem dos dados coletados dos dois sistemas fotovoltaicos, no qual é possível observar o comportamento dos módulos durante o dia.

Para o sistema fixo a potência gerada aumenta gradativamente a partir do período da manhã, atinge o seu máximo por volta das 12h25min, próximo ao meio-dia solar e diminui gradativamente ao fim da tarde até o sol se pôr e a geração atingir o valor zero.

O módulo automatizado apresentou uma geração muito superior nos períodos da manhã e fim de tarde, chegando a uma diferença de aproximadamente 160 % no período das 7h00min às 10h45min e aproximadamente 150 % no período das 14h30min às 19h00min.

Comparando a geração dos módulos ao longo do dia, houve um aumento de 34 % com a utilização do sistema automatizado.

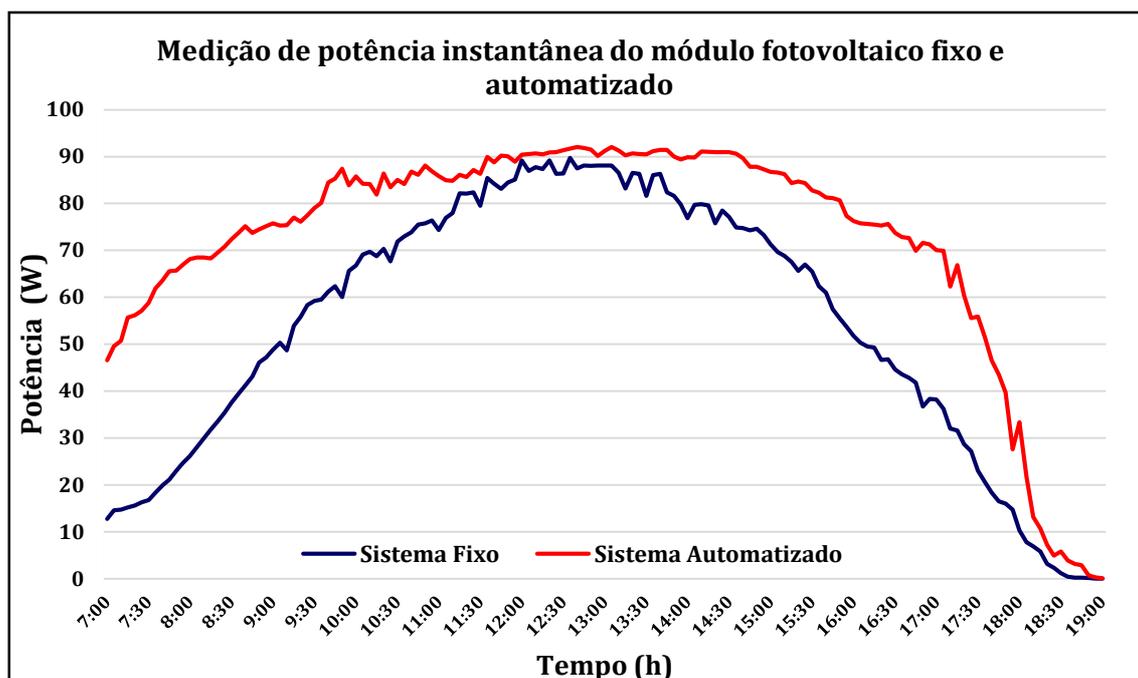


Gráfico 1 - Medição de potência instantânea do módulo fotovoltaico fixo e automatizado

Fonte: dados obtidos pelos autores.

Além disso, o sistema automatizado também proporciona a redução no tempo de recarga da bateria, cuja necessidade de um menor tempo de incidência de radiação solar, o que resulta em uma diferença de 1h48min a menos que em relação ao fixo.

De acordo com os valores médios de geração coletados, foi efetuado o cálculo de estimativa de geração mensal com o custo aproximado calculado a partir da tarifa cobrada pela concessionária de energia CPFL²¹, vigente na região de Araçatuba. Portanto, a estimativa de energia gerada com o sistema fixo foi de 19,30 (kWh/mês) e custo de R\$ 8,09 por mês. E para o sistema automatizado, geração de 26,30 (kWh/mês) e custo de R\$ 11,04 por mês.

Ao considerar uma conta de energia residencial com um valor de consumo mensal médio de aproximadamente R\$ 150,00, a geração proporcionada pelo módulo fotovoltaico automatizado representa um valor mensal de aproximadamente 7,5 % da conta de energia elétrica, enquanto que o sistema fixo apresenta um percentual de aproximadamente 5 %. Como o sistema desenvolvido suporta a instalação de mais de um módulo fotovoltaico, esse valor torna-se mais

²¹ Companhia Paulista de Força e Luz.

expressivo à medida que são adicionados módulos ao sistema e aumentam a potência total gerada mensalmente.

As comparações do tempo de retorno do investimento foram de 17 anos e 5 meses para o sistema fixo, e 12 anos e 9 meses para o automatizado. O tempo de retorno do investimento do protótipo é relativamente alto, visto que no projeto só foi utilizado um módulo fotovoltaico para geração de energia elétrica. No entanto, em relação ao módulo fixo pode-se observar uma diferença notável no tempo de retorno.

O aumento no número de módulos do sistema proporcionaria uma redução no tempo de retorno do investimento, devido ao aumento proporcionado na geração.

Conclusão

O trabalho realizado atingiu os objetivos propostos, o qual finalizou o desenvolvimento de um sistema de posicionamento automatizado para painéis fotovoltaicos e analisou o seu desempenho comparado a um sistema fotovoltaico fixo, ambos operando sob as mesmas condições de insolação e carga elétrica.

Foram verificados resultados do aumento na energia gerada com um valor médio de 34 %, chegando a ultrapassar os 150 % em determinados períodos do dia.

A utilização de sensores para o posicionamento proporcionou algumas dificuldades devido à sua sensibilidade, o que tornou necessário o ajuste da tolerância na programação do microcontrolador.

Neste contexto, concluiu-se que a estrutura possui uma grande complexidade de construção, instalação e um custo mais elevado que o sistema fixo. No entanto, essa diferença é compensada pelo ganho médio na geração, que torna o projeto viável para instalações de grande porte ou para um espaço limitado, uma vez que com o aumento da potência média gerada pode ser utilizada uma quantidade menor de módulos que em um sistema fixo, além de propiciar melhor aproveitamento da área para geração.

Além disso, o trabalho realizado representa uma contribuição aos estudos na área de sistemas fotovoltaicos, por apresentar uma proposta de sistema para melhor aproveitamento de áreas para geração de energia através de uma fonte renovável, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (Brasil). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. – Brasília: Aneel, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10899: Energia solar fotovoltaica — Terminologia*. Rio de Janeiro, 2013. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro, 2004. 209 p.

ATMEL. *8-bit Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash: ATmega 328P*. 2014. Disponível em: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Summary.pdf. Acesso em: 03 de setembro de 2015.

BOSH. *Catálogo: Motores elétricos*. Disponível em: <http://www.bosch.com.br/br/negociosindustriais/produtos/peqPorte/pg/pdf/catalogomt.pdf>. Acesso em: 15 de Julho de 2015.

BOSCH. *Catálogo: Baterias Estacionarias*. Disponível em: http://www.bosch.com.br/br/motopecas/produtos/baterias/downloads/Manual_de_Baterias_Bosch_6_008_FP1728_04_2007.pdf. Acesso em: 15 de Julho de 2015.

CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito). *Energia solar: princípios e aplicações*. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acesso em: 23 de Fevereiro de 2015.

CEPEL (Centro de Pesquisa de Energia Elétrica) /Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito (CRESESB). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, 2014.

FORTES, Cleber. *Apostila de Soldagem MIG/MAG*. 2005. ESAB - Colfax Corporation. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901104rev0_apostilasoldagemmig_low.pdf>. Acesso em: 16 de julho de 2015.

GREENPRO. *Energia fotovoltaica – Manual sobre tecnologias projecto e instalação*. Programa ALTENER. Portugal, 2004.

HIBBELER, R. C. *Resistência dos Materiais*. 7. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

INMETRO. *Tabela de eficiência energética – Sistema de Energia fotovoltaica – Módulos*. Edição 06/2015. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaiico_modulo.pdf. Acesso em: 06 de Setembro de 2015.

International Energy Agency (IEA). *Key World Energy Statistic*. Paris, 2008.

LAUD. **Classificação SAE**. Disponível em: <http://www.laudarames.com.br/classificacao_sae.html>. Acesso em: 16 de julho de 2015.

MELCONIAN, Sarkis. *Elementos de máquinas*. 9. ed. rev. São Paulo: Érica, 2008.

PAULISTEL. Catálogo - Ferro e aço, 2015. Disponível em: http://www.paulisteel.com.br/site/images/online/cat%C3%A1logo_a%C3%A7os_downloads.pdf. Acesso em: 16 de julho de 2015.

PEREIRA, Genilson Santana. *Sistemas fotométricos homemade que usam LED e LDR*. Scientitia Amazonia Vol 1, Manaus, 2012.

VIANA, Trajano de Souza. *Potencial de geração de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos com concentrador no Brasil [tese]* / Trajano de Souza Viana; orientador, Ricardo Rüther. Florianópolis, 2010.

WEISS, Bettina. *Introduction to Microcontrollers: Courses 182.064 & 182.074*. Version 1.4. Vienna: Vienna University of Technology, 2007.

Faixa de pedestre inteligente

Smart crosswalk

Gabriela Siqueira Versati ¹
Lucas Henrique Viana ¹
Luis Henrique Santana de Oliveira ¹
Magnaél Morais Oliveira ¹
Michael Cesar Soares Vieira ¹
Paulo Henrique Marques Anjoulette ¹
Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares ²
Thiago Santana Aranha ³

RESUMO

Este projeto utiliza um sistema de detecção na entrada da faixa de pedestre. Foram instalados ao longo da faixa alguns “olho de gato” com LEDs em seu interior. O sistema será alimentado com energia renovável, através de um painel solar. O seu funcionamento consiste na passagem do pedestre na faixa, acionando o sensor que irá enviar um sinal a placa de comando, e esta placa de comando irá retornar um sinal aos LEDs, tornando todos eles acesos e o motorista será capaz de identificar um pedestre na faixa de pedestre.

Palavras-chave: Faixa de pedestre; Olho de gato; Sinalização; catadióptrico.

ABSTRACT

This project uses a sensing system in the beginning of the crosswalk. It was installed along the crosswalk some "Cat's eye" with LEDs inside. The system will be supported by renewable energy, through a solar panel. Its operation consists in the passage of pedestrians in the crosswalk, activating the sensor that will send a signal to the control board, and this control board will return another signal to the LEDs, turning all of them on, and the driver will be able to identify a pedestrian in the crosswalk.

1, Acadêmicos do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Docente, Mestre, Orientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba, fernando.eguaia@yahoo.com.br.

3, Docente, Coorientador do Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

Keywords: Crosswalk, Cat's eye, Signaling, vertical action.

INTRODUÇÃO

Com o grande aumento de circulação de veículos nas rodovias e dentro das cidades, as ocorrências de acidentes crescem consideravelmente. Este aumento ocorre devido à má sinalização ou falta das mesmas em algumas rodovias.

Constatando tais índices e os sistemas de sinalização utilizada, é que se idealizou este projeto, que visa o emprego de um novo sistema no qual será utilizado um catadióptrico com LEDs, conhecido como “olho de gato”, para sinalizar a presença de pedestres na faixa, serão acionados através de sensores que identificarão o pedestre, enviarão um sinal para a central que acionará os LEDs, deste modo, o motorista saberá que o pedestre quer atravessar a rua. Com a utilização de energia solar, este sistema poderá ser aplicado em diversos ambientes, deixando esse sistema autônomo, ou seja, independente da rede elétrica.

OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo, o desenvolvimento de um sistema de sinalização com maior eficiência, que utilize energia renovável e diminua os índices de acidentes envolvendo o pedestre na faixa sem degradar o meio ambiente.

FUNCIONAMENTO

O princípio deste projeto se baseia em um sistema que irá monitorar a passagem do pedestre com um sistema de sensor de barreira; assim quando o pedestre passar pela faixa o sensor enviará um sinal para a placa de comando que

irá interpretá-lo e enviará um novo sinal para os tachos que acenderão durante a passagem do pedestre.

Alimentação do sistema

Como um sistema é alimentado com energia solar, haverá um painel fotovoltaico posicionado ao norte, instalado em um poste para que haja melhor captação de radiação solar. Após captar a radiação irá convertê-la em energia elétrica, que será enviada a um regulador de tensão, para que mantenha uma tensão específica de saída para alimentar as baterias.

As baterias serão utilizadas para alimentar a placa de comando, os sensores, e os tachos (olho de gato) durante a noite.

Sistema de sensoriamento

O sensoriamento dos pedestre será efetuado por meio de sensores de barreira, instalados na calçada no início da faixa de pedestre, nos dois lados da rua.

O sensor de barreira possui duas peças: o emissor e o receptor; cada um ficará alinhado na calçada, acoplado em um poste. Funcionará como se houvesse uma barreira antes da faixa, assim, quando um pedestre passar dentro desta linha invisível do sensor, irá quebrar essa barreira, fazendo com que o receptor do sensor envie um sinal para a placa de comando que fará a interpretação desses dados.

Um sensor de luminosidade determinará se o ambiente está claro ou escuro, e informará para a placa de comando se o sistema deve funcionar ou não.

Placa de comando e tachos

A placa de comando possui um micro controlador que receberá os dados dos sensores; por meio de uma programação enviará o sinal para que os tachos acendam de forma sincronizada.

Dentro da placa de comando existem três modos para que os tachos fiquem acesos, são: o modo aceso direto, o modo piscando rápido, e o modo piscando devagar.

Todos os LEDs dos tachos estão ligados em paralelo; na própria placa de comando já foi calculado o resistor correto para que não ocorram problemas. Os LEDs dos tachos são amarelos, pois dessa forma o condutor pode assimilar a cor amarela ao sinal de tomar cuidado; os LEDs acessos indicam que existe pedestre na faixa.

FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO

A fabricação de todo o sistema e instalação ocorreu dentro do campus do UniSalesiano; na primeira etapa foram desenvolvidos o desenho do projeto, um suporte para o painel fotovoltaico, o poste de fixação do painel da placa de comando e do painel fotovoltaico e os postes de fixação dos sensores.

Após este dimensionamento, foram feitos os postes com os cortes e soldas específicos, e com a montagem do circuito da placa de comando. Após a finalização da montagem do circuito foram efetuados testes com os sensores e LEDs para verificar seu funcionamento.

Com a conclusão dos testes e ajustes, ocorreu a instalação do projeto no campus, foram efetuadas toda a passagem dos cabos de alimentação e de sinal dos sensores dentro de conduites, a fixação dos postes dos sensores e do poste de alimentação para instalar o painel fotovoltaico e o painel da placa de comando.

Após efetuar a passagem dos cabos de alimentação dos tachos, ocorreu a conexão dos cabos de alimentação de cada tacho e a sua fixação no asfalto, assim após algumas horas, a resina de fixação dos tachos estava seca e o sistema foi ligado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a instalação do projeto, houve a conscientização maior dos pedestres e motoristas que passam por esta faixa de pedestres. Deste modo, o objetivo final do projeto foi alcançado, pois os motoristas terão mais cuidado ao passar neste lugar. Como este é um projeto inovador, possivelmente os pedestres vão aderir de forma agradável, respeitando o local de passagem.

Durante o desenvolvimento do projeto ocorreram imprevistos quanto à fixação dos tachos, o clima favoreceu o atraso da instalação e a adequação do sistema, porém todos imprevistos foram superados.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do projeto foi possível observar a expectativa das pessoas em relação aos benefícios oferecidos a todos; recebemos vários conselhos de melhorias ou algo novo que se poderia fazer. Assim, fomos construindo o nosso projeto ao redor de várias opiniões, para que o objetivo fosse realmente alcançado e que atingisse o máximo de pessoas. Sendo assim, tivemos como conclusão que é possível criar várias coisas novas, que ajudem a todos. Porém, é necessário pedir feedback para várias pessoas, pois, dessa forma, a possibilidade de você atinja seu objetivo será bem maior.

Referências Bibliográficas

CIRCUITO INTEGRADO 555 – Disponível em:
<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/592-o-circuito-integrado-555-art011> Acesso em: 14 Out. 2015.

DIMENSIONAMENTO DE PAINEL FOTOVOLTAICO – Disponível em
<http://www.portal-energia.com/dimensionamento-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/> Acesso em: 23 Out. 2015.

THE SÃO PAULO TIMES – *Pedestre são maiores vítimas de acidentes do mundo* – Disponível em: <http://saopaulotimes.r7.com/sp/pedestres-sao-as-maiores-vitimas-de-acidentes-de-transito-no-mundo/> Acesso em: 01 de nov. 2015.

TABELAS DE TUBO – Disponível em: <http://www.raritubos.com.br/tabelas.php> Acesso em: 22 de Out. 2015.

SISTEMAS CONECTADOS – *Painel fotovoltaico* – Disponível em <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-conectados-grid-tie/projeto> Acesso em: 23 de Out. 2015.

DIMENSIONAMENTO CONTROLADOR DE CARGA – Disponível em: <http://www.portal-energia.com/dimensionamento-do-controlador-de-carga-para-um-sistema-solar/> Acesso em: 26 de Out. 2015

Engenharia Elétrica

Aspectos básicos da energia maremotriz e suas principais tendências de mercado

Basic aspects of tidal energy and their main market trends

Jean Henrique Silva Lopes ¹
Giuliano Pierre Estevam ²

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os aspectos básicos da energia maremotriz como fonte de energia elétrica renovável, a utilização de suas principais tecnologias e os princípios de funcionamento de uma usina maremotriz. Também estão contidos neste trabalho uma breve análise dos principais projetos já existentes no mundo, bem como seus aspectos sociais, ambientais e econômicos. São apresentados, por fim, alguns dos locais em que é possível a exploração da energia maremotriz no Brasil, as principais propostas de aproveitamento energético nestes locais e as principais tendências de mercado na exploração de energia maremotriz.

Palavras-Chave: Energia renovável; Maremotriz; Eletricidade.

ABSTRACT

This paper presents the basic aspects of the wave energy as a source of renewable energy, the use of its main technologies and principles of operation of a tidal power plant are presented. A brief analysis of the main existing projects in the world, as well as their social, environmental and economic aspects are also included. Finally, some possible places in Brazil where the exploitation of tidal energy may be explored are related, including the main proposals of energy use of these sites and the main market trends in tidal energy development.

Key words: Renewable energy; Tidal; Electricity.

1, Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Auxilium de Araçatuba.

2, Engenheiro Eletricista, Doutor, . Docente do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, giulianoestevam@gmail.com.

Introdução

A quantidade finita de combustíveis fósseis e a grande poluição que a queima dos mesmos gera, sempre instigou a humanidade a buscar fontes renováveis e limpas de energia. Nesse contexto, surgem constantemente novas tecnologias que permitem um maior aproveitamento das energias renováveis ou mesmo novos métodos de transformação de geração de energia.

Em WEC (2004 apud FERREIRA, 2007) configura-se a energia potencial dos oceanos como promissora para a produção de energia limpa e quase sem danos ao meio ambiente. Descreve que há grandes avanços na tecnologia para geração de eletricidade a partir desta fonte renovável. Para tanto, já é realidade a exploração da energia maremotriz para geração de energia elétrica de maneira comercial na Europa.

Na Tabela 1 há uma comparação entre as principais fontes energéticas mundiais, e apresentação dos pontos fortes e fracos de cada uma.

Tabela 1 – Dados comparativos entre as principais fontes energéticas mundiais.

	Renovável	Baixo custo de instalação	Baixo custo de manutenção	Mínimo impacto ambiental	Previsível	Modular
Fóssil		X			X	
Nuclear		X			X	
Hidro	X	X	X		X	
Solar	X		X	X		X
Eólica	X		X	X		X
Marés	X		X		X	
Ondas	X		X	X		X
Correntes	X		X	X	X	X

Fonte: WEC - 2004 apud FERREIRA - 2007.

Ao focar a exploração da energia maremotriz, vale considerar sua vantagem sobre a energia eólica, pois a densidade da água do mar é cerca de 835 vezes mais densa do que a do ar, isso significa que existe uma maior concentração de energia nos recursos oceânicos. A energia das marés origina-se dos campos

gravitacionais do sol e da lua e tem seu potencial mundial estimado em 3 TW (FERREIRA, 2007).

Obviamente, não é possível o total aproveitamento de todo esse potencial energético; contudo, estima-se que cerca de 2 a 10% desse potencial possa ser explorado em certos locais, como estuários ou junto à linha de costa, onde sejam compatíveis com os pré-requisitos para a implantação de uma usina. Para isso, pode-se citar, como alguns desses pré-requisitos, alturas suficientes de maré em locais favoráveis e certa proximidade do centro consumidor de energia elétrica (CHARLIER, 2003 apud FERREIRA, 2007).

Há maior potencial extraível no Reino Unido - cerca de 18 TW/h (CHARLIER e FINKL, 2009 apud CAMELO, FERREIRA, NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA, 2010); é possível destacar a costa norte do Brasil ou o Chile, onde o potencial extraível é de pelo menos 500 MW (ATLANTIS RESOURCES CORPORATION, 2010 apud CAMELO, FERREIRA, NETO, RIBEIRO e SAAVEDRA, 2010).

Na Figura 1 destacam-se os principais pontos do mundo com marés adequadas à exploração de energia maremotriz.



Figura 1 - Principais localidades adequadas para exploração da energia maremotriz. Fonte: HAMMONS - 1993 apud FERREIRA - 2007.

Em meio a diversos avanços tecnológicos na área, a exploração da energia maremotriz para geração de eletricidade tornou-se atrativa economicamente.

As marés

Entre as diversas vantagens da geração maremotriz, pode ser destacada a alta previsibilidade. As marés estão relacionadas a eventos astronômicos conhecidos e, por isso, previsíveis (NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA, 2010).

Pode ser representada a altura da maré pela somatória de um número finito de termos harmônicos, chamados constituintes harmônicas da maré. Cada constituinte corresponde a um certo movimento astronômico relacionado com o movimento da Terra, Sol e/ou Lua (MARTINS, 2007 apud NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA, 2010).

A partir das constituintes harmônicas, é possível recriar a série de marés com a equação (1) (FERREIRA, 2007).

$$h(t) = h_0 + \sum_{i=1}^n H_i \cos(V_i - K_i) \quad (1)$$

sendo:

h: a altura da maré no instante t;

H_i : a amplitude da componente harmônica i;

V_i : o argumento da componente harmônica i;

K_i : a fase da componente harmônica i.

A partir da equação (1), pode-se refazer uma série temporal das variações de altura das marés para um tempo desejado. Isto é possível principalmente pelo fato de que as marés têm uma variação inferior a 5 % anualmente (CHARLIER, 2009 apud NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA, 2010).

Modos de geração de energia elétrica

A principal forma de aproveitamento da energia das marés para geração de eletricidade é pelo uso de turbinas instaladas em barragens. Assim é possível obter um desnível entre os lados da barragem suficiente para que as turbinas possam ser acionadas para geração (SAAVEDRA et al, 2010).

Uma usina maremotriz pode gerar energia em regime de funcionamento por efeito simples, ou seja, gera energia elétrica apenas na maré vazante ou enchente, bem como, em regime de funcionamento por efeito duplo, utilizando-se de ambas.

Na Figura 2 apresenta-se graficamente a maneira de funcionamento de uma usina maremotriz de efeito simples.

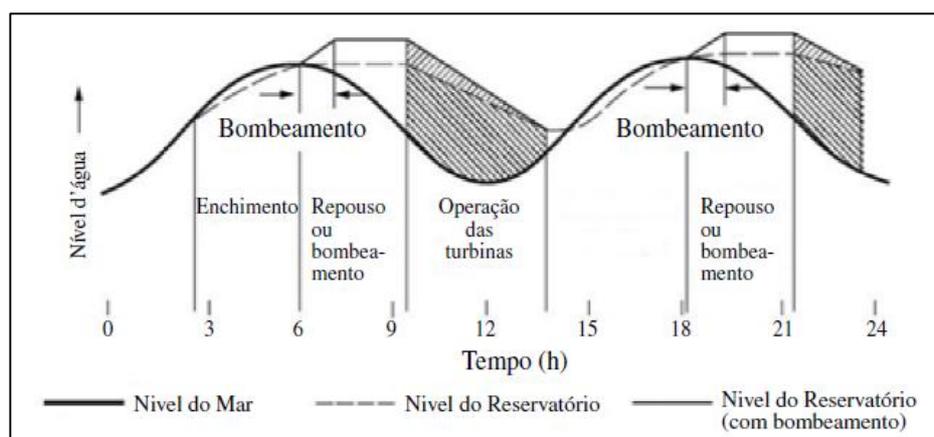


Figura 2 – Funcionamento em maré vazante em uma usina maremotriz. Fonte: CLARK – 2007 apud CAMELO, FERREIRA, NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA – 2010.

Na Figura 3 apresenta-se o funcionamento de uma usina maremotriz de efeito duplo.

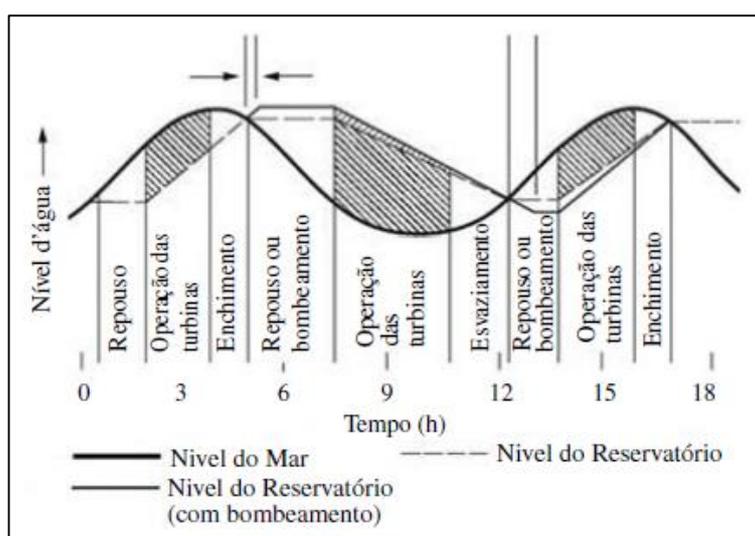


Figura 3 – Funcionamento da geração em efeito duplo em uma usina maremotriz. Fonte: CLARK – 2007 apud CAMELO, FERREIRA, NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA – 2010.

Aplicações existentes para a exploração de energia maremotriz

Como descrito anteriormente, em caráter global existe um imenso potencial energético nas marés. Entretanto, são poucos os projetos que foram aplicados e se tornaram realidade. Dentre eles, os principais serão destacados a seguir.

Usina maremotriz de La Rance (França)

A maior usina maremotriz que existe atualmente e uma das poucas de uso comercial, La Rance, tem o funcionamento de sua geração em efeito duplo, ou seja, as turbinas possuem sistema de reversão das hélices e as mesmas podem fazer o bombeamento para otimização do nível do reservatório. Composta de 24 grupos-geradores do tipo bulbo, cada qual com potência nominal de 10 MW, totalizados em 240 MW de potência instalada, sendo sua geração anual cerca de 544 GWh (10% desse valor é utilizado para bombeamento) (CHARLIER & FINKL, 2009 apud CAMELO, FERREIRA, NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA, 2010).

As marés podem alcançar até 14 m no estuário de La Rance, com a necessidade do bombeamento em marés abaixo de 9 m.

Usina maremotriz de Kislaya Guba (Rússia)

A usina maremotriz de Kislaya Guba, foi construída na década de 60 para fins de pesquisa e desenvolvimento dessa tecnologia naquele país. Possui apenas um gerador do tipo bulbo reversível com potência de 400 kW. Esta usina maremotriz funciona com baixas quedas de água, pois a amplitude das marés no estuário varia entre 1,3 a 3,9 m (FERREIRA, 2007).

Usina maremotriz de Annapolis Royal (Canadá)

A usina maremotriz de Annapolis Royal foi construída na década de 80 para a qual foi aproveitada uma barragem já existente. Diferentemente dos exemplos anteriores, essa usina utiliza turbina do tipo Straflo e tem potência instalada de 20 MW.

O nível do reservatório teve que ser mantido abaixo do planejado por questões ambientais, assim, a produção anual é inferior aos 50 GWh inicialmente

previstos. Mesmo assim, a usina é utilizada comercialmente e está entre um dos projetos bem-sucedidos de exploração da energia maremotriz (FERREIRA, 2007).

Aspectos ambientais

Mesmo que a exploração da energia maremotriz seja considerada limpa, deve haver um estudo do local para verificar possíveis danos causados na construção da usina. Esse estudo é feito de acordo com as condições ambientais, geográficas e sociais do local de sua instalação.

Segundo CLARK (2007 apud CAMELO, FERREIRA, NETO, RIBEIRO & SAAVEDRA, 2010), podem ser destacados três itens principais:

- A mudança das espécies que vivem no estuário;
- Alterações químicas na água;
- Alterações nos ciclos de vida de algumas espécies.

Tais aspectos devem ser estudados, pois as mudanças diferem de um local para outro.

Em um exemplo, pode-se citar a Usina Maremotriz de La Rance, onde os principais danos ao ecossistema do estuário foram causados devido à utilização de ensecadeiras para sua construção a seco. Entretanto, no decorrer dos anos esses danos foram suavizados: houve uma troca de espécies até atingir o equilíbrio do novo ecossistema (FRAU, 1993 apud FERREIRA, 2007).

Na construção da Usina Maremotriz de Kislaya Guba, os danos ambientais sentidos foram menores em relação a La Rance. A solução adotada foi a construção com peças pré-fabricadas, ao invés de ensecadeiras.

Aspectos econômicos

Para a construção de uma usina maremotriz se tornar viável são levados em conta diversos aspectos como, o custo da construção, operação e manutenção da usina, impactos ambientais e aspectos socioeconômicos (CLARK, 2007 apud RIBEIRO et al, 2010).

Uma usina maremotriz apresenta diversas vantagens socioeconômicas, como a atividade turística no local de instalação e também a utilização da barragem como via de acesso rodoviário.

Por utilizar uma fonte “praticamente” inesgotável, os altos custos iniciais da construção se pagam com o passar do tempo, pela economia de gastos com combustíveis, além de ter vida útil cerca de duas a três vezes maior que uma usina térmica ou nuclear (CHARLIER, 2009 apud SAAVEDRA et al, 2010).

Para se concretizar a viabilidade econômica de uma usina maremotriz, os custos são comparados às demais fontes energéticas disponíveis na localidade prevista da instalação. Em geral, a energia maremotriz se torna muito competitiva em comparação a fontes fósseis. No entanto, quando comparada à hidrelétrica sua competitividade cai.

Em decorrência dos fatos citados acima a viabilidade de uma usina maremotriz varia de um país para outro.

Principais tendências de mercado

Mesmo com poucos projetos de exploração da energia maremotriz implementados ao redor do mundo, atualmente existem diversos projetos em fase de estudo de viabilidade. Em países como China (WEC, 2004), Malásia (SIONG & SENG, 2008 apud RIBEIRO et al, 2010) e Brasil (FERREIRA & ESTEFAN, 2009).

Com esses dados, pode-se afirmar que existe um grande interesse em diversos países para exploração da energia maremotriz, mesmo que em pequenos projetos.

Locais de possível exploração da energia maremotriz no Brasil

Em comparação à Europa, o Brasil apresenta menores amplitudes de maré, porém pode-se observar no Maranhão a ocorrência frequente de maré com amplitude maior que 6 metros, torna possível a exploração da energia maremotriz (FLEMING, 2012).

Estuário de Bacanga

No estuário de Bacanga, localizado no litoral do Maranhão foi construída na década de 70 uma barragem para reduzir a distância entre São Luis e o porto de Itaqui. Como este estuário apresenta amplitude de maré que pode chegar a 6,5 metros, surgiu também o interesse no aproveitamento energético das marés,

todavia o projeto não seguiu por restrições econômicas e técnicas (FERREIRA, 2007).

Os principais motivos que não permitiram a implementação do projeto para aproveitamento da energia maremotriz para fins comerciais não foi permitida devido à construção da Avenida Presidente Médici em meio a área que deveria ser alagada (cota abaixo dos 6,0 metros) e a falta de manutenção das comportas que gerou diversos transtornos na década de 80 (SONDOTÉCNICA, 1981 apud FLEMING, 2012).

O anteprojeto continha duas alternativas para aproveitamento da energia maremotriz. O primeiro era constituído pelo uso de 6 turbo geradores bulbo de 4500 kW em regime de simples funcionamento (56300 MWh/ano), já o segundo era constituído por três grupos periféricos de 11340 kW em regime de simples funcionamento (59600 MWh/ano) (LIMA et al, 2002).

Baía de Turiaçu

Existe um estudo para aproveitamento energético da baía de Turiaçu, também localizada no Maranhão, com possibilidade de implementação de vários projetos para exploração da energia maremotriz, pela grande quantidade de estuários existentes na região e amplitude de maré de até 7 metros. Entretanto o projeto encontrou diversos obstáculos, como a dificuldade de acesso à região e restrições ambientais por causa da abundante vegetação de mangues (RIBEIRO et al, 2010).

Uma alternativa proposta em estudos específicos é a exploração de alguns pequenos estuários para geração de energia elétrica, respeitando, assim, as restrições ambientais (NETO et al, 2010).

Conclusão

Atrelado ao desenvolvimento tecnológico e econômico está o aumento da demanda de energia. Com a progressiva redução das fontes fósseis (não renováveis) de energia, o desenvolvimento das fontes de energia alternativas (renováveis) se torna inevitável e de extrema importância. Nesse contexto, é

possível citar a exploração da energia maremotriz, pois a mesma apresenta competitividade interessante frente aos combustíveis fósseis e pode ser aplicada em pequenos projetos para abastecimento energético próximo ao centro de consumo. O desenvolvimento tecnológico para aproveitamento energético em baixas quedas de água torna essa modalidade energética ainda mais interessante. Já existem exemplos de aplicação comercial em plena operação pelo mundo (La Rance e Annapolis Royal). Sendo assim, conclui-se que existe uma real tendência a aplicação dessa tecnologia em maior escala em diversos países por sua interessante relação custo x benefício e pelos diversos pontos citados acima.

Referências bibliográficas

BARROS, A. K.; CAMELO, N. J.; LIMA, S. L.; SAAVEDRA, O. R. *Projeto da usina maremotriz do Bacanga: Concepção e perspectiva*. Universidade Federal do Maranhão – UFMA, 2002.

CAMELO, N. J.; FERREIRA, R. M.; NETO, P. B. L.; RIBEIRO, L. A. S.; SAAVEDRA, O. R. Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. *Revista chilena de ingeniería*. Maio, 2010.

CHARLIER, R. H.; FINKL, C. W. *Ocean Energy. Tide and Tidal Power*. 1. Ed. Springer, 2009.

CHARLIER, R. H. Sustainable co-generation from the tides: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Ed. Elsevier Science Ltd, 2003.

CLARK, R. H. *Elements of Tidal-Electric Engineering*. Wiley-IEEE Press, 2007.

FAHMY, F. H. An Optimum Operation and Mathematical Model of Tidal Energy System at Red Sea Area. *Chemistry and Chemical Engineering International Conference*. 2007.

FERREIRA, R. M. *Aproveitamento da Energia das Marés. Estudo de caso: Estuário do Bacanga, MA*. Dissertação de mestrado. 2007.

FERREIRA, R. M.; ESTEFEN, S. F. Alternative Concept for Tidal Power Plant with Reservoir Restrictions. *Renewable Energy*. 2009

FLEMING, F. P. *Avaliação do potencial de energia oceânicas no Brasil*. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – UFRJ. 2012.

MARTINS, L. Maré e Análise Harmônica. *5ª Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*. 2007.

NETO, P. B.; SAAVEDRA, O. R.; RIBEIRO, L. A. *Modelagem e Análise de Geração Maremotriz no Estuário do Bacanga*. 2012.

SIONG, L. K.; SENG, L. Y. Preliminary Investigation of the Potential of Harnessing Tidal Energy for Electricity Generation Malaysia. *Transmission and Distribution Conference and Exposition*. Abril, 2008.

World Energy Council - WEC. *Survey of Energy Resources*. Ed. Elsevier. 2004.

World Energy Council - WEC. Disponível em: <http://www.worldenergy.org>. Acesso em: 01 set. 2015.

Extinção do arco elétrico no disjuntor de alta tensão

Extinction of arc in high voltage breaker

Carlos Felipe Malachias ¹
Paulo H. Magione dos Santos ¹
Giuliano Pierre Estevam ²

RESUMO

O disjuntor é um dispositivo que tem a função de interrupção e também é destinado a proteger uma instalação. Em correntes elevadas, e principalmente nas de circuito indutivo são necessários alguns equipamentos especiais para a interrupção do arco elétrico. Após isto, esse disjuntor deve isolar e suportar tensões do sistema. Por último, esse disjuntor deve também atuar quando ocorrerem possíveis danos provenientes de curtos-circuitos e sobrecargas elétricas. Além de proteger o circuito, servem também para que a corrente possa ser interrompida, ou sob proteção, deve haver um alto grau de confiabilidade. Em condições normais, os disjuntores estão fechados, permitindo que a corrente necessária flua normalmente. O disjuntor no circuito é visto como um caminho livre sem representar uma carga ao sistema. Em condições de falha, atuam de modo a eliminá-la, protegendo os equipamentos e as linhas de transmissão localizada dentro de sua área de atuação.

Palavras-Chave: Disjuntor, arco elétrico,

ABSTRACT

The circuit breaker is a device which has the interrupt function and is also intended to protect an installation against possible damage from short circuits and power surges. In addition to protecting the circuit, also serving for the current to be interrupted, for example for necessary maintenance. At high currents, and especially the inductive loop is required some special equipment to interrupt of the electric arc. After that this circuit breaker must isolate and support system voltages. Finally, this circuit breaker must also act on command, or under protection, in other words, there must be a high degree of reliability. Under normal conditions, the circuit

1, Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Engenheiro Eletricista e Físico, Doutor em Engenharia, orientador e professor do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, giulianoestevam@gmail.com.

breakers are closed, allowing power to flow normally required. The circuit breaker in the circuit is seen as a free way without posing a burden to the system. Under fault conditions, act in order to eliminate it, protecting equipment and transmission lines located within their area of expertise

Keywords: Breaker, Eletric Arc, voltages.

INTRODUÇÃO

Disjuntores são equipamentos de manobra, cujo objetivo é o de estabelecer, conduzir, interromper, suportar correntes elétricas sob altas tensões normais e em condições anormais. Esses dispositivos eletromecânicos são essenciais em qualquer sistema elétrico, seja uma simples instalação residencial ou um sistema de grande porte como subestações e redes de transmissão.

Certas características são comuns em todos os tipos de disjuntores, independentemente das classes de corrente e tensão para as quais foram projetados, embora os detalhes variem significativamente de acordo com essas classificações.

Primeiramente, o disjuntor deve ser capaz de detectar uma condição de falha no sistema. Nos equipamentos de baixa tensão, geralmente, isto é realizado no interior da própria câmara de extinção. Já os disjuntores para grandes correntes e tensões são equipados com dispositivos pilotos com sensibilidade para detectar uma situação de falta e operar o mecanismo de abertura do equipamento, conforme o Manual do Equipamento.

Ao ser detectada a falha, os contatos devem ser abertos utilizando alguma forma de energia armazenada no equipamento (pela ação de molas, por exemplo). Em alguns casos, a energia necessária pode ser obtida a partir da própria corrente de falta. Os contatos podem ser manufaturados em cobre, prata ou materiais altamente condutores. Sua vida útil é limitada pela erosão do material devido ao arco elétrico que se forma ao se interromper uma corrente.

O princípio de corte da corrente elétrica realizado por um disjuntor é feito pela separação dos contatos elétricos imersos em um meio isolante qualquer. Enquanto o arco elétrico ainda existir, após a separação física dos contatos, a corrente irá circular através do equipamento. O objetivo é, portanto, alongar

suficientemente o arco dentro do pequeno espaço no interior da câmara de extinção de arco do disjuntor a fim de incentivar seu resfriamento, sua extinção e, em seguida, suportar a tensão da rede.

Disjuntores podem ser projetados para operar em vários ambientes. Muitas vezes se encontram em condições ambientais muito severas, estando sujeitos a umidade, poeira, chuva e variações bruscas de temperatura. Portanto, devem ser devidamente projetados para que suportem todos os tipos de circunstâncias previstas e, mesmo sob essas condições, somado aos longos períodos de tempo sem serem acionados, devem se mostrar capazes de atender às cláusulas de operação no momento em que forem requisitados.

Nas últimas décadas, as tensões mudaram de 132 kV para 750 kV nas linhas de transmissão, acima de 1000 kV, elas são antigas em países asiáticos. Enquanto os níveis de tensão aumentam, o tempo total gasto pelo disjuntor para interromper circuitos por causa de curto-circuito diminuiu por conta da instabilidade do sistema.

Os aspectos construtivos, a capacidade de interrupção, o tipo de extinção e a capacidade de condução são fatores de grande importância que devem ser levantados a partir das características físicas da rede onde são instalados. Um mau uso pode acarretar em danos ao disjuntor e ao circuito protegido por ele.

Com o crescimento da demanda da energia elétrica, com a ideia de que todos possam usufruir de energia elétrica e tecnologias disponíveis, os sistemas se tornaram mais complexos. Deve-se ocorrer um estudo mais completo de dimensionamento da corrente de curto-circuito máxima em menores tempos de abertura e fechamento de contatos.

Este aumento obriga a troca de equipamentos que sejam mais adequados ao sistema. A ideia de interconectar os sistemas elétricos aumenta em grande escala as correntes de curto-circuito. As linhas de transmissão maiores e que suportam altos níveis de potência obrigam existir grandes níveis de tensão para se obter menores perdas na transmissão, e com isso, disjuntores mais robustos e com capacidades de interrupção cada vez maiores.

Danos ao ser humano

Os aspectos com a segurança dos trabalhadores estão cada vez mais severos. Mudanças na forma com que as instalações são projetadas e realizadas, com a intenção de diminuir cada vez mais os acidentes.

De todos os riscos oferecidos pela eletricidade, o arco elétrico se classifica como o mais perigoso para os trabalhadores. Isto porque há uma grande liberação de energia e a temperatura chegando a níveis altíssimos, causando queimaduras de grau elevado ou podendo até levar o trabalhador a óbito. Os danos podem ser mais amplos ainda porque na ocorrência do arco elétrico há uma liberação de vapores metálicos tóxicos, luz intensa e um significativo deslocamento de ar.

As estatísticas mostram que acidentes por causa do arco elétrico diminuíram muitos nos últimos tempos. Contudo, todos os anos ainda há um grande índice de acidentes envolvendo esse fenômeno.

A Fundação Comitê de Gestão Empresarial - COGE, entidade jurídica sem fins lucrativos, publica relatórios de acidentes no setor elétrico brasileiro. O último relatório publicado mostra as estatísticas do ano de 2010. Dentre as inúmeras informações contidas neste relatório, são apresentadas as estatísticas sobre acidentes com arco elétrico.

O arco elétrico

Denomina-se um arco elétrico quando há passagem de corrente elétrica em um material normalmente não condutivo, como ar, por exemplo, movimentando-se a altas velocidades (100 m/s). As falhas que originam um arco elétrico estão igualadas a curtos-circuitos (entre fase e fase-terra), sendo que na maioria das vezes essas falhas são iniciadas por um curto-circuito de fase-terra, evoluindo rapidamente para um curto-circuito trifásico. Os arcos elétricos geram um calor intenso, causam grandes explosões, ondas de pressão, entre outros, representando grandes danos aos equipamentos de manobras (disjuntores), que são dimensionados a esse fenômeno, mas que devem ser tratados para a extinção desse.

O comportamento de um arco elétrico no sistema trifásico é tido como problemático, pois ele envolve uma rápida mudança de geometria no arco.

O processo de interrupção

Um disjuntor está em suas perfeitas condições de interrupção da corrente, sob algumas condições. Também temos que lembrar que alguns disjuntores instalados externamente, permanecem muito tempo em estado estacionário ligado, conduzindo a corrente nominal. Após todo este tempo de inatividade operacional mecânica, deve-se estar pronto pra interromper uma corrente de curto-circuito, sem o menor desvio de algumas especificações, pois qualquer falha de manobra resultaria em inúmeros danos.

Na Figura 1, ilustra-se uma descrição bastante simplificada do mecanismo de interrupção e formação de arco elétrico no sistema. a) Os contatos fechados sob pressão e conduzindo a corrente da linha, com a diminuição da pressão e o aumento da resistência. b) No momento da separação do contato a pressão é praticamente nula e a resistência alta. c) A corrente passa por minúsculas superfícies de contato formadas pelas últimas irregularidades superficiais que se tocaram. d) Concentrando como decorrência, enormes quantidades de calor elevado, assim, a temperatura elevada dos contatos, formam o fenômeno do arco voltaico (arco elétrico).

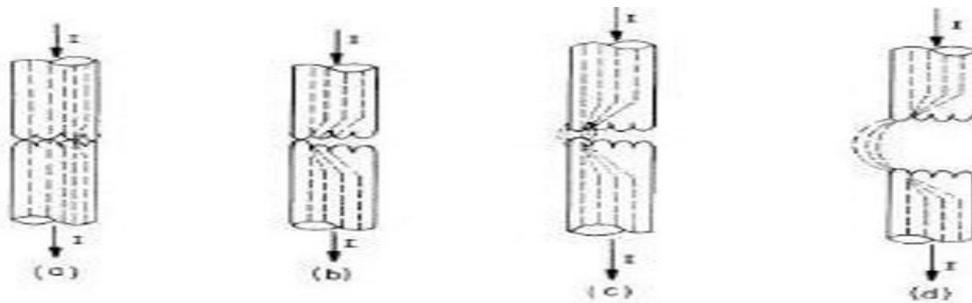


Figura 1: Interrupção da corrente alternada. Representação esquemática. Fonte: Mamede Filho, 2013.

DESENVOLVIMENTO

Para que se possa analisar a interrupção, que é o fenômeno de extinção do arco numa passagem de corrente pelo zero, é preciso considerar o arco em condições adversas, ou seja, em condições de instabilidade.

Através do meio extintor nos instantes que precedem e sucedem a zero da corrente, procura-se esfriar e, com isso, desionizar o canal do arco de maneira que a distância dos contatos possa suportar a tensão de restabelecimento que surgir após. O balanço térmico entre calor produzido, calor retirado pelo meio extintor e calor armazenado no arco dependerá do sucesso ou não da interrupção.

Essas condições determinam o que chamamos de comportamento dinâmico do arco. A equação que define estas condições foi determinada por Simon (1905).

$$\frac{dQ}{dt} = u \cdot i - P \quad (1)$$

Sendo u e i valores instantâneos de tensão e corrente, respectivamente P é a potência retirada pelo meio extintor por unidade de tempo, dQ/dt correspondente a variação de quantidade de calor armazenada pelo arco também por unidade de tempo

A equação (1) é a base de todas as análises de comportamento dinâmico por arco voltaico (Arco Elétrico)

Baseando-se no trabalho de outros estudiosos como Kirschstein e Koppelman que exploraram o comportamento de um arco de grande corrente, submetido a um sopro axial, Cassie chegou em 1939 a primeira equação para o arco elétrico.

$$\frac{1}{G} \cdot \frac{dQ}{dt} = \frac{1}{\Theta} \left[\left(\frac{u}{U_s} \right)^2 - 1 \right] \quad (2)$$

$G - 1/R$ - Condutância do arco

u - Valor da tensão do arco (Momento)

U_s - Tensão do arco estático

Θ - Constante de tempo térmico do arco

Nesta equação (2), considerou-se um arco com densidade de corrente constante, ou seja, a sua área varia diretamente com a corrente. Desta forma, toda a energia é retirada pelo fluxo do ar em toda a seção de forma que a dissipação de energia é diretamente proporcional a área do arco elétrico formado. Esta equação exemplifica bem os arcos elétricos formados em disjuntores a ar comprimido para correntes de grande intensidade, limitando-se para correntes pequenas.

Em 1943, Mayr apresentou a equação de Cassie melhorada, baseando-se na equação de Elembaas-Helle, no qual assume a coluna de arco com raio constante,

com a dissipação do calor ocorrendo apenas na periferia por condução, e a condutância variando exponencialmente com a energia armazenada.

$$\frac{1}{G} \frac{dG}{dt} = \frac{1}{\Theta} \left(\frac{u \cdot i}{P_s} - 1 \right) \quad (3)$$

G - Condutância do arco elétrico

Θ - Constante térmica do tempo

U e i - Valores de tensão e corrente

P_s - Perda de energia no arco elétrico por unidade de tempo.

Nesta equação de Mayr, a constante Θ (constante térmica do tempo) não adota os mesmos valores, mas continua a relação entre energia armazenada e taxa de energia do arco.

Em 1948, Browne combinou as equações matemáticas de Cassie e Mark para pré-zero e pós-zero da corrente elétrica. As equações ordinárias deram lugar às equações diferenciais parciais querendo retratar o que se passa na passagem da corrente elétrica pelo zero e sua subsequente interrupção. Porém, até hoje não se tem uma equação matemática do fenômeno.

As equações de Cassie e Mayr trouxeram um novo entendimento apesar de limitação. Para que a extinção seja eficiente é necessário que a constante de tempo térmico seja pequena no instante da passagem da corrente pelo zero. Um valor desta constante Θ pequena significa que para mesma quantidade de energia armazenada por unidade de volume, as taxas de perda de energia, deverão ser ao contrário, muito grandes.

A figura (2) mostra a variação da constante térmica de tempo para Sf_6 (exafluoreto de enxofre) em repouso e velocidade sônica, em função do teor de ar no gás, observando como a constante aumenta rapidamente.

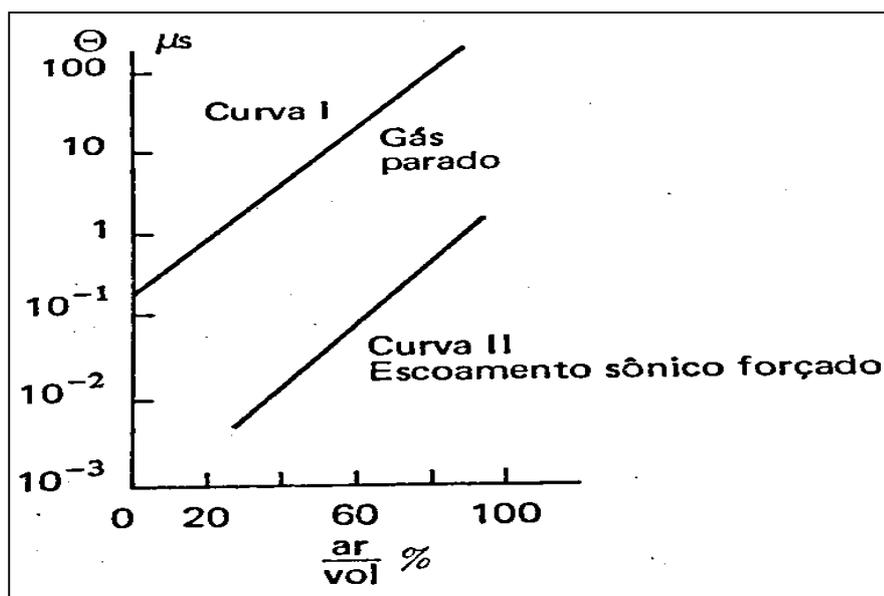


Figura 2: Constante de Tempo do arco em uma mistura de gás - ar . Fonte: Mamede Filho, 2013.

CONCLUSÃO

Após o que foi proposto durante todo este trabalho chegamos à seguinte questão:

Sabendo-se dos parâmetros e equações do arco elétrico, como tipo de circuito ao qual o disjuntor está ligado, é possível prever matematicamente seu comportamento em certa situação?

A resposta desta pergunta é teoricamente afirmativa. A sequência seria primeiramente escolher uma equação ou combinação de equações para o arco que se acredita melhor representá-lo para o disjuntor e para a ação de manobra. Escolhem-se também os parâmetros do arco ou uma gama deles através de determinações experimentais ou referenciais. Na sequência, determina-se com o máximo detalhamento possível as equações do circuito ao qual o disjuntor está ligado. Por fim resolvem-se numericamente as equações diferenciais por métodos conhecidos

Na Figura (3) (b) a perda de energia do arco estático P_s da fórmula de Mayr.

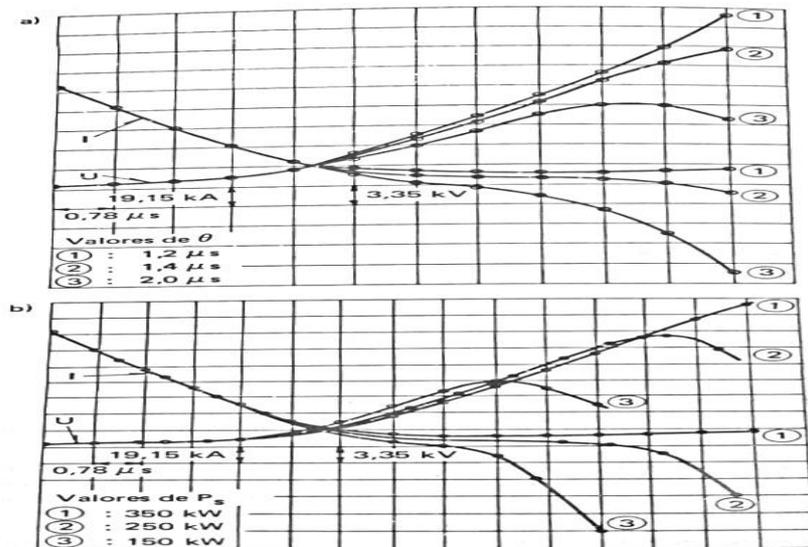


Figura 3: Previsão do comportamento de um disjuntor em falta quilométrica. Curvas calculadas de tensão e corrente ao redor do zero da corrente. Corrente interrompida = 46kA . Curvas (a) $P_s = 250\text{kW}$, Curvas (b) $\theta = 1,4$. Fonte: Mamede Filho, 2013.

As variáveis como indutância do arco nos primeiros microssegundos após a corrente passar pelo zero mostram claramente se o disjuntor interromperá a corrente com sucesso ou não.

Pode-se também analisar pela condutância do arco, a tensão e a corrente após passar pelo zero como pode ser observado na figura (3). Na figura (3) (a) o parâmetro variável é a constante θ do arco.

As duas figuras mostram o par de curvas (1) mostrando o sucesso da interrupção, pois a curva de corrente se anula e a curva de tensão cresce constituindo-se na tensão transitória de restabelecimento nos terminais do disjuntor. Já as curvas (2) e (3) mostram um ponto de inflexão, após os primeiros microssegundos depois do zero da corrente, no sentido de aumento da corrente e diminuição da tensão, indicando uma reignição e não interrupção da corrente. Nota-se também que a interrupção se faz no sentido de valores mais baixos de θ (constante térmica do tempo) ou mais elevados de P_s .

Esta análise de previsão possui grandes limitações que resumimos como: quaisquer que sejam as combinações de equações usadas para modelar o arco, ela serão apenas aproximações imprecisas do fenômeno. Os parâmetros constantes do arco θ (constante térmica do tempo) e P_s (perda de energia no arco elétrico por unidade de tempo), não são na realidade constante, elas variam com o tempo ou

com a corrente a ser interrompida. O sistema ao qual o disjuntor está ligado também só pode ser modelado com certas aproximações. Este processo é usado algumas vezes para se analisar casos limites de operação de disjuntores, principalmente em falhas deste equipamento, onde as solicitações são severas e em abertura de pequenas correntes indutivas, onde o nível de instabilidade com conseqüente corte da corrente é importante para determinar as sobretensões. Estas limitações não substituem os ensaios.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, I. M. CÂMARA J. C. *Manutenção de disjuntores e Noções sobre confiabilidade*, 2010.

CARVALHO, A. C. C. *Disjuntores e Chaves- aplicação em sistemas de potência*, Niterói, EDUFF, 1995.

DERICO, P. P. *Manual de disjuntores - RGE*, 2009.

FREIBERGER, S. R. *Manutenção de Equipamentos Elétricos*, Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira Da Cunha, 2011.

MAMEDE FILHO, J. *Manual de Equipamentos Elétricos*, 4ª edição, 2013, p. 324-367.

MAMEDE FILHO, J.; MAMEDE, D. R. *Proteção de sistemas elétricos de potência*. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MEIRELES, H. G. *Disjuntor de Alta Tensão Especificação - CELG*, 2014.

SAMPAIO, A. L. P. *Consolidação De Material Didático Para a Disciplina de Equipamentos Elétricos- Disjuntores*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica Departamento de Engenharia Elétrica, 2012.

Painel de comandos elétricos didático com simulação de falhas

Electrical command panel didactic with fault simulation

Jeferson Faustino da Silva¹
Thiago Rodrigues da Silva¹
Aline Emy Takiy de Oliveira²

RESUMO

Na indústria e com o passar do tempo, a exposição de resíduos, produtos e temperaturas variadas, faz com que os dispositivos e painéis elétricos se desgastem, e conseqüentemente acabem não funcionando de maneira eficiente, fazendo com que atrapalhem os processos e a produção da indústria. Com isso, vão surgindo defeitos e falhas nos acionamentos de comando e potência de motores e máquinas elétricas. Os profissionais devem de maneira rápida e eficiente resolver e consertar tais defeitos. Neste trabalho, foi abordada uma proposta de um painel didático para o acionamento de motores elétricos de forma que os alunos, futuros engenheiros, possam interagir e desenvolver a percepção de falhas que possam ocorrer em circuitos de acionamento industriais, para que assim, consigam futuramente orientar técnicos, eletricitas e sua equipe de manutenção elétrica, sobre a possível falha no sistema.

Palavras-chave: Painel Didático, Acionamento Industriais, Simulação de Falhas.

ABSTRACT

In the industry, along the time, the exposure of waste, varied products and temperatures, makes electrical panels and devices wear themselves and operating efficiently causing disturb the processes and production industry. Thus, arise faults and failures in command drives and power engines and electric machines. Professionals should quickly efficiently solve and fix such defects. In this paper was proposed a didactic panel to the drive electric motors where students, future engineers, can interact and develop the perception of

1, Acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Doutora, orientadora e docente do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba,

failure that may occur in industrial drive circuits, so that they can eventually guide technicians, electricians and his team of electrical maintenance on the possible system failure.

Keywords: Didactic panel, Industrial Drive, Fault Simulation.

Introdução

Os avanços tecnológicos da indústria tem cada vez mais exigido a construção de um conjunto de novas competências para a melhor formação de profissionais da área de manutenção (MORO & AURAS, 2007). E devido a este crescimento surge o aumento da complexidade dos sistemas elétricos e mecânicos, e começam a surgir dificuldades para solucionar problemas nas máquinas e equipamentos (SILVA, 2013a).

Este projeto consiste no desenvolvimento prático da identificação de falhas de acionamentos através de chaves alavanca, as quais simulam defeitos que podem ocorrer no dia a dia nas indústrias. Apresenta-se uma proposta didática simples de partida direta com reversão, noções básicas de comandos e a familiarização dos componentes utilizados em acionamentos, os diagramas elétricos com seu funcionamento e a lista das possíveis falhas para a investigação dos erros.

Com o objetivo de proporcionar o desenvolvimento dos alunos a identificar problemas e resolvê-los de maneira didática, estimular o raciocínio lógico de comandos elétricos, através do painel de simulação de acionamento de motores e identificar as possíveis falhas elétricas através do sistema de chaveamento.

Finalidades Pedagógicas

Com a proposta do painel didático, espera-se que o aluno possa conhecer os acionamentos de motores elétricos, o funcionamento da partida direta com reversão e familiarizar com o sistema elétrico industrial. E também a desenvolver

a leitura e interpretação de diagramas elétricos e o raciocínio lógico de comandos elétricos.

Todo o desenvolvimento é de grande importância para o aluno, para que no futuro, em uma indústria, possa tomar decisões e atitudes corretas com relação à manutenção, orientar técnicos, eletricitistas e sua equipe de manutenção elétrica, sobre as possíveis falhas no sistema, pois a base do funcionamento de partidas elétricas ele receberá em sua formação teórica e prática.

E para o professor, cabe a ele avaliar o aluno através da observação das anotações e de relatórios sobre os testes do experimento no laboratório, que seria proposto para o aluno.

Fundamentação Teórica

Noções básicas de comandos elétricos

Comandos elétricos são técnicas e métodos que servem para controlar ou manipular acionamentos de máquinas e equipamentos a distância. É composto de circuito de força, onde encontra-se a ligação dos motores trifásicos, e o circuito de comando onde encontra-se os dispositivos de acionamento, manobra e proteção (MORAES, 2015).

Contator

Contator é um dispositivo eletromecânico que tem a finalidade de abrir ou fechar circuitos, podem ser comandados a distância por dispositivos de acionamentos ou eletronicamente, possui duas funções principais a lógica de contatos e acionamento de motores (ANTONIO, 2012).

Contatos NA e NF

São os contatos que indicam a operação do contator, podem ser abertos ou fechados. O contato normalmente aberto (NA) não há passagem de corrente elétrica em posição de repouso. O contato normalmente fechado (NF) há passagem de corrente elétrica em posição de repouso. Esses contatos são utilizados para fins de comando, trava ou sinalização (FRANCHI, 2008).

Selo

É o contato ligado em paralelo com o fechamento da botoeira, tem a finalidade de manter a corrente circulando pelo contator após o operador ter retirado o dedo da botoeira. (SILVA, 2006b).

Intertravamento

É a ligação entre os contatos auxiliares de vários dispositivos, pelos quais são dependentes um dos outros. Através do intertravamento, evita-se a ligação de certos dispositivos antes que os outros permitam essa ligação. (NISKIER & MACINTYRE, 2013).

Relê Térmico

É um dispositivo destinado a proteger o motor contra sobrecarga devido ao efeito térmico provocado pela corrente elétrica. Possui internamente um bimetal, o conforme aumenta à temperatura ele se dilata fazendo com que desarme o circuito (SENAI, 2010).

Botoeiras ou Botões

São dispositivos de acionamento manual que possuem a função de interromper, iniciar ou comandar um processo de automação por pulso elétrico de baixa corrente (FRANCHI, 2008).

Sinalização

São equipamentos que tem a finalidade de sinalizar se um equipamento ou máquina esta pronto para operar, se esta em operação ou se possui alguma ocorrência, podem ser do tipo sonoro ou luminoso. São fabricadas de diversas cores e formas (ANTONIO, 2012).

Sistema de partida direta com reversão

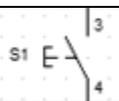
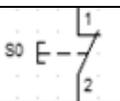
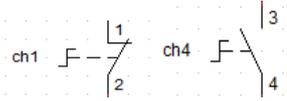
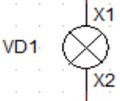
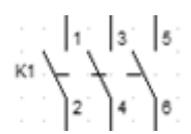
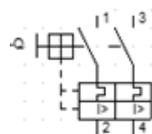
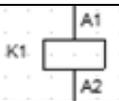
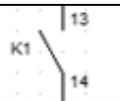
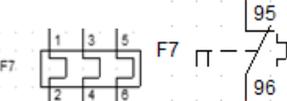
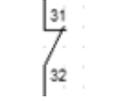
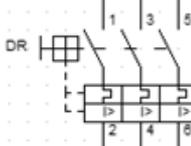
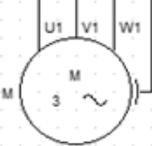
Partida direta com reversão consiste em aplicar ao motor elétrico 100% da tensão necessária para que ele funcione com potência total. Esse tipo de partida fornece ao operador a opção de realizar a inversão de rotação do motor quando

desejado (GUSTAVO, 2013). A reversão é feita pela inversão das fases de alimentação, através de dois contatores comandados por dois botões cujo acionamento fornece rotações no sentido horário e anti-horário, quando há necessidade de controlar o movimento de avanço ou retrocesso de um dispositivo motorizado de uma máquina, empregam-se contatores comandados por botões ou por chaves fim de curso. (SENAI, 2010).

Simbologia

Adotou-se a simbologia gráfica do software CADeSIMU conforme o Quadro 1:

Quadro 1 – Simbologia de Comandos Elétricos

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Interruptor Alavanca NF e NA		Sinalização Luminosa de Led
	Contatos tripolares NA, ex: contator de potência.		Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos bifásico, proteção contra correntes de curto e sobrecarga.
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator.		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos trifásico, proteção contra correntes de curto e sobrecarga.		Motor trifásico

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Diagrama

A seguir, a Figura 1 mostra o diagrama de força e comando, elaborado pelo Autor no software CADeSIMU:

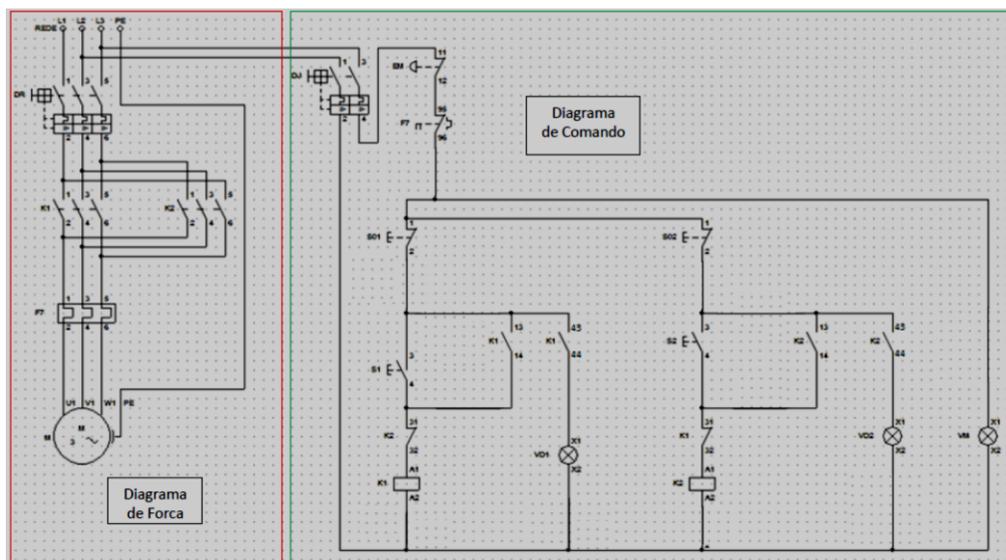


Figura 1 - Diagrama de força e comando da partida direta com reversão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Funcionamento do Circuito de Partida Direta com Reversão

Na condição inicial as contadoras K1 e K2 estão desligadas. Quando acionado o botão S1 alimenta a bobina da contadora K1 e fica mantido acionado pelo selo nos contatos NA 13/14, o intertravamento de K1 NF 31/32 abre protegendo contra o acionamento de K2.

Acionando o botão S2, o contato do intertravamento de K2 NF 31/32 abre protegendo contra o acionamento do K1, e K2 fica mantida acionada pelo contato NF 13/14. Este processo faz com que se inverta o sentido de rotação do motor devido a defasagem da corrente elétrica entre os condutores.

De maneira que acionam os contatos auxiliares da contadora, faz com que se acione a parte de potência, ou seja, quando K1 esta acionada a sua parte de força está energizada, pois está ligada diretamente com as fases da rede. E quando aciona K2 inverte a polaridade das fases, fazendo a reversão da rotação do motor.

Metodologia

Conhecendo o Painel Didático

Para começar a simulação, o aluno deve primeiro ter a integração, conhecer as partes e os componentes principais do painel, conhecer também a sinalização luminosa do painel energizado e desenergizado e o botão de emergência.

Cabe ao professor mostrar a utilização do instrumento de medição elétrica na investigação das falhas e ressaltar a importância dos procedimentos de segurança na manipulação de circuitos energizados. Deve também orientar a análise do diagrama do funcionamento do painel e como seguir o guia que contém as dicas para verificação das possíveis falhas nos circuitos.

A seguir, a Figura 2 mostra a parte externa do painel e a Figura 3 mostra a parte interna do painel:



Figura 2 - Parte externa do painel didático.
Fonte: Elaborado pelo Autor



Figura 3 - Parte interna do painel didático.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Simulação do Painel

Inicialmente, a sinalização vermelha indica que o painel encontra-se energizado, pronto para operar. Deve-se acionar o botão S1 para a primeira simulação do motor girando no sentido horário. Após, acionar S2 e simular o motor girando no sentido anti-horário. Desliga-se a parte de força e inicia-se os testes.

Em seguida, na lateral esquerda do painel, desligar as chaves pino uma por vez, fazendo a simulação da falha no painel, sendo assim, o aluno com ajuda do guia e do multímetro deve seguir o diagrama e testar até encontrar o erro.

A seguir, o Quadro 2 mostra a Lista de possíveis falhas a serem simuladas no painel.

Quadro 2- Lista de possíveis falhas a serem simuladas no painel

Nº	Possíveis Falhas a Serem Simuladas
1	Não alimenta o circuito
2	Não aciona K1
3	Não aciona K2
4	K1 fica acionado direto
5	K2 fica acionado direto
6	K1 só funciona se segurar
7	S1Led vermelho não acende
8	K2 só funciona se segurar S2
9	Problema na bobina de K1
10	Problema na bobina de K2
11	Led Verde da Partida Direta não Liga
12	Led Verde da Reversão não liga

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Seguindo o guia e testando o circuito, deve-se ir anotando as falhas e fazendo um relatório para se discutir os resultados obtidos.

O professor deve possuir em mãos o gabarito com as respostas para acompanhar a simulação feita pelos alunos.

Resultados

Observa-se que o aluno seguindo a lista das possíveis falhas e testando com o voltímetro contato por contato, consegue descobrir onde está o defeito do sistema, seja um curto-circuito, ou um contato aberto ou cabo rompido.

A seguir, a Figura 4 mostra o diagrama contendo as chaves que simulam as falhas, elaborado pelo Autor no software CADeSIMU:

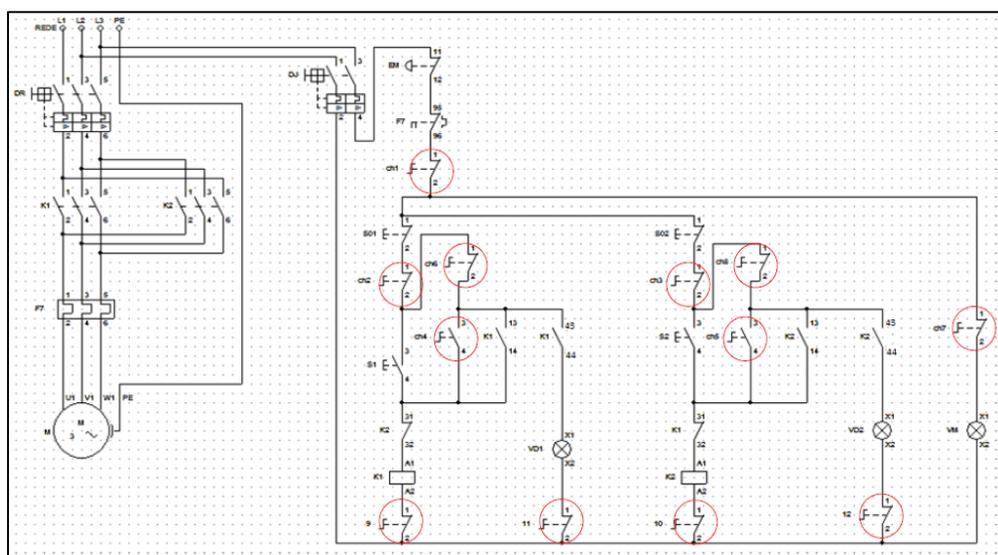


Figura 4- Diagrama contendo as chaves que simulam as falhas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, o Quadro 3 mostra a correção das falhas:

Quadro 3 – Correção das falhas

Nº	Correção das Falhas
1	Fio entre o contato 95 do relé térmico e o Jumper de S01 está rompido
2	Fio entre o jumper no contato 2 de S01e o contato 3 do S1 está rompido
3	Fio entre o jumper no contato 2 de S02 e o contato 3 do S2 está rompido
4	Curto circuito entre o selo de K1 nos contatos 13 e 14
5	Curto circuito entre o selo de K2 nos contatos 13 e 14
6	Fio entre o jumper do selo de K1 e a botoeira está rompido

7	Fio rompido entre a jumper e o Led VM
8	Fio entre o jumper do selo de K2 e a botoeira está rompido
9	Fio entre o contato A2 de K1 e da fase L2 está rompido
10	Fio entre o contato A2 de K2 e da fase L2 está rompido
11	Fio entre o Led VD1 e a fase L2 está rompido
12	Fio entre o Led VD2 e a fase L2 está rompido

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conclusão

Com este projeto, pode-se aplicar um conceito diferenciado de ensino nos cursos de Engenharia Elétrica, podendo visualizar na prática problemas cotidianos que possam ocorrer, trabalhando em campo na área industrial.

Observa-se a importância do ensino teórico e prático com a proposta didática no ensino e na formação acadêmica, pois são as noções básicas que o aluno deve ter para que na indústria tenha um bom desempenho na solução de problemas.

Os procedimentos realizados e os métodos utilizados são de grande importância para a aprendizagem, agregando maior conhecimento e facilitando assim, a abordagem de futuras práticas.

Proposta para trabalhos futuros

Com a proposta de continuar o desenvolvimento do projeto, pretende-se automatizá-lo, através da adaptação de um circuito eletrônico com microcontroladores PICs e um display para mostrar as correções. Assim como, desenvolver um software para comandar o painel, que facilitará a simulação das falhas.

Referências bibliográficas

ANTÔNIO, J. *Apostila de TSA 2° TMPT E 2° TMPN - 1° SEM.*- Hidráulica, Pneumática, Noções de Comandos Elétricos, Eletropneumática e Eletrohidráulica. ETEC Fernando Prestes. 2012.

FRANCHI, C. M. *Acionamentos Elétricos*. 4ª Ed. Érica. São Paulo, 2008.

GUSTAVO, E. *Artigo Partida Direta com Reversão*. 8 de Setembro 2013. Disponível em: <<http://eletrotecnicaeinstrumentacao.blogspot.com.br/2013/09/partida-direta-com-reversao.html>>. Acesso: 06 de setembro de 2015.

MORAES, E. *Sala da Elétrica - Comandos Elétricos*. Disponível em: <<http://www.saladaeletrica.com.br/comandos-eletricos/>>. Acesso: 10 de setembro de 2015.

MORO, N.; AURAS, A. P. *Introdução a Gestão da Manutenção*. Florianópolis, 2007.

NISKIER, J. MACINTYRE, A. J. *Instalações Elétricas*. 6ª Ed. LTC. Rio de Janeiro, 2013.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI. *Apostila de Comandos Eletroeletrônicos do Curso de Aprendizagem Industrial*. São Paulo, 2010.

SELEME, R. B., ROBSON, S. *Automação da produção: uma abordagem gerencial*. Ed. Rev. Atual. Curitiba, 2011. p. 211.

SILVA, M.; CARVALHO, J.; GARCIA, M. *Artigo: Sistema especialista de apoio ao ensino de manutenção industrial*. Guarulhos, 2013a.

SILVA, M. E. *Apostila do Curso de Comandos Elétricos*. Piracicaba, 2006b.

Viabilidade da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil

Feasibility of generation of photovoltaic solar energy in Brazil

Henrique Alves dos Santos ¹
Israel Felipe Junio ¹
Renan Pozzatti ¹
Vitor Hugo Pires Neves ¹
Giuliano Pierre Estevam ²

RESUMO

Na tentativa de suprir as lacunas na geração de energia, e reduzir a utilização de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, fontes alternativas se apresentam como solução. O mercado atual prefere as fontes de energias limpas e renováveis, o que motiva a procura por fontes que se enquadrem dentro deste novo desenvolvimento sustentável. Assim, o projeto proposto tem a finalidade de analisar o sistema elétrico brasileiro e demonstrar a viabilidade do sistema solar fotovoltaico no território nacional.

Palavras-chave: Energia elétrica; Energias limpas; Sustentável.

ABSTRACT

In an attempt to fill the gaps in the power generation, and reduce the use of fossil fuels in the electric power generation, alternative sources are presented as a solution. The current market prefers sources of clean and renewable energy, which motivates the search for sources that fall within the new sustainable development. Thus, the proposed project aims to analyze the Brazilian electrical system and demonstrate the viability of solar photovoltaic system in the country.

Keywords: Electricity; Clean energy; Sustainable.

1, Acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Doutor, orientador e docente do curso de Engenharia Elétrica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, giulianoestevam@gmail.com.

Introdução

Desde a revolução industrial, a demanda de energia elétrica no mundo cresce associada ao poder aquisitivo das classes sociais. Como a humanidade se tornou dependente da eletricidade e de acordo com Pereira e colaboradores. (2006) até o final desta década o consumo de energia elétrica nos países em desenvolvimento ultrapassará o dos países de primeiro mundo.

Devido ao aumento da demanda de energia e o desenvolvimento da consciência ambiental, a comunidade científica constata a necessidade de pesquisar fontes de energia renováveis que sejam menos poluentes, e que produzam menor impacto ambiental com custo reduzido (PEREIRA et al., 2006).

O Brasil possui uma matriz energética na qual predominam fontes renováveis acima de 85% para geração de energia elétrica, enquanto a média mundial está na faixa de apenas 19%. No entanto, verifica-se uma dependência no uso das usinas hidrelétricas, que somam mais de 70% desta (FILHO, 2013).

Segundo esse mesmo autor, as chuvas ocorreram com frequência menor que o esperado no país, o que reduziu de maneira significativa o volume de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas. Tal problema provocou a necessidade de uso intenso das usinas termelétricas para atender a demanda necessária de energia.

Como a maioria das usinas termelétricas utiliza combustíveis fósseis para a produção da energia, os poluentes são liberados em grande escala e contribuem para o efeito estufa e o aumento do aquecimento global. Outra grande desvantagem é seu elevado custo quando comparado com a produção de energia em usinas hidrelétricas (FILHO, 2013).

Com a crescente escassez dos combustíveis fósseis, as pesquisas e utilização de fontes alternativas de energia ganham cada vez mais espaço no mercado e na comunidade científica. Dentre as possibilidades, destaca-se o Sol como fonte de energia, que pode ser considerado fonte inesgotável de energia. Pode ser aproveitado desde o aquecimento direto da água em residências, até a geração de energia elétrica por meio de células fotovoltaicas. É considerada uma fonte de energia limpa, renovável e que não emite gases de efeito estufa, e, por isso,

deve ganhar o seu espaço na matriz energética brasileira nos próximos anos.

As células fotovoltaicas são constituídas basicamente por semicondutores que expostos à radiação, têm seus elétrons movimentando-se de forma ordenada, o que caracteriza uma corrente elétrica. Tal fenômeno é denominado efeito fotoelétrico. A energia elétrica gerada é processada por controladores e conversores, e sua utilização pode ser tanto no armazenamento em baterias quanto na utilização direta em sistemas conectados à rede de transmissão ou distribuição de energia elétrica. A energia do Sol é usada como fonte de energia, e é viável em praticamente todo o território brasileiro, o que facilita a sua instalação próxima dos grandes centros consumidores (PINHO & GALDINO, 2014).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no ano de 2012, as construções em menor escala, chamadas de microgeração (central geradora com potência menor ou igual a 100 kW) e minigeração (central geradora com potência maior que 100 kW e menor que 1 MW), são soluções para a geração de energia no próprio local de consumo. Podem ser instaladas em casas, comércios e indústrias, conforme a demanda de energia. A produção de energia nos centros consumidores é conhecida também como geração distribuída e tem vantagens sobre a geração tradicional, como economia em investimento de transmissão, distribuição de energia, redução das perdas e uma melhor qualidade do serviço

A novidade na geração distribuída é o *Grid-Tie*, que permite o produtor da energia interligar seu sistema com a rede de energia da concessionária local. O produtor empresta a energia excedente para a concessionária alimentar outros consumidores e ainda ajudar na geração de energia. Em alguns países os produtores vendem a energia à concessionária durante o dia e compram no período noturno (ANEEL, 2012).

Esta agência criou algumas regras que auxiliam na geração de energia, na utilização do sistema *Grid-Tie* e na sua distribuição para a concessionária local. Para a microgeração e minigeração, a energia vendida é cedida em forma de empréstimo gratuito para a distribuidora, e é recebido um crédito em energia na mesma quantidade a ser utilizada por um prazo de 36 meses.

Desta forma, o presente estudo tem por objetivo analisar o sistema elétrico brasileiro atual, e comparar a geração e a demanda de consumo, a partir dos resultados obtidos ao longo da pesquisa e apontar a viabilidade de energias

renováveis, com o foco principal na energia solar fotovoltaica em escala macroscópica.

Metodologia

Como funciona o sistema?

Utiliza placas fotovoltaicas que produzem energia a partir da radiação solar incidida na sua superfície, gera em corrente contínua e transmite a energia para um inversor de frequência a fim de convertê-la em corrente alternada, a qual poderá ser utilizada na carga ou injetada na rede (NEOSOLAR, 2015).

Esse fenômeno é produzido devido à excitação dos elétrons de alguns materiais, que ao entrar em contato com a radiação solar gera a energia. Até o momento o material mais utilizado para a conversão da radiação solar em energia elétrica é o silício, com uma margem de até 25% de eficiência (ATOMRA, 2015).

O maior obstáculo para o sistema se tornar predominante é o valor elevado dos componentes do sistema, que custam em média R\$ 14.000,00 para uma residência de consumo médio de 250 kWh/mês. Nos últimos anos tem acontecido uma redução nos custos do sistema (ATOMRA, 2015).

Os tipos de sistema

Existem dois tipos básicos: Sistemas Isolados (*Off-Grid*) e Sistemas Conectados à Rede (*Grid-Tie*). Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar a rede elétrica é elevado; são utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações e bombeio de água. Já o sistema *Grid-Tie*, substitui ou complementa a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica (NEOSOLAR, 2015).

Sistema Off-Grid

Este sistema necessita de alguma forma de armazenamento de energia, que pode ser feito com o uso de baterias. O controlador de carga é usado em sistemas pequenos em que os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua. Para alimentação de equipamentos de corrente alternada é necessário

um inversor conforme Figura 1 (NEOSOLAR, 2015).



Figura 1: Sistema *Off-Grid*
Fonte: Modificado de (NEOSOLAR, 2015)

Sistema On-Grid

O sistema *On-Grid* ou *Grid-Tie* não utiliza armazenamento de energia (Figura 2), pois toda a geração é entregue diretamente à rede. Os sistemas fotovoltaicos interligados a concessionária de energia, representam uma fonte complementar de grande porte. Todo arranjo é ligado a um inversor, que faz a conexão com a rede elétrica e satisfaz as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada por: anti-ilhamento, distorção harmônica em consonância com as normas aplicáveis, saída CA com forma de onda senoidal pura, sobretensões e sobrecorrente (NEOSOLAR, 2015).

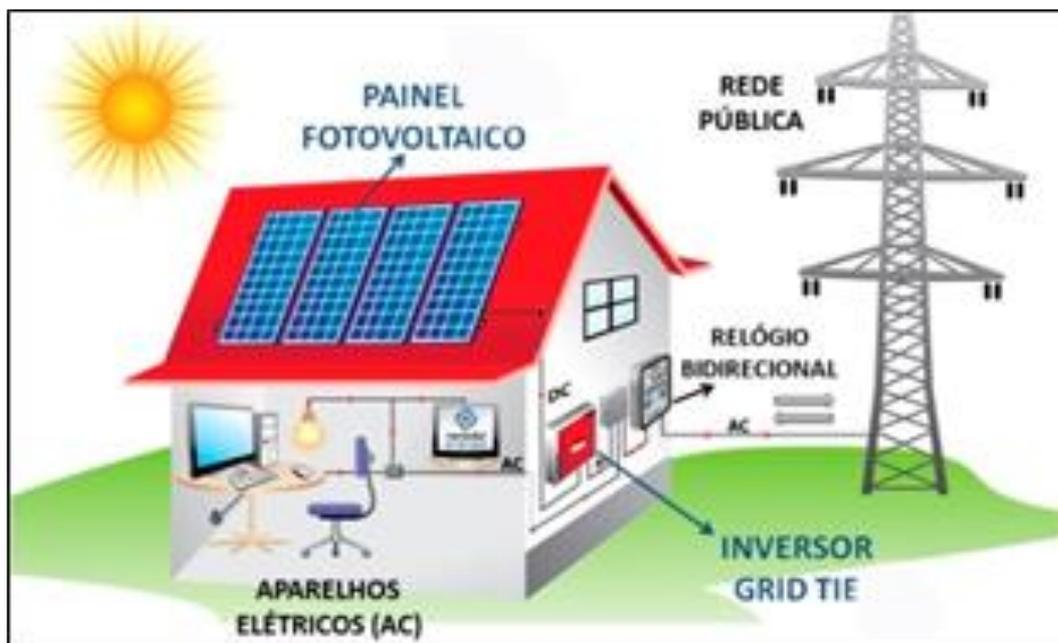


Figura 2: Sistema *On-Grid*
 Fonte: Modificado de (NEOSOLAR, 2015)

Componentes do Sistema

Os componentes básicos para o sistema fotovoltaico são divididos em três blocos: gerador que é composto pelos painéis fotovoltaicos, os cabos e a estrutura dos painéis; condicionamento de potência, inversores de frequência, controladores de carga e sistema de medição; e armazenamento (opcional para sistemas *Grid-Tie*) composto pelas baterias do sistema (PINHO & GALDINO, 2014).

Painéis

Atualmente são utilizados dois diferentes materiais para a produção dos painéis: o silício cristalino e os filmes finos.

No que diz respeito ao silício cristalino, as células mais utilizadas são as monocristalinas, que possuem um rendimento que varia de 16 a 25% e recebem grande investimento, mas seu processo de fabricação ainda tem alto custo e alta complexidade. Há ainda as células policristalinas, que possuem um menor processo de preparação da sua matéria-prima, reduzindo seu custo, porém possui rendimento 10% menor que as células monocristalinas (ATOMRA, 2015).

Uma tecnologia recentemente introduzida no mercado, no ano de 2007, são as células de filmes finos. Seu processo de fabricação utiliza uma quantidade menor de matéria-prima se comparada com as células acima descritas e elimina a etapa de corte, contudo seu rendimento é inferior ao de silício cristalino (ATOMRA,

2015).

Baterias

Nos sistemas *Grid-Off*, em que não há ligação com a rede, há a necessidade da utilização de um banco de baterias para o armazenamento da energia produzida pelas placas fotovoltaicas. A bateria mais utilizada é a chumbo-ácido. Ela foi projetada especialmente para esta função, que é estacionária, ou seja, permite variações entre 20 a 80% da sua capacidade máxima e suporta ciclos profundos (ATOMRA, 2015).

Os controladores de carga

Nos sistemas *Grid-Off* é imprescindível a utilização dos controladores de carga para a proteção do banco de baterias, e sua função é regular a carga, para que não chegue a 0% e não ultrapasse o limite de 80%. O controlador necessariamente precisa estar sempre ativo, para prevenir dano ao banco de baterias, o que pode causar grandes prejuízos (ATOMRA, 2015).

Inversor

Quando se utiliza o sistema *Grid-On* é necessária à utilização de um inversor de frequência, já que o painel fotovoltaico gera a tensão em corrente contínua e necessita dele para transformar em corrente alternada, a fim de que esteja em sincronia com concessionária de energia (ATOMRA, 2015).

Os inversores ou conversores estáticos têm a função de efetuar um chaveamento para direcionar o fluxo da corrente. Os principais tipos de inversores são classificados quanto à forma de onda da tensão de saída. São eles: inversor de onda quadrada, inversor de onda retangular, inversor de onda senoidal e PWM ou Modulação por Largura de Pulso (ATOMRA, 2015).

Relógio Bidirecional

O medidor bidirecional tem por finalidade realizar a medição contínua da alimentação elétrica, pode ser utilizada tanto para enviar a energia para a rede quanto para recebê-la para consumo próprio (ATOMRA, 2015).

Outros equipamentos

São necessários também cabos para ligação entre o sistema e estrutura para a fixação dos painéis fotovoltaicos (ATOMRA, 2015).

Sistemas de compensação de energia

Em 17 de abril de 2012, foi publicada pela ANEEL a resolução normativa (482/2012), revisada em 14 de dezembro do mesmo ano, com vistas à facilidade da integração entre mini e microgeradores de energia por fontes renováveis à rede elétrica.

O sistema de compensação se baseia na utilização de um medidor bidirecional, em que são medidas entrada e saída de energia. A energia produzida em excesso é distribuída para a rede, o valor é convertido em créditos para que ela seja consumida em meses posteriores por unidades consumidoras cadastradas no mesmo CPF ou CNPJ (ANEEL, 2012).

Para participar do sistema de compensação de energia, a unidade geradora não pode ultrapassar em geração a potência de carga instalada. Caso haja necessidade de uma geração superior, necessário se faz o contato com a distribuidora local para solicitar o aumento de carga instalada para consumidores do grupo B¹ ou de demanda contratada no caso do grupo consumidor A¹. Para o aumento da demanda contratada ou instalação de nova unidade consumidora participante do sistema de geração distribuída, os consumidores devem contribuir financeiramente para que o procedimento ocorra. Cabe ressaltar que as regras para tal participação são definidas em regulamentação específica (ANEEL, 2012).

Quando é necessário ampliar a rede de distribuição decorrente de instalações que pertençam ao sistema de compensação de energia, os custos devem ser exclusivos da concessionária e não podem ser repassados aos minigeradores e microgeradores de energia (ANEEL, 2012).

¹ Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV.

² Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV.

Aproveitamento de energia

No Brasil, devido às condições climáticas, as células fotovoltaicas são encontradas com maior frequência nas regiões norte e nordeste, por causa das comunidades isoladas das redes de energia elétrica (PEREIRA et al., 2006).

No entanto, as condições climáticas não são as únicas a serem consideradas. Existe também a energia incidente total sobre a superfície da terra; o que depende da latitude da região e da posição do Sol, bem como a hora do dia e estação do ano, que se deve ao movimento de rotação e de translação da terra, como se pode ver na Figura 3 (PEREIRA et al., 2006).



Figura 3: Estações do ano e o movimento da Terra em torno do Sol
Fonte: (PEREIRA et al., 2006)

Para o maior rendimento da energia solar é importante considerar a linha do equador e a latitude do local em que será utilizado o sistema. Assim, a instalação do painel solar é feita com a melhor angulação, para que durante o período do ano em que ocorra a necessidade de melhor aproveitamento solar, o sistema fique exposto por maior tempo ao nível de radiação ideal (PEREIRA et al., 2006).

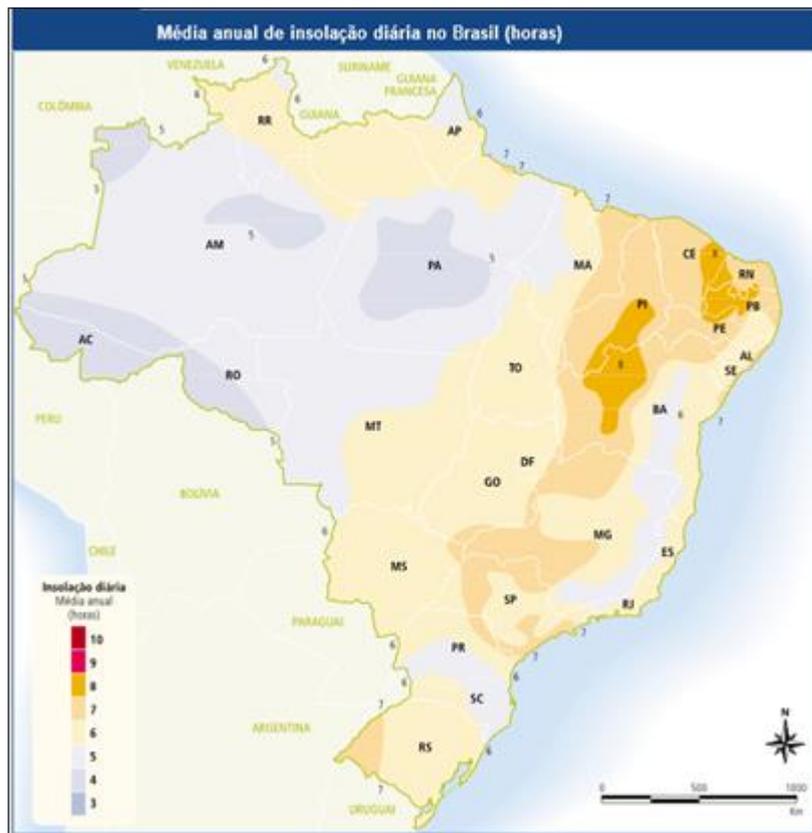


Figura 4: Média anual de insolação diária no Brasil

Fonte: (PEREIRA et al., 2006)

A energia solar incidente em todo o planeta é estimada na ordem de 10.000 vezes a demanda atual da energia elétrica mundial (PEREIRA et al., 2006).

A Figura 4 (acima colacionada) apresenta o índice médio anual de radiação solar no país, segundo o Atlas de Irradiação Solar no Brasil. Como pode ser observado, os maiores índices de radiação são destacados na região Nordeste, com destaque para o Vale do São Francisco. É importante ressaltar que mesmo as regiões com menores índices de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético (PEREIRA et al., 2006).

No Brasil há uma infinidade de pequenos aproveitamentos da energia solar, porém esse potencial ainda é pouco utilizado, como pode ser observado abaixo na Figura 5 (PEREIRA et al., 2006).

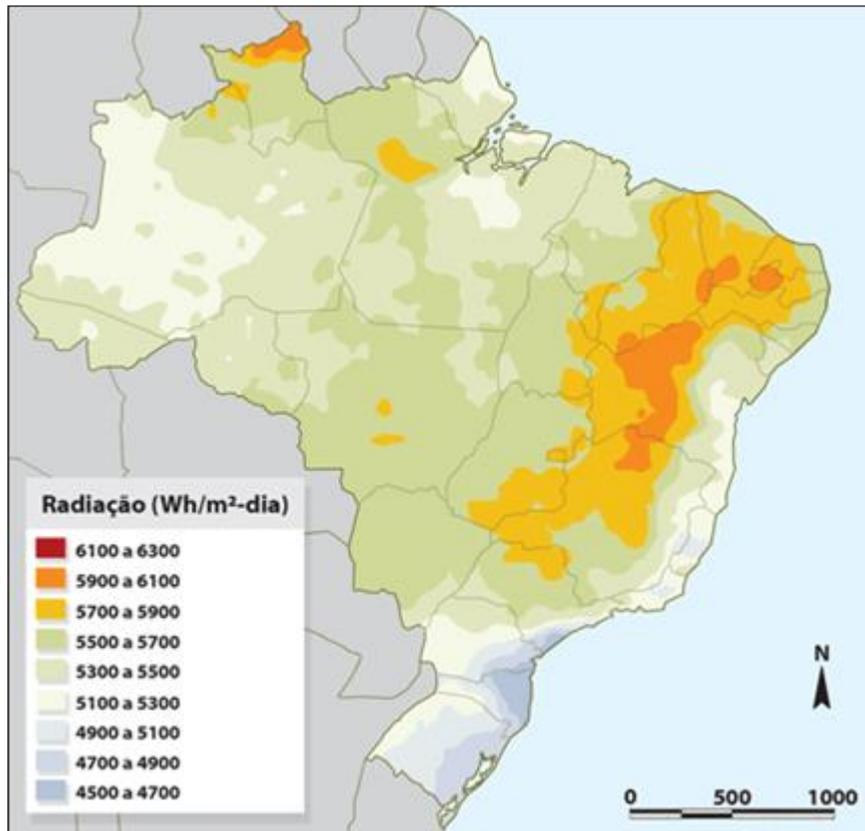


Figura 5: Radiação solar global diária
 Fonte: (PEREIRA et al., 2006)

Implementação do sistema, cálculos e resultados

Para implementar um sistema conectado à rede, são necessárias algumas informações sobre o local consumidor; no nosso estudo utilizamos uma residência de médio porte localizada no município de Araçatuba, estado de São Paulo.

A primeira informação a ser obtida é a média de consumo anual da residência que pode ser calculada [1] utilizando a fatura de energia.

Cálculo da média anual:

$$Média\ anual = \frac{Somatória\ anual\ de\ consumo}{Meses\ em\ um\ ano} = \frac{6550\ kWh}{12} \cong 546\ kWh\ [1]$$

Após isso é necessário calcular a média de dias do mês por ano [2] e a média de consumo diário [3].

Cálculo da média de dias do mês por ano:

$$Média\ de\ dias = \frac{Dias\ do\ ano}{Meses\ em\ um\ ano} = \frac{365}{12} \cong 30,42\ dias\ [2]$$

Cálculo da média de consumo diário:

$$\text{Consumo diário} = \frac{\text{Média anual}}{\text{Média de dias}} = \frac{546.000 \text{ Wh}}{30,42} \cong 17,95 \text{ kWh/dia [3]}$$

Com a utilização do mapa solarimétrico é obtida a segunda informação, o índice solarimétrico local, que em Araçatuba é 5,11 kWh/m².dia. Com as informações do consumo diário e o índice solarimétrico da região, conseguimos calcular a potência de pico das placas [4] (ATOMRA, 2015).

Cálculo da potência de pico das placas:

$$\text{Potência de pico} = \frac{\text{Consumo diário}}{\text{Índice solarimétrico}} = \frac{17,95 \text{ kWh}}{5,11 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}} \cong 3,51 \text{ kWp [4]}$$

A eficiência do projeto é uma média calculada a partir das condições climáticas, estações do ano, localização da linha do equador, inclinação do painel, hora do dia e dia do ano; a média adotada é 80% e, a partir dela, podemos calcular a potência de consumo [5] (PINHO & GALDINO, 2014).

Cálculo da potência das placas assumindo a eficiência de 80%:

$$\text{Potência de consumo} = \frac{\text{Potência das placas total}}{\text{Eficiência do projeto}} = \frac{3,51 \text{ kWp}}{0,80} \cong 4,39 \text{ kW [5]}$$

Com a utilização de painéis solares fotovoltaicos de 250 W, podemos calcular a quantidade de placas [6] necessárias para suprir a demanda proposta.

Cálculo da quantidade de placas:

$$\text{Quantidade de placas} = \frac{\text{Potência de consumo}}{\text{Potência da placa}} = \frac{4,39 \text{ kW}}{250 \text{ W}} \cong 18 \text{ placas [6]}$$

Conforme cálculo [6], é possível observar que para uma residência que tem um consumo médio de 546 kWh/mês, localizada na cidade de Araçatuba, são necessários 18 painéis fotovoltaicos com geração individual de 250 W posicionados horizontalmente para suprir a demanda de energia.

Cálculo do retorno do investimento

$$\text{Retorno} = \frac{\text{Investimento (R\$)}}{\text{Conta mensal (R\$)}} = \frac{33.900,00}{390,61} \cong 86,8 \text{ meses} = 7 \text{ anos e } 3 \text{ meses [7]}$$

Utilizando como base o consumo médio aproximado tarifado no valor de R\$ 390,61 e levando em conta que o investimento aproximado para a construção de todo projeto é de R\$ 33.900,00 serão necessários aproximadamente sete anos e três meses [7] para o retorno do investimento.

De acordo com PINHO (2014), o sistema fotovoltaico tem uma vida útil de aproximadamente 30 anos, mantendo o rendimento mínimo de 80%. Após esse período o sistema ainda funcionará, mas o rendimento será gradativamente menor. Abaixo o cálculo do tempo de lucro [8].

Cálculo do tempo de lucro

$$\begin{aligned} \text{Tempo de lucro} &= \text{Vida útil do sistema} - \text{Tempo de investimento} \\ &= (30 \text{ anos}) - (7 \text{ anos e } 3 \text{ meses}) = 22 \text{ anos e } 9 \text{ meses [8]} \end{aligned}$$

Cálculo do lucro

$$\begin{aligned} \text{Lucro} &= \text{Tempo de lucro} * \text{Conta mensal (R\$)} \\ &= 22 \text{ anos e } 9 \text{ meses} * 390,61 = \text{R\$ } 106.636,53 \text{ [9]} \end{aligned}$$

Logo, teremos 22 anos e nove meses de economia [8], o que representa um lucro [9] de R\$ 106.636,53, tendo como base as tarifas atuais, sem contar a futura valorização no valor do imóvel, que poderá ser significativa, essas informações demonstram que o sistema não é só uma solução viável como um investimento lucrativo.

Conclusão

Conclui-se, portanto, que o custo da geração de energia é reduzido por ser um sistema de geração que está próximo ao centro de consumo, o que gera economia na transmissão de energia. Um dos melhores aspectos desse meio de geração é que não emite gases poluentes, é uma fonte de energia considerada

inesgotável e conseqüentemente reduz a utilização dos outros meios de geração que agredem o meio ambiente. Devido ao alto custo de instalação e a pouca difusão dessa tecnologia, o sistema fotovoltaico ainda não tem muita procura, ficando restrito apenas às classes sociais mais favorecidas. Uma alternativa para esse problema é a criação de financiamentos e incentivos fiscais pelos órgãos públicos, para viabilizar a produção e instalação do sistema, uma vez que a matéria prima é abundante em nosso país.

Referências bibliográficas

ANEEL, *Resolução normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>> Acesso em 3 de março de 2015.

ATOMRA, *Descubra o Índice Solarimétrico do local do seu projeto*. Disponível em: <<http://www.atomra.com.br/indice-solarimetrico-do-local/>> Acesso em 3 de março de 2015.

ATOMRA, *Energia Solar Fotovoltaica*. Disponível em: <<http://www.atomra.com.br/energia-solar-fotovoltaica/>> Acesso em 3 de março de 2015.

PEREIRA et al., *Atlas brasileiro de energia solar*. São José dos Campos: Swera, 2006.

FILHO, *Energia Elétrica no Brasil: Contexto Atual e Perspectivas*. Disponível em: <http://interessenacional.uol.com.br/index.php/edicoes-revista/energia-eletrica-no-brasil-contexto-atual-e-perspectivas/3/>> Acesso em 24 de agosto de 2015.

NEOSOLAR, *Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes*. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>> Acesso em 3 de março de 2015.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: Swera, 2014.

Engenharia de Bioprocessos

Utilização da fibra de coco para fabricação de briquete

Use of Coconut Fiber Waste for Making Briquettes

Ana Paula Travalon ¹
Daiane Alaniz ¹
Natalia Felix Negreiros ²
Giuliano P. Estevam ³

RESUMO

Devido ao seu clima, algumas regiões do Brasil são grandes produtoras e consumidoras de coco, principalmente a água de coco que, além de saborosa para a maioria das pessoas, uma bebida isotônica utilizada após a prática de exercícios físicos. Com isso é produzida uma grande quantidade de resíduos, dentre eles, a casca do coco, que tem um tempo de decomposição de oito a dez anos. Neste trabalho teve-se por objetivo utilizar a casca de coco prensada como combustível para produção de calor. Foram confeccionadas amostras (briquetes) de coco com umidades diferentes, no que se refere à obtenção de grânulos no processo de moagem, houve distintos resultados: para o coco seco os grânulos ficaram menores e no coco úmido, maiores.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Briquete; Coco verde; Resíduos.

ABSTRACT

Due to its climate, some regions of Brazil are large producers and consumers of coconut, especially coconut water that, besides it is tasty for most people, it is an isotonic drink usually used after the practice of physical exercises. Considering this, it is produced a significant amount of residues, among which we can mention the coconut shell, which has a decomposition time of eight to ten years. This paper proposes the use of the pressed

1, Acadêmica do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium na cidade de Araçatuba.

2, Bióloga. Doutora em Ciência. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, natalia_felix@yahoo.com.br.

3, Engenheiro Eletricista e Físico. Doutor em Engenharia Elétrica, Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, giulianoestevam@gmail.com.

coconut husk as a fuel to produce heat. Samples of coconut (briquettes) were confectioned with different humidity conditions, in which speech obtain granules in the milling process, was different results for dry coconut beads were smaller and larger moist coconut.

Keywords: Sustainability, briquette, green coconut, residues.

Introdução

Originado das ilhas de clima tropical e subtropical do Oceano Pacífico, o coqueiro (*Cocos nucifera* .L) tem o Sudeste Asiático sua principal referência de origem e diversidade, difundindo-se mais tarde para a América Latina, Caribe e África Tropical. Cabe ressaltar que atualmente se encontra em mais de 200 países diferentes (FOALE; HARRIES 2009). Embora esteja disponível em tantos países, aproximadamente 90 deles utilizam o coco como forma de exploração comercial, devido às condições de cultivo, como solo arenoso, intensa radiação solar, umidade e boa precipitação (SIQUEIRA et al., 2002).

No Brasil, o coqueiro foi introduzido por volta de 1950, especialmente no estado da Bahia, propagando-se pelo litoral nordestino e posteriormente, por volta de 1990 se difundiu por toda a região (ARAGÃO et al., 2010). Possui cerca de 280 mil hectares cultivados distribuídos em todo o seu território, com uma produção de aproximadamente 2 bilhões de frutos por ano (FAO, 2011), sendo que o desperdício é de 6,7 milhões de toneladas de casca de coco (EMBRAPA, 2004). As principais espécies cultivadas são coqueiro Gigante, Anão e o Híbrido (resultado do cruzamento do Anão com Gigante), (MARTINS; JESUS, 2010)

No *ranking* da produção mundial, o Brasil se encontra em 4º lugar, sendo 35% de sua produção destinada para as agroindústrias, além da produção de coco ralado e do leite de coco, 35% do coco *in natura* são destinados aos mercados das regiões Sudeste/Sul e 30% restante ficam no mercado nordestino (CUENCA et al. 2002).

O consumo vem aumentando gradativamente, devido a água de coco ser um isotônico natural e rico em nutrientes como fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, vitamina C (ARAGÃO, 2000), semelhante à composição das bebidas

utilizadas para reidratação (ASSIS et al. 2000). O grande problema desse consumo é a geração dos resíduos que devem ter um destino adequado (BITTI et al., 2009), pois podem causar grande impacto ambiental pelo tempo de decomposição da matéria orgânica que leva aproximadamente de oito a dez anos (VALE et al., 2004).

Neste contexto, cabe citar as alternativas que vem sendo criadas para minimizar a situação através do reaproveitamento dos resíduos. Como por exemplo, o grande interesse em utilizá-los para geração de energia, pois é uma fonte renovável, o processo pode ser realizado através da queima da casca do coco em forma de briquete. (SANT'ANNA et al., 2011).

O processo de briquetagem é a formação do briquete por meio da compactação de resíduos. Esta compactação serve para destruir a elasticidade natural do material a ser utilizado (BIOMAXIND, 2007); esse processo provoca a aglomeração das partículas, formando uma espécie de junção da lignina (SILVEIRA, 2008). Sua constituição é provocado pela alta pressão ou por alta temperatura. Sem a destruição da elasticidade natural, os briquetes se tornam não duráveis, ou seja, se esfarelam (BIOMAXIND, 2007).

O briquete pode ser obtido através de diversos resíduos biodegradáveis como serragem, bagaço de cana, casca de arroz, resíduos de algodão, casca de café, casca de amendoim, casca de coco, casca de girassol, capim de elefante, entre outros (BIOMAXIND, 2007).

Algumas das vantagens do briquete são o alto poder calorífico, maior temperatura de chama, a regularidade térmica, menor índice de poluição, ecologicamente correto, diminuindo assim, o desmatamento, entre outros . Os custos para a produção de briquetes variam de acordo com diversos fatores do tipo de matéria prima, umidade inicial da mesma, granulometria, além da capacidade produtiva dos equipamentos. (BIOMAXIND, 2007).

Como descrito em bibliografias, o poder calorífico da casca do coco e o bagaço da cana possuem diferentes valores como observado na tabela 1, a cana de açúcar independente da úmida possui contida tem menor poder calorífico do que a casca de coco.

Tabela 1: Poder calorífico do bagaço da cana e da casca do coco.

Combustível	Poder calorífico
Bagaço de cana (20% água)	3.200 kcal/kg
Bagaço de cana (50% água)	1.800 kcal/kg
Casca de coco	4.000 kcal/kg

Fonte: Arauterm, 2015.

Esta diferença de poder calorífico deve-se às diferenças na constituição de ambos sendo que, o coco possui lignina cerca de 35 a 45 %, celulose de 23 a 43% e a hemicelulose se encontra em uma pequena fração (NOGUERA et al. 2000), e a cana 40 a 50 % de celulose, 20 a 25 % de hemicelulose e de 20 a 25 % de lignina (OGATA, Bruna H., 2013)

Este trabalho tem por objetivo verificar a produção de briquete da casca do coco verde com diferentes umidades.

Material e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se seis cocos retirados do descarte do Supermercado Amigão de Lins – SP. Estes foram pesados com uma balança de capacidade máxima de 3.200 kg, cortados em quatro partes, limpos e pesados novamente. Colocaram-se três deles para secar ao sol durante dois dias, no total de 12 horas, numa temperatura de aproximadamente 40 °C para retirada da umidade. Os outros três foram deixados numa temperatura aproximada de 35 °C, em seguida pesou-se todos os cocos novamente para comparação entre o peso seco e o peso úmido.

O processo de produção do briquete foi realizado na Fatec (Faculdade de Tecnologia), localizada no município de Araçatuba – SP, utilizando o desintegrador para triturar a fibra da casca do coco e feita a compactação da mesma com a prensa hidráulica própria para cana (Modelo: MA 098).

Apresenta-se na figura 1 o desfibrilador utilizado durante o procedimento de moagem da Fatec.



Figura 1: Desintegrador utilizado para triturar a casca do coco e seus respectivos dados de fabricação.

Na figura a seguir é apresentada a máquina de prensagem utilizada, da Fatec, para o procedimento de prensagem bem como o modelo descrito acima.



Figura 2: Prensa (Modelo: MA 098) utilizada para fabricação do briquete a partir da fibra do coco.

No experimento foram realizados seis testes de compactação, sendo três deles para o bagaço úmido e três para o seco, compactados a 250 kgf/cm^2 por 60 segundos na prensa hidráulica.

A existência ou não de diferenças significativas, a produção de briquete da casca do coco verde com diferentes umidades foi testada pelo teste T de Student, com níveis de significância de 5%.

Resultados e discussão

A máquina de prensagem tem a capacidade para 500 g de massa, valor aproximadamente utilizado de bagaço. Na tabela 1 consta o peso do coco inteiro, quantidade utilizada para o briquete, peso do coco limpo e porcentagem da perda devido a retirada da polpa.

Tabela 2 - Peso do coco/ quantidade utilizada para o briquete / peso do coco limpo/ perda devido a retirada da polpa em %.

	Peso do coco limpo	Quantidade utilizada para o briquete	Peso do coco inteiro (sem retirada da polpa)	Perda (devida retirada da polpa) (%)
Coco verde seco	3.271kg	1.478kg	3.572kg	8,42%
Coco verde úmido	2.4kg	1.500kg	2.735kg	9,98%
Diferença (seco - úmido em gramas)	809g	-22g	837g	-1,56%

No que trata do peso do coco após ter sido exposto ao sol o peso passou de 3,271 kg para 2,392 kg, uma perda de 2,687 % devido à água contida.

Na moagem do coco seco e do úmido ocorreram distintos resultados, no que se refere aos tamanhos de fibras obtidas e a quantidade de casca não moída. No caso do coco seco, os pedaços de fibras ficaram menores, porém houve maior quantidade de casca encontrada, isso se deve ao fato da casca estar mais dura. No coco úmido, as fibras ficaram maiores, devido a quantidade de água contida, porém não houve grande quantidade de casca.

A quantidade de peso de bagaço utilizado em cada teste se encontra na tabela. Abaixo, assim como, o peso do briquete obtido, diferença de bagaço e briquete obtido e a porcentagem da perda.

Tabela 3 - Peso do bagaço de coco por briquete obtido.

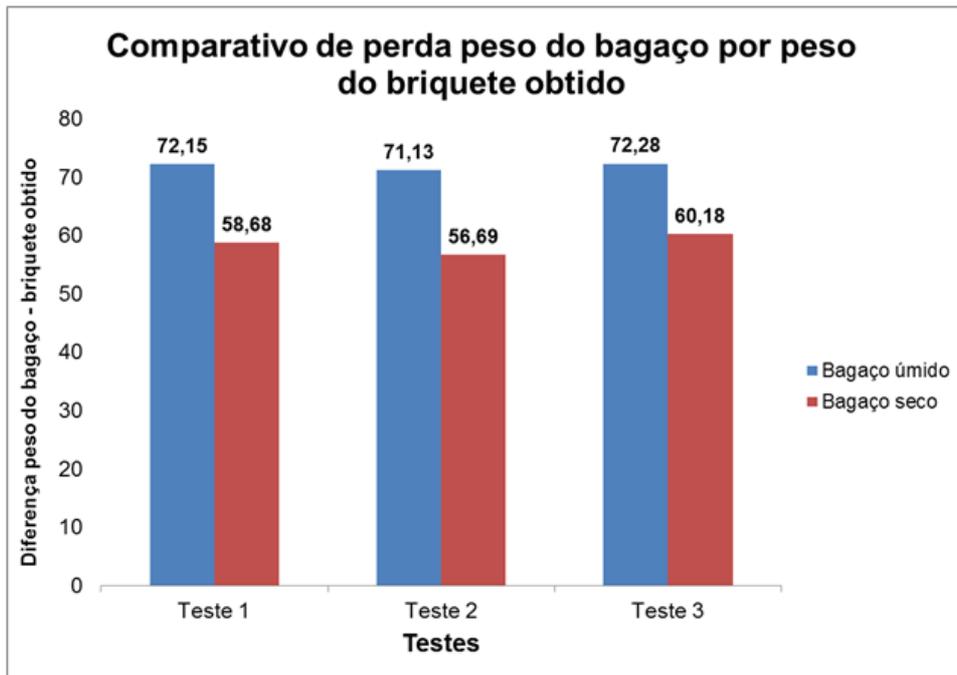
	Testes	Peso do bagaço (g)	Briquete obtido (g)	Diferença peso do bagaço - briquete obtido (g) - Perda	Diferença perda do bagaço - briquete obtido (%)
Bagaço úmido	Teste 1	500,09	139,25	360,84	72,15
	Teste 2	500,20	144,42	355,78	71,13
	Teste 3	500,26	138,75	361,51	72,28
Bagaço seco	Teste 1	500,13	206,66	293,47	58,68
	Teste 2	478,05	207,04	271,01	56,69
	Teste 3	499,75	199,00	300,75	60,18

Para os testes 2 e 3, foram utilizadas uma quantidade inferior ao que a máquina é capaz de utilizar. Isso se deve ao fato da moagem no coco seco, já que apresenta maior quantidade de casca. Para a compactação, tentou-se não utilizar a casca não moída.

Na prensagem foi retirado todo o caldo contido, cerca de 350 ml, no coco úmido e aproximadamente 300 ml no coco seco. Notou-se que apesar do coco seco ficar exposto ao sol, a diferença da quantidade de caldo foi relativamente insignificante, abaixo de 5%, porém na relação peso por briquete houve diferença significativa, acima de 5% .

O percentual de massa perdida do bagaço devido a água contida é mostrado no gráfico 1 e pode-se observar claramente a diferença significativa acima de 5% entre os dois tipos de bagaço.

Gráfico 1 – Comparativo percentual de perda de peso do bagaço por peso do briquete obtido.



Os briquetes obtidos têm diâmetro de aproximadamente 13 cm, sendo 1,2 cm de altura para o coco úmido e 2,5 cm para o seco. Esta diferença deve-se a quantidade de água encontrada em ambos, pois quanto mais úmido, maior será a quantidade de água, consecutivamente sua massa.

Na figura 3 apresentam-se os briquetes obtidos após a compactação da fibra do coco.



Figura 3 - À esquerda o briquete do bagaço seco, à direita o briquete do bagaço úmido.

Para obter resultados satisfatórios na briquetagem, a fibra do coco deve estar entre 5 a 10 mm e umidade de 8 a 15% (BIOMAX, 2007).

No presente estudo, as fibras utilizadas foram maiores em relação às descritas em bibliografias, assim como a umidade. Este procedimento foi executado conforme descrito nos artigos, contudo, após um período, observou-se que a evaporação da água retida das fibras nas laterais do briquete começaram a se desfazer, fazendo com que o briquete ficasse deformado e tornando o processo não tão eficaz, quanto o planejado.

Conclusão

Com a realização deste estudo pode-se verificar que a compactação de casca de coco, que é considerada um resíduo, se apresenta como uma alternativa sustentável do ponto de vista ambiental e econômico. Observou-se que a melhor umidade à ser utilizada é na forma seca, tornando o briquete mais rentável e com melhor compactação, devida à menor umidade dele.

Em relação ao poder calorífico e comparados ao da cana de açúcar a casca de coco compactada pode ser utilizada também como combustível para produção de energia térmica, que por sua vez pode ser utilizada para geração de energia elétrica.

Referências Bibliográficas

ASSIS, Simão J.; RESENDE, Josane M.; SILVA, Fernando O.; SANTOS, Clemente R.; NUNES, Francisco. Técnicas para colheita e pós-colheita do coco verde. *Embrapa Semi-Árido*, v. Comunicado técnico – Embrapa Semi-Árido, Petrolina – PE, n. 95, p. 1-6, dez. 2000.

ARAGÃO, Wilson M. A Cultura do Coqueiro. *Embrapa Tabuleiros Costeiros sistema de Produção 1*, Aracaju, nov. 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/cultivares.htm>>. Acesso em: 10 de Setembro de 2015.

ARAGÃO, W. M. *A importância do coqueiro-anão verde*. Disponível em <[http://www.embrapa.br:8080/aplic/rumos.nsf/0/85bc576bec325c7c832569040048cb84?OpenDocume nt 20/06/2000](http://www.embrapa.br:8080/aplic/rumos.nsf/0/85bc576bec325c7c832569040048cb84?OpenDocume%20nt%2006/2000)>, Acesso: 10 de Setembro de 2015.

ARAUTERM. *Excelência em caldeiras e aquecedores – tabela de poder calorífico inferior*. Disponível em: <http://www.arauterm.com.br/pdf/tbl_poder_calorifico_inferior.pdf> acesso em: 12 de novembro de 2015.

BIOMAX. *Indústria de máquinas Ltda. - Briquetes*. Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquetagem.html> >. Acesso em: 10 de setembro de 2015.

BITTI, Maisa; PERAZZINI, Hugo; SILVÉRIO, Rodolfo. *Avaliação preliminar do aproveitamento da casca de coco verde para co-geração de energia: um estudo de caso*. 2009. Bolsa de iniciação científica (graduação em engenharia química) – Faculdades Integradas de Aracruz, Aracruz – ES.

CUENCA, M. A. G.; RESENDE, J. M.; SAGGIN Júnior, O. J. et al. *Mercado brasileiro do coco: situação atual e perspectivas*. In: ARAGÃO, W. M. *Coco: pós colheita*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 11-18.

EMBRAPA. *Tecnologia para desenvolvimento da casca de coco verde é mostrada na Amazontech*. 2004. Disponível em <<http://www.embrapa.gov.br/imprensa/noticias/2004/agosto/bn.2004-11-25.2909531514>> Acesso em 31 de outubro de 2015.

FAO, 2011. *World Production*. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 10 de Setembro de 2015.

FOALE, M.; HARRIES, H. *Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (Cocos nucifera)*. In: ELEVITCH, C. R. (Ed.). *Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry*, Holualoa, Hawai'i: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009. Disponível em: <http://agroforestry.net/scps> Acesso em: 10 de setembro de 2015

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. *Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação (Volume 2)*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2 vol., 1296 p., 2004.

MARTINS, Carlos R.; JESUS JÚNIOR, Luciano. *Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional – Panorama*, 2010.

NOGUERA, P; ABAD, M; NOGUERA, V; PURCHADES, R; MAQUIERA, A. *Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute*. *Acta Horticulturae*, Leuven, BE, p. 279-286. 2000

OGATA, Bruna H. *Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana de açúcar e potencial de uso em biorrefinarias*, dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2013.

SANT'ANNA, M.; VAZ, V.; CARVALHO, J.; LOPES, D.; SILVA, G. *Viabilidade de usina de briquete de casca de coco e glicerina*. Sergipe, 2011.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. *A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47). Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/Documentos47.doc>>. Acesso em: 10 de Setembro de 2015.

SILVEIRA, M. S. *Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquetes em Salvador-BA*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, Salvador, 2008.

VALE, Ailton T.; BARROSO, Rodrigo A.; QUIRINO, Waldir F. *Caracterização da biomassa e do carvão vegetal do Coco-da-Baía (Cocos nucifera L.) para Uso Energético*, 2004.

Benefícios dos avanços biotecnológicos para o controle do mosquito transmissor da dengue (*Aedes aegypti*) – Revisão Bibliográfica

*Benefits of Biotechnological Advances to Control the Mosquito Vector of Dengue
(Aedes aegypti) – Literature Review*

Cilene Rondolfo ¹
Eliane Patrícia Cervelatti ²

RESUMO

Nas últimas três décadas, principalmente no Brasil, o *Aedes aegypti* se tornou um dos principais problemas de saúde pública. Condições socioambientais favoráveis do país estimulam a expansão do mosquito transmissor da dengue. Estratégias utilizadas atualmente no controle do mesmo resumem-se em atividades preventivas e aplicação de inseticidas químicos, porém não são suficientes para seu controle efetivo. Portanto, a presente revisão teve como objetivo descrever as principais contribuições dos avanços biotecnológicos para o controle do *Aedes aegypti*. Dentre elas se enquadram as seguintes: a análise genética da resistência a inseticidas no mosquito, o desenvolvimento de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis israelensis* e a criação de mosquitos geneticamente modificados (transgênicos). As técnicas descritas têm mostrado um impacto positivo no controle do vetor.

Palavras-chave: Biotecnologia; Controle biológico; Resistência a inseticidas; Bioinseticidas; *Aedes aegypti* transgênico.

ABSTRACT

Over the past three decades, mainly in Brazil, the *Aedes aegypti* has become one of the major public health problems. Favorable environmental conditions of the country

1, Acadêmica do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Bióloga, Mestre em Genética pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Doutora, docente do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, ecervelatti@hotmail.com.

stimulate the expansion of the mosquito vector of dengue. Strategies currently used in vector control are summarized in preventive activities and application of chemical insecticides, however, they are not sufficient for its effective control. Therefore, this literature review aimed to describe the main contributions of the biotechnological advances for *Aedes aegypti* control. Among them fall into the following: genetic analysis of insecticide resistance in the mosquito, the development of biopesticides based on *Bacillus thuringiensis israelensis* and the creation of genetically modified mosquitoes (transgenic). The techniques described have been showing a positive impact on vector control.

Keywords: Biotecnology, biologic control, insecticide resistance, biopesticides, transgenic *Aedes aegypti* mosquitoes.

Introdução

O *Aedes aegypti* é o vetor dos vírus causadores da febre amarela, dengue, febre zika e da febre chikungunya (MUSSO et al., 2015). Nas três últimas décadas, o vetor vem sendo um problema consideravelmente preocupante no âmbito da saúde pública em diversos locais do planeta (SIQUEIRA JÚNIOR et al., 2005).

O desenvolvimento do mosquito ocorre com menor frequência em criadouros naturais (flores ornamentais como bromélias, cavidade de árvores, internódios de bambu, entre outros) e com maior frequência em criadouros artificiais. Como exemplos destes, pode-se citar principalmente pneus, latas, caixas d'água e piscinas (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994).

O ciclo de vida do inseto é composto por quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. As fêmeas depositam seus ovos nos criadouros supracitados próximo à água (limpa ou suja) ou em algum local inundável. É na fase do acasalamento que ocorre a transmissão da doença, pois nessa fase as fêmeas precisam de sangue para garantir o desenvolvimento dos ovos, sendo este retirado do ser humano (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994).

Atualmente, a dengue é considerada a arbovirose mais difundida mundialmente, e é transmitida através da picada da fêmea do mosquito vetor *Aedes aegypti* infectada pelo vírus do gênero *Flavivírus* (MARCONDES, 2011).

No Brasil, ocorrem os quatro tipos de vírus conhecidos como causadores da dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4), que são transmitidos pelo mesmo vetor (FIGUEIREDO et al., 2008). A infecção com qualquer um dos quatro sorotipos pode levar ao desenvolvimento de duas formas clínicas específicas: dengue clássica e dengue hemorrágica (XAVIER, 2010).

Estatísticas revelam que cerca de 5% das pessoas com dengue hemorrágica morrem (ROSSI, 2014). Ainda não há uma terapia própria para a doença, existem somente tratamentos que aliviam os sintomas (DIAS, 2010).

Há relatos de casos de dengue no Brasil desde 1846, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Porém, a primeira evidência de ocorrência de epidemia foi em 1982, em Boa Vista, no estado de Roraima. Em poucos meses, esta epidemia foi rapidamente erradicada, pois o mosquito ainda não havia se expandido no território brasileiro (DONALÍSIO, 1995). Contudo, em menos de 5 anos, o sorotipo DENV-1 foi reintroduzido no Brasil, no estado do Rio de Janeiro e partir daí a dengue passou a se disseminar com surpreendente força de transmissão para as cidades vizinhas (TEIXEIRA et al., 1999).

Desde 1990 até os dez primeiros meses de 2015, no Brasil, foram constatados em torno de 11 milhões de casos confirmados. Ao todo, somente no ano de 2015, foram registrados pouco mais de 1,5 milhão de casos prováveis de dengue no país (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, 2015).

Durante esses 25 anos, foram confirmados aproximadamente 5.165 óbitos, onde 789 foram detectados apenas nos dez primeiros meses do presente ano, um aumento no país de 76% em comparação com o mesmo período de 2014. Esse foi o maior índice anual desde que a doença começou a ser monitorada em detalhes, em 1990 (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, 2015).

Hoje, o Brasil lidera a lista dos dez países com mais casos da doença. Países como a Indonésia, Vietnã, México, Venezuela, Tailândia, Filipinas, Colômbia, Malásia e Honduras também fazem parte da lista feita pelo estudo (REUTERS, 2014).

Inúmeros fatores podem estar associados com a propagação do mosquito transmissor da dengue, dentre os quais se destacam principalmente as mudanças nos ecossistemas, alterações climáticas, crescimento demográfico, inadequada infraestrutura urbana, aumento da produção de resíduos inorgânicos, debilidade

dos serviços de saúde pública associado ao despreparo dos agentes de saúde e da população no controle da doença, além de aspectos pertencentes à própria mutação do vetor (MENDONÇA et al., 2009).

O mosquito tem revelado uma altíssima capacidade de adaptação a diferentes situações ambientais consideradas desfavoráveis. Adultos já foram encontrados em altitudes elevadas e larvas em águas poluídas (TAUIL, 2002).

Devido aos diversos sorotipos da doença, ainda não existe uma vacina eficaz contra a mesma. Contudo, logo após duas décadas de estudos avançados, há uma expectativa de que a vacina tetravalente (que prevenirá os 4 sorotipos da doença) esteja disponível para a população (OLIVEIRA, 2015). Portanto, hoje, a forma mais efetiva de controle da doença é feita através do combate aos focos de reprodução e desenvolvimento do mosquito (PATARRO, 2011).

No momento presente, as estratégias gerais que estão sendo utilizadas no combate ao vetor são o controle físico e químico, por exemplo. O controle físico envolve a redução ou eliminação de criadouros propícios à proliferação do mosquito, evitando surtos e epidemias (MARCONDES, 2011).

O controle químico é feito através da aplicação de inseticidas, tanto para as formas adultas, quanto para as imaturas (FORATTINI 2002; TAUIL 2002). Essa é uma das metodologias mais utilizadas na tentativa de eliminação do inseto, porém seu uso indiscriminado seleciona populações resistentes ao produto, além de serem extremamente prejudiciais ao meio ambiente, causando um desequilíbrio do solo e da água, afetando não só os animais presentes como também os seres humanos (BARRETO, 2006).

Apesar das atuais estratégias utilizadas para o controle do *Aedes aegypti* se mostrarem funcionais, elas não são suficientes para o controle efetivo do mesmo. Recentes avanços biotecnológicos têm focado seus esforços no desenvolvimento de técnicas que permitam a melhor compreensão de aspectos moleculares do mosquito e suas estratégias genéticas para resistência aos inseticidas atualmente disponíveis no mercado, bem como no desenvolvimento de ferramentas para controle efetivo do mosquito e que não seja prejudicial ao meio ambiente e aos demais seres vivos. A compreensão de como essas novas estratégias de controle funcionam é fundamental. Diante deste contexto, o presente trabalho teve por

objetivo descrever algumas das contribuições dos avanços biotecnológicos para o controle do *Aedes aegypti*.

Material e métodos

Para a realização da presente pesquisa, foi feita uma revisão bibliográfica com dados baseados em publicações “online”, considerando os periódicos indexados nas seguintes bases de dados: Scielo (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES, Revista de Pesquisa da FAPESP, PubMed (Public Medical Literature Analysis and Retrieval System Online), Lilacs (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde).

Os descritores utilizados para a busca de artigos foram “dengue”, “mosquito da dengue”, “*Aedes aegypti*”, “dengue no Brasil”, “história da dengue”, “sorotipos da dengue”, “casos de dengue”, “óbitos por dengue”, “ciclo de vida do *Aedes aegypti*”, “sintomas da dengue”, “vacina contra dengue”, “biotecnologia”, “RAPD”, “PCR”, “variabilidade genética do *Aedes aegypti*”, “genes de resistência”, “bioensaios”, “ensaios bioquímicos”, “controle biológico da dengue”, “controle químico da dengue”, “entomopatógeno”, “gene cry” “*Bacillus thuringiensis*”, “bioinseticida”, “mosquito transgênico”, “gene tTAV”, “gene DsRed2”, “*Aedes aegypti* transgênico”.

Apenas os artigos disponíveis na íntegra, em português ou inglês, que tivessem relevância com o tema e publicados entre 1989 e 2015 foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho, os demais foram excluídos.

Discussão

A biotecnologia refere-se ao conjunto de técnicas associadas a seres vivos que tem como objetivo desenvolver produtos de interesse ou que contribuam para a solução de problemas. O uso de diferentes ferramentas biotecnológicas, tais como a análise molecular, visando a identificação de genes de resistência, o desenvolvimento de bioinseticidas, além do desenvolvimento de indivíduos

geneticamente modificados têm contribuído positivamente para o controle do *Aedes aegypti*, conforme descrito a seguir.

1. Análise da base genética da resistência a inseticidas em *Aedes aegypti*

A resistência é uma característica genética evolutiva onde através de mutações, os insetos desenvolvem a capacidade de tolerar diferentes doses de agentes tóxicos, que seriam letais para a maioria da população da mesma espécie (CRUZ, 2002; DE CARVALHO et al., 2004). A resistência a inseticidas químicos deve ser classificada como um processo de adaptação, resultante de uma pressão de seleção exercida em uma população de insetos (BRAGA; VALLE, 2007).

Presentemente, diversos trabalhos têm se dedicado na identificação de resistência em populações do mosquito *Aedes aegypti*, bem como mutações associados a esse fenótipo. A resistência surge como resultado de uma modificação genética que pode alterar características fisiológicas, morfológicas ou comportamentais de uma dada população. A população é considerada resistente se a porcentagem média de mortalidade após a aplicação do produto for inferior a 80% (PATARRO, 2011).

As técnicas usuais de detecção e quantificação da resistência utilizadas em programas de vigilância podem ser divididas em bioensaios e ensaios bioquímicos. Nos bioensaios utilizam-se indivíduos íntegros, os quais são expostos aos produtos para a determinação da dose diagnóstica e/ou para quantificar seu nível de resistência. Os ensaios bioquímicos são utilizados na identificação do mecanismo de resistência em uma determinada população, fornecendo a relação entre atividade enzimática e qual o possível mecanismo de resistência presente no inseto analisado (BROGDON; MCALLISTER, 1998).

Embora essas ferramentas sejam usadas extensivamente nos programas de controle do vetor, elas estão sendo gradualmente substituídas por técnicas moleculares como a reação em cadeia da polimerase (PCR), RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), microssatélites, entre outras (BASS, 2011; COLEMAN; HEMINGWAY, 2007; HOTELIER et al., 2010).

As técnicas moleculares visam caracterizar variações genéticas em populações selvagens através da detecção de mutações que podem conferir resistência. Outro aspecto importante é que o estudo e a consequente identificação

da base genética dessa característica, fornecerá evidências sobre o processo responsável pela evolução do fenótipo da resistência a inseticidas químicos (BRAGA; VALLE, 2007).

Há diferentes mecanismos que levam o inseto à resistência, porém o principal deles é a alteração na via metabólica, que é caracterizado pelo aumento da atividade de diversas enzimas de detoxificação, como esterases, glutatona S-transferases e oxidases. Mais de 200 genes de detoxificação foram identificados em *Aedes aegypti*, tornando assim, mais complexa a identificação de mutações pontuais envolvidas neste mecanismo (PAIVA, 2013).

Um fator preocupante com relação a resistência é que cada população de *Aedes aegypti* representa um caso específico de estudo, portanto desenvolver um método diagnóstico que possa ser usado de forma generalizada será difícil, sendo necessário observar cada caso de resistência metabólica, pois cada solução pode ser única (PAIVA, 2013).

Havendo resultado molecular positivo para a resistência a um dado produto químico, poderão ser adotadas novas técnicas de controle do vetor, tais como o emprego de bioinseticidas (HIRAGI, 2009).

2. Desenvolvimento de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis israelenses*

Nos dias de hoje, o controle de diversas populações de insetos é realizado principalmente por inseticidas químicos, porém seu uso em excesso causa danos ao meio ambiente e aos seres vivos contidos nele, além de contribuírem para a existência de um considerável número de espécies de insetos com populações resistentes, impossibilitando uma futura aplicação de tais compostos (ALVES, 1998; ARANTES et al., 2002).

Uma alternativa aos inseticidas químicos é a utilização de inseticidas biológicos, mais conhecidos como bioinseticidas. Entre as principais vantagens de seu uso destacam-se a ausência de um histórico de resistência nos insetos alvo, além de não exercer qualquer atividade tóxica sobre animais ou plantas (ALVES, 1998).

As bactérias destacam-se como promissoras para a produção de bioinseticidas. Entre estes microrganismos, a *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti)

é a mais utilizada. Estima-se que os produtos à base dessa bactéria correspondam a cerca de 90% do mercado mundial de bioinseticidas (VILAS-BÔAS et al., 2007).

A principal característica que distingue a bactéria Bti das outras do mesmo gênero é a presença intracelular de proteínas denominadas Cristal (Cry). Esses cristais apresentam atividade entomopatogênica para várias espécies de insetos, entre eles as larvas do mosquito da dengue (ARANTES et al., 2002; GLARE; O'CALLAGHAN, 2000).

O emprego do produto é feito em locais que acumulam água, como canaletas, piscinas, poços de água, lagos, caixas d'água, entre outros. Ele é destinado somente para as larvas do inseto que tendem a morrer em aproximadamente 24 horas. Antes da aplicação do produto no local desejado, é feito uma análise prévia das populações ali existentes a fim de identificar se há algum tipo de resistência quanto ao produto, para em seguida, poder fazer a aplicação do bioinseticida (BEZERRA, 2010).

Após a aplicação no local desejado, as larvas ali presentes ingerem os cristais produzidos pela bactéria, sendo solubilizados no intestino. Em seguida, a toxina se une irreversivelmente na membrana plasmática das células epiteliais, promovendo a abertura ou formação de poros no epitélio do intestino, resultando em um desequilíbrio osmótico entre o meio intracelular e extracelular, e conseqüentemente, promovendo a morte da larva (VAN RIE et al., 1989; IHARA et al., 1993; LIANG et al., 1995; RABINOVITCH et al., 2000).

Um ponto de extrema importância é que estas bactérias não são tóxicas para o ser humano e podem ser utilizadas juntamente com inseticidas químicos para aumentar o potencial de mortalidade das larvas (POLANCZYK et al., 2003).

3. Desenvolvimento do *Aedes aegypti* transgênico

A expressão do gene de um organismo num outro pode facilitar a compreensão de sua função e também visa a formação de organismos com características novas ou melhoradas, relativas ao organismo original. No que se refere ao *Aedes aegypti*, uma das possibilidades de seu controle é utilizar a Engenharia Genética para a produção de mosquitos transgênicos, com características desejáveis ligadas a inativação (morte) desse organismo (ORTEGA et al., 2011).

Através do uso dessa nova tecnologia, pesquisadores estão desenvolvendo em laboratório organismos geneticamente modificados (OGM) capazes de extinguir populações naturais do mosquito transmissor da dengue. Um exemplo de manipulação genética que tem apresentado resultados extremamente promissores são os machos transgênicos da linhagem OX513A, como foi denominado pela empresa de biotecnologia britânica chamada Oxitec (SILVEIRA, 2011).

A produção foi feita através da inserção de dois genes nos ovos do mosquito. Um deles tem como função produzir uma proteína letal chamada tTAV (fator ativador de transcrição tetraciclina-repressível), é uma variante otimizado para atuar somente em células de insetos (OXITEC, 2015). Para que sua produção fosse possível em laboratório, os insetos machos foram programados para sobreviver quando receberem o antibiótico tetraciclina, que faz com que a droga se ligue à proteína letal, atuando como um interruptor e podendo ligá-la e desligá-la. Sem esse antídoto que controla a síntese da proteína letal, não haveria machos sobreviventes para serem soltos na natureza (SILVEIRA, 2011).

A cepa transgênica contém também um gene chamado DsRed2 que atua como um marcador fluorescente, ajudando os pesquisadores na diferenciação dos mosquitos normais aos modificados, garantindo um controle maior de qualidade na produção e na dispersão no campo. Após a manipulação dos ovos, os mesmos se desenvolvem, dando origem aos mosquitos. Em seguida é feita a exterminação das fêmeas, liberando os machos na natureza, que por sua vez cruzam com fêmeas selvagens (não modificadas). Os ovos resultantes desse cruzamento são chocados normalmente, porém antes que os novos mosquitos possam voar (fase larval ou de pupa), os genes fatais matam todos eles (SILVEIRA, 2011).

No Brasil, a empresa responsável pela produção deste tipo de mosquito é a Biofábrica Moscamed localizada no estado da Bahia, e a primeira liberação na natureza desses mosquitos geneticamente modificados foi aprovada em dezembro de 2010 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) (SILVEIRA, 2011).

Entre 2011 e 2012, foram realizados testes de campo nos bairros de Itaberaba e Mandacaru, na cidade de Juazeiro (BA), e os resultados mostraram que a redução na população do inseto vetor da dengue foi de 81% e 92%, respectivamente. Um terceiro ensaio foi conduzido em um bairro na cidade de

Jacobina (BA), e seis meses após as primeiras liberações de machos transgênicos, a população de mosquitos foi reduzida em 79% (ESCOBAR, 2014).

No início do mês de abril de 2015, o Ministério Público de São Paulo (MP-SP) aprovou a soltura desses insetos geneticamente modificados em um bairro na cidade de Piracicaba, no interior de São Paulo. A primeira liberação do inseto no bairro, onde moram cinco mil pessoas, ocorreu no final de abril, e novos lotes foram liberados nas semanas seguintes. Após 3 meses, coletaram-se ovos do mosquito no local e observou-se que mais de 60% dos ovos eram geneticamente modificados (TOMAZELA, 2015).

Em outros países, as pesquisas também geraram resultados positivos, retratando a eficácia desta técnica. Nas Ilhas Caimã, por exemplo, houve queda de 80% no número de casos de dengue no país, após a liberação do mosquito transgênico no meio ambiente (CARVALHO, 2012).

Estatísticas revelam que a liberação contínua e em número suficiente desses insetos geneticamente modificados, em ambientes infestados, deve reduzir, com o tempo, a população dos mosquitos selvagens a um nível abaixo do necessário para transmitir a doença (SILVEIRA, 2011).

Considerações finais

Os recentes avanços biotecnológicos têm grande impacto no controle de *Aedes aegypti*. Dados moleculares sobre o mosquito permitem acesso a informações que podem colaborar para que os órgãos de saúde responsáveis estabeleçam novas técnicas de monitoramento e controle do inseto, como por exemplo a aplicação de inseticidas biológicos. Além das técnicas citadas, as manipulações genéticas neste inseto têm colaborado também para redução de sua população, o que conseqüentemente reduzirá o número de casos de dengue. Neste contexto, esses avanços biotecnológicos têm demonstrado ser de grande benefício à população.

Referências bibliográficas

ALVES, S. B. Patologia e controle microbiano: vantagens e desvantagens. *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba: Manole, 1998. 1163 p.

ARANTES, O. M. N.; VILAS-BÔAS, L. A.; VILASBÔAS, G. F. L. T. *Bacillus thuringiensis*: estratégias no controle biológico. In: SERAFINE, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. (Org.). *Biotecnologia: avanços na agricultura e na agroindústria*. Caxias do Sul: Agropecuária, 2002. p. 269-293.

BARRETO, C. F. *Aedes aegypti* - Resistência aos inseticidas químicos e as novas alternativas de controle. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, Goiás*, ISSN 1808-8597, 62-73, nov. 2006.

BASS, C.; FIELD, L. M.; Gene amplification and insecticide resistance. *Pesticide Management Science, West Sussex*, vol. 67, n. 8, p. 886-890, 2011.

BEZERRA, T. Pesquisadora da UFPE produz bioinseticida contra *Aedes aegypti*. *Universidade Federal de Pernambuco*, 2010. Disponível em: <https://www.ufpe.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=36538:pesquisadora-da-ufpe-produz-bioinseticida-contra-aedes-aegypti&catid=193&Itemid=77> Acesso em: 07 de setembro de 2015.

BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde. *Semana epidemiológica 43*; Volume 46, Nº 35, 2015. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/novembro/24/2015-040.pdf>> Acesso em: 25 de novembro de 2015.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 4, p. 179-293, 2007.

BROGDON, W. G.; MCALLISTER, J. C. Insecticide resistance and vector control. *Emerging Infectious Diseases, Atlanta*, vol. 4, n. 4, p. 605-613, 1998.

CARVALHO, D. O. *Estudo de dispersão de machos da linhagem transgênica OX513A de Aedes aegypti*, 2012. 88 f. Dissertação (Doutorado em Biologia da Relação Patógeno-Hospedeiro) - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, 2012.

COLEMAN, M.; HEMINGWAY, J. Insecticide resistance monitoring and evaluation in disease transmitting mosquitoes. *Journal of Pesticide Science*, Heidelberg, vol. 32, n. 2, p. 69-76, 2007.

CONSOLI, R. A. G. B.; LOURENÇO, R. O. *Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil*, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 225p. 1994.

CRUZ, I. Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Embrapa Milho e Sorgo*. Documentos 21, 15p., 2002.

DE CARVALHO, M. S. L. et al. Suscetibilidade de larvas de *Aedes aegypti* ao inseticida temefós no Distrito Federal." *Rev. Saúde Pública*, 38: 623-629, 2004.

DIAS, L. B. A et al.; Dengue: transmissão, aspectos clínicos, diagnóstico e tratamento. In: *Simpósio: Condutas em enfermaria de clínica médica de hospital de média complexidade*, - Parte 1, Capítulo VI, 2010. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, v. 43, n. 2, p. 143-152, 2010.

DONALÍSIO, M. R. C. O enfrentamento de epidemias: as estratégias e perspectivas do controle do dengue. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, 1995.

ESCOBAR, H. Mosquito transgênico é liberado para combater a dengue no Brasil. *Estadão Ciência*, Abril/2014. Disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/blogs/herton-escobar/mosquito-transgenico-contra-a-dengue-e-aprovado-para-liberacao-comercial-no-brasil/>> Acesso em 15 de outubro de 2015.

FIGUEIREDO, R. M. P. et al. Dengue virus type 4, Manaus, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v.14, p. 667-669, 2008.

FORATTINI, O. P. Identificação, biologia e epidemiologia. *Culicidologia Médica*, Vol. 2, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, p. 864, 2002.

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAN, M. *Bacillus thuringiensis* biology, ecology and safety. *Chichester: John Wiley & Sons*, 2000, 350 p.

HIRAGI, C. et al. Variabilidade genética em populações de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) utilizando marcadores de RAPD. *Neotrop Entomol*, v. 38, p. 542-47, 2009.

HOTELIER, T. et al. Insecticide resistance through mutations in cholinesterases or carboxylesterases: data mining in ESTHER database. *Journal of Pest Science*, Heidelberg, v. 35, p. 315-320, 2010.

IHARA, H. et al. Specific Toxicity of Delta-Endotoxins from *Bacillus Thuringiensis* to Bombyx Mori. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*,. 57, 200-204, 1993.

LIANG, Y.; PATEL, S. S.; DEAN, D. H. Irreversible Binding Kinetics of *Bacillus Thuringiensis* Cry IA δ -Endotoxins to Gypsy Moth Brush Border Membrane Vesicles Is Directly Correlated to Toxicity. *Journal of Biological Chemistry*, 270:24719-24724, 1995.

MARCONDES, C. B. Entomologia Médica e Veterinária. In: *Entomologia médica e veterinária*. 2ª edição. São Paulo, Editora Atheneu, 2011.

MENDONÇA, F. A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. *Sociedade & Natureza*, Dez/2009, Vol. 21, n.3, p. 257-269.

MUSSO, D.; CAO-LORMEAU, V. M.; GUBLER, D. J. Zika virus: following the path of dengue and chikungunya. *The Lancet*, v. 386, n. 9990, p. 243-244, 2015.

OLIVEIRA, G. Vacina contra a dengue pode chegar ao Brasil no começo de 2016. *A Tribuna.com.br*, Out/2015. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/cidades/vacina-contr-a-dengue-pode-chegar-ao-brasil-no-comeco-de-2016/?cHash=6a66e9dd5659bd14e88c2446ccc5ca2f>> Acesso em: 09 de novembro de 2015.

ORTEGA, C. A. C.; CAPRONI, W. H.; ROZZATTI, J. Solução Genética Contra Dengue. In: SIMPÓSIO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO, 9., 2011. Piracicaba. Tema: "Ambiente e Sustentabilidade". Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 2011. p. 4.

OXITEC. Oxitec Science: How the Self-Limiting Gene Works. *OXITEC*. Disponível em: <<http://www.oxitec.com/ridl-science/understanding-ridl-science/molecular-biology/>> Acesso em: 15 de outubro de 2015.

PAIVA, M. H. S. Caracterização molecular da resistência a inseticidas químicos em *Aedes aegypti*. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2013.

PATARRO, T. F. Estudo da variabilidade genética de populações de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), resistente e suscetíveis a inseticidas. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2011.

POLANCZYK, R. A.; GARCIA, M. O.; ALVES, S. B. Potential of *Bacillus thuringiensis israelensis* Berliner for controlling *Aedes aegypti*. *Revista de Saúde Pública*, vol. 37, n. 6, p. 813-816, 2003.

RABINOVITCH, L.; SILVA, C.M.B.; ALVES, R.S. DE A.; Controle Biológico de Vetores de Doenças Tropicais Utilizando *Bacillus* Entomopatogênicos. In: *Controle Biológico*, V.2. ED.: MELO, I.S; AZEVEDO, J.L, JAGUARIÚNA, SP, EMBRAPA MEIO AMBIENTE: p.. 17-90, 2000.

REUTERS, T. Risco de dengue cresce por mudança climática e urbanização, diz estudo. *Ciência e Saúde/G1*, Dez/2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/12/risco-de-dengue-cresce-por-mudanca-climatica-e-urbanizacao-diz-estudo.html>> Acesso em: 17 de agosto de 2015.

ROSSI, S. L. *Educação em saúde: trabalhando a dengue nas escolas de ensino fundamental do município de Goioerê - PR*, 2014. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SILVEIRA, E. Solução Genética: Mosquitos transgênicos serão soltos em Juazeiro, na Bahia, para combater a dengue. *Revista Pesquisa da FAPESP*, Ed. 180, Fev/2011. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2011/02/21/solu%C3%A7%C3%A3o-gen%C3%A9tica/>> Acesso em: 2 de setembro de 2015.

SIQUEIRA JÚNIOR J. B. et al. Dengue and dengue hemorrhagic fever, Brazil, 1981-2002. *Emerging Infectious Diseases*, Atlanta (EUA). v. 11, n.1, p. 48-53, 2005.

TAUIL, P. L. "Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil - Critical aspects of dengue control in Brazil". *Cadernos. Saúde Pública*, v. 18, n. 3, p. 867-871, 2002.

TEIXEIRA, M. G. et al. Epidemiologia e medidas de prevenção do dengue. *Informe Epidemiológico do SUS*, Brasília. v. 8, n. 4, p. 5-33, 1999.

TOMAZELA, J. M. 60% dos ovos do '*Aedes aegypti*' em Piracicaba já são transgênicos. *Estadão Saúde*, Jul/2015. Disponível em: <<http://saude.estadao.com.br/noticias/geral,mais-de-60-dos-ovos-do-aedes->

aegypti-ja-sao-transgenicos-em-piracicaba,1729408> Acesso em 02 de setembro de 2015.

VAN RIE, J. et al. Specificity of *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxin: importance of specific receptors on the brush border membrane of the mid-gut of target insects. *European Journal of Biochemistry*, v. 186, p. 239-247, 1989.

VILAS-BÔAS, G. T. et al. Biology and taxonomy of *Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis* and *Bacillus thuringiensis*. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, v. 53, n. 1, p. 673-687, 2007.

XAVIER, E. A. *Avaliação de um modelo animal para estudo da infecção pelo vírus da dengue*, 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Imunologia Básica e Aplicada) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 2010.

Bebida alcoólica fermentada de mel por abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) – Hidromel

Alcoholic Beverage Fermented Honey by Bees Apis mellifera (Linnaeus, 1758) - Hidromel

Cristofer de Freitas de Souza ¹
Laís Spegorin Fabris ¹
Natalia Felix Negreiros ²
Rosemeire Conceição Parra Pastor ³
Rossana Abud Cabrera Rosa⁴
Denise Junqueira Matos⁵
Fernando Rosa Junior⁶

RESUMO

O mel é definido como uma substância açucarada, sendo considerado de origem animal, possuindo grande valor nutricional e propriedades químicas e medicinais. O trabalho tem por finalidade a otimização do tempo de fabricação do hidromel, conservando suas principais características e considerando o valor da matéria prima. A metodologia seguida foi de um comunicado técnico da EMBRAPA, que trata da fermentação do mel, com água e leveduras, a qual auxiliou a reprodução em método piloto, realizando as modificações necessárias para atingir o objetivo de sua melhoria. Apresentou-se resultados positivos na aceleração da fermentação e clarificação, realizando análises físico-químicas do produto final. Portanto, observou-se uma melhoria do tempo de espera para o consumo final, valorizando a produção em grande escala.

Palavras-Chave: Mel; Hidromel; Bebida alcoólica; Fermentação.

1, Acadêmicos do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Araçatuba.

2, Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, natalia_felix@yahoo.com.br.

3, Química. Mestre em Produtos do Meio Ambiente. Docente no curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, rose_parra@ig.com.br.

4, Cirurgiã-Dentista, Mestre e Doutora em Odontologia. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, rossana@unisalesiano.com.br.

5, Bióloga, Mestre em Ciência Animal – UNESP de Araçatuba-SP, docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, dejunmatos@hotmail.com.

6, Advogado, Mestre em Direito do Trabalho. Docente do Curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba

ABSTRACT

The honey is named as a sweet substance, it being considered animal kind, it has a high nutritional value and chemistry and therapeutics's properties. This paper has the goal of optimization of time of hydrohoney's production, keeping its own characteristics and considering the value of prime material. The followed methodology it came from a technique from EMBRAPA, that it treats of fermentation of the honey, with water and yeasts, which helped to get in pilot method, realizing the necessary changes to hit the objective of its get better. It has showed positive results on the high speed of the fermentation and clarification, realizing physical chemistry tests of the final product. Therefore, it was observed better of the waiting time for the final consume, valuing the production in high schedule.

Keywords: honey, mead, alcohol drink, fermentation.

Introdução

O mel é um exemplo de quão engenhosa é a natureza. O trabalho das abelhas nas matas tem rendido, há milhares de anos, uma mistura tão apreciada pelo homem que o alimento ganhou status de sagrado – venerado na antiguidade, citado na *Bíblia* e no *Alcorão*.

Há evidências de seu uso na pré-história, através de pinturas em rochas e que retratam abelhas e favos. Considera-se o mel, um produto natural muito apreciado, sendo uma das formas concentradas de açúcar, disponível no mundo inteiro (FAO, 1996).

De acordo com a pesquisa, o mel de abelhas possui atividade antibacteriana e facilita a cicatrização de feridas, queimaduras, atuando como barreira viscosa, impedindo a entrada de substâncias e a perda de fluido para o meio externo (ALVES et al., 2008).

Considera-se nesse aspecto, o sabor característico, valor nutricional e energético, minerais, como também suas propriedades medicinais e sensoriais, que atraem um número maior de consumidores (MACEDO, 2007).

A utilização do mel na nutrição humana não deveria limitar-se apenas à sua característica adoçante, como excelente substituto do açúcar, mas principalmente

por ser um alimento de alta qualidade, rico em energia e inúmeras outras substâncias benéficas ao equilíbrio dos processos biológicos do corpo humano (EMBRAPA, 2002).

Entende-se por mel, a substância açucarada natural produzida pelas abelhas, a partir do néctar ou das secreções provenientes de plantas ou de excreções de insetos sugadores e que as abelhas recolhem e transformam por combinação de substâncias específicas que depositam, desidratam, armazenam e deixam amadurecer nos favos da colmeia (Decreto-Lei 214/2003).

De acordo com esse mesmo decreto, os principais tipos de mel são divididos a partir de sua origem, o modo de produção e/ou de apresentação. Correlacionada à origem, existem o mel de flores e de melada, obtidos principalmente a partir de excreções de insetos da ordem Hemiptera. De acordo com o modo de produção ou de apresentação, o mel pode ser classificado em favos, pedaços de favos, escorrido, centrifugado, prensado ou filtrado (PEREIRA, 2008).

A composição do mel é variável e depende da fonte floral usada na recolha do néctar, do clima, das condições ambientais e sazonais, bem como do manuseio e processamento (ANKLAM, 1998; AL-MAMARY et al., 2002; AZEREDO et al., 2003; ARRÁEZ-ROMÁN et al., 2006; BALTRUŠAITYT et al., 2007; KÜÇÜK et al., 2007).

O mel possui em torno de 200 substâncias (AL-MAMARY et al., 2002; ARRÁEZ-ROMÁN et al., 2006; KÜÇÜK et al., 2007), tais como os hidratos de carbono, minerais, proteínas, vitaminas, lipídios, ácidos orgânicos e aminoácidos, além de compostos fenólicos (flavonoides e ácidos fenólicos), enzimas e outros fitoquímicos (BERTONCELJ et al., 2007). Na Tabela 1 estão descritas algumas dessas substâncias.

Tabela 1. Composição Nutricional do Mel (Colheres de sopa - 100g).

Calorias	309 Kcal
Carboidratos	84g
Cálcio	10g
Magnésio	6 mg
Manganês	0,38g
Fósforo	4 mg
Ferro	0,3mg
Potássio	99mg
Zinco	0,2mg

Sódio	6mg
Vitamina B1	0,11mg
Vitamina C	0,7mg

Fonte: Equilibrio Nutricional (2013)

Outro produto tão antigo quanto o mel, e relevante nesta pesquisa, o hidromel é uma mistura de mel, água e fermento, o qual não se tem registros de quem o inventou, mas durante séculos foi essencial à dieta medieval. Sua fabricação antecede a do vinho e certamente a da cerveja. A bebida também conhecida como "Mead" era a predileta dos Nórdicos e de seus deuses. Também era consumida pelos gregos, onde era conhecida como "Melikatron" (TAGUCHI, 2012).

A produção do hidromel ainda enfrenta problemas, como elevado tempo de fermentação, falta de uniformidade do produto e produção de compostos, pelas leveduras, com aroma desagradável (PEREIRA, 2008).

Este trabalho teve por objetivo a otimização do tempo de fabricação da bebida fermentada de mel, conservando suas características originais, mantendo as melhorias no *flavours*.

Material e Métodos

O presente trabalho seguiu orientações descritas em um comunicado técnico da EMBRAPA (2006). Para a realização do fermentado de mel foram utilizados como equipamentos básicos: refratômetro manual MEGA BRIX REFRAÔMETROS, RHB-32/ATC, balança semi-analítica SHIMADZU BL320H 2006, termômetro de mercúrio (-10 + 110 °C) e alcoômetro DIMEL N° 041-2003. Dispondo dos seguintes materiais: Mel de *Apis mellifera*; água mineral; gelatina incolor sem sabor, fermento biológico – *Saccharomyces cerevisiae*; hipoclorito de sódio; funis; mangueira de silicone; espátula grande de aço inox; cuba de fermentação – dorna de inox; recipientes de vidro – para o preparo do pé de cuba e garrafas de vidro para envase do produto final.

O processo foi iniciado com a higienização dos materiais com hipoclorito de sódio a 100 mg/L de cloro ativo por 30 minutos, enxaguando em seguida.

Misturou-se 2Kg de mel com 2,6L de água mineral para obter um mosto de 30°Brix. Foi retirado 10% do volume total, pasteurizado a 65°C por 30 minutos e resfriado a 30°C para o preparo do pé de cuba. O fermento foi adicionado em uma proporção de 0,5 g por litro de mosto. O pé de cuba é mantido a 25°C por 24 horas, em recipiente fechado com condições ótimas para o desenvolvimento da fermentação. O restante do mosto foi pasteurizado a 100°C por 2 minutos, resfriado e adicionado ao pé de cuba formulado.

A fermentação ocorreu dentro de sete dias e, ao longo desse período, foi utilizado o refratômetro para verificar o consumo de açúcar. A temperatura de fermentação foi mantida a 25 °C ± 2°C. A cuba foi protegida da luz durante o processo em vidro âmbar e embalado com papel Kraft. O teor alcoólico foi determinado com um alcoômetro graduado de 4° a 10,5 °GL.

Após a fermentação, o hidromel foi transferido em um recipiente de vidro para evitar a troca de compostos químicos, com auxílio de uma mangueira de silicone e uma bomba à vácuo. Na clarificação da metodologia original, foi utilizada uma solução de gelatina a 20% para cada litro de mosto. De acordo com testes dos anos anteriores, no presente estudo foi utilizada uma solução de gelatina incolor a 50% adicionando-se 22,4ml/L de mosto, durante 10 dias.

O produto foi envasado e pasteurizado em banho-maria a uma temperatura constante de 65°C por 30 minutos, com objetivo de cessar a fermentação e eliminar possíveis microrganismos patogênicos. Posteriormente, resfriado em água corrente e armazenado em temperatura ambiente.

Para avaliar a qualidade do produto foram efetuadas análises físico-químicas, como o pH, acidez, água e °BRIX

O pH do hidromel foi determinado de acordo com o método descrito por Bogdanov e colaboradores. (1997). Coletou-se 75 ml da bebida e colocou-se num banho a 20°C e após ter atingido o equilíbrio, o pH foi determinado por leitura direta com o medidor de pH Meter Basic 20.

A acidez da bebida foi determinada de acordo com o método modificado de Bogdanov e colaboradores (1997). Recolheram-se 75 ml de amostra do hidromel e adicionou-se 4 a 5 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína. Esta solução foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até a mudança de cor se manter durante 10 segundos. O valor da acidez foi obtido, multiplicando por 10^{-6} o

volume de NaOH gasto. Os resultados são expressos em miliequivalentes de ácidos por 1000ml de hidromel.

A água é o segundo componente mais importante do mel (IURLINA & FRITZ, 2005). O conteúdo de água presente é dependente de vários fatores, como por exemplo a época de colheita e fatores climáticos (FINOLA et al., 2007). Este parâmetro influencia a viscosidade, uma das propriedades físicas do mel (OLAITAN et al., 2007). De acordo com a legislação Portuguesa (Decreto-Lei 214/2003 de 18 de Setembro), o limite máximo de água no mel é 20%.

O °Brix representa uma escala numérica de índice de refração, de outra forma, verifica-se o teor de sólidos solúveis, estimando o valor de açúcar aproximado, em uma solução de sacarose (QUEIROZ et al., 2014). Para a análise, retirou-se amostras de hidromel, depositou-as no visor do refratômetro e definiu-se o valor estipulado com a marcação azul; utilizou-se um mel claro com um inicial de 12 °Brix, obtendo este valor mensurou-se a quantidade necessária de água potável a ser acrescentada para diluir o mel e deixá-lo em 30° Brix e a densidade de 1,127 g/ml, já que o açúcar a ser consumido será da frutose, obtendo um mosto. A quantidade de água partiu de 5kg de mel em 11,5L, obtendo sucessivas adições de água, para que tornasse esse valor. Para o total da diluição de 4,6 L adicionou-se 2,6 L de água potável em 2 Kg de mel, como mostra a Tabela 2.

O pé de cuba foi preparado com 10% do volume total da diluição, ou seja, 460 ml. Essa quantidade foi retirada da parte citada acima e adicionado às leveduras que também obteve um cálculo, desta forma não ocorreria a sobrecarga de fermentação.

Tabela 2: Relação entre dias de fermentação e quantidade de leveduras adicionadas no mosto.

Nº de Dias	Quantidade de levedura (g)	Massa de mel (Kg)	Volume de água (L)	Quantidade de mosto (L)
15	2,25	2	2,6	4,6
7	4,50	2	2,6	4,6

Resultados e Discussão

O valor do pH encontrado no hidromel foi de 3,5, semelhante a Pereira (2008) que obteve o valor médio de 3,9, mantendo-se dentro da normalidade, caracterizando-os como um alimento ácido ($\text{pH} < 4,5$), tornando-o menos suscetível ao ataque microbiano e conseqüentemente proporcionando melhor conservação (BRUNELLI et al, 2012). O pH do hidromel varia entre 3,4 e 6,1 com um valor médio de 3,9 (IURLINA & FRITZ, 2005), considerando assim sabores entre doces a cítricos.

Os mostos de hidromel são caracterizados pelo pH baixo e por uma combinação de ácidos que têm origem no mel, os quais podem influenciar a taxa de fermentação, a qual depende, sobretudo, da variedade do mel, da estirpe de levedura, da composição do meio de cultura e do pH extracelular (NAVRÁTIL et al., 2001).

Devido ao elevado conteúdo em açúcares, o processo fermentativo é bastante lento e necessita que o pH, a temperatura, a estirpe de levedura e os fatores de crescimento sejam os mais adequados. A identificação e eliminação dos fatores que diminuem a atividade celular podem tornar o processo de produção mais rápido e, assim, reduzir os custos (SROKA & TUSZYŃSKI, 2007). É necessário que mantenha esse parâmetro para que não perca a característica adocicada do produto.

Os valores de acidez das amostras de hidromel encontram-se dentro do limite estabelecido na legislação (50 miliequivalentes de ácidos por 1000 g de mel), indicando a ausência de fermentações indesejáveis do mel. (ACQUARONE et al., 2007; KÜÇÜK et al., 2007)

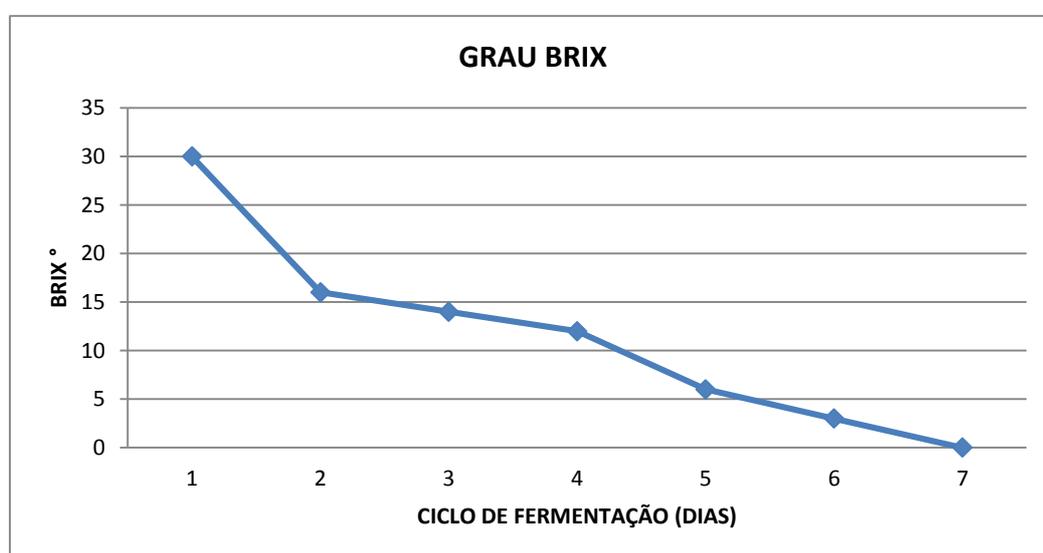
A titulação da análise de acidez resultou em 11,5ml de solução gasta de NaOH, resultando em $1,15 \cdot 10^{-4}$ g/L, nota-se que o encontrado por Pereira (2008) obteve um aumento durante as fermentações, principalmente como resultado de síntese de ácido acético, atingindo o valor máximo de 0,3 g/l. No final, portanto a acidez deste presente estudo está dentro dos parâmetros estabelecidos, indicando a ausência de fermentações indesejáveis do mel.

No entanto, em fermentações de meio com elevada concentração de açúcar, o conteúdo de acidez volátil pode ser superior a 1,8 g/l (BELY et al., 2008).

Foi avaliada a análise de °BRIX do mosto, que variou durante todo processo. Iniciou-se com 30°BRIX, como Ferraz (2015), porém, a temperatura dos trabalhos avaliados foram diferenciados em 5°C e, após a passagem dos dias, houve uma diminuição da escala, até zerar no sétimo dia, cessando a fermentação como mostra o Gráfico 1.

O °BRIX é responsável pelo tempo de fermentação do produto. Quanto maior for o seu valor, maior será o tempo de fermentação, sendo então uma grandeza diretamente proporcional, tornando-a incompleta, prejudicando o resultado final. (TEIXEIRA, 2015)

Gráfico 1- Comparação de °BRIX por tempo (dias) do hidromel



Observou-se a fase de adaptação da levedura (lag) em duas horas, tempo maior se comparado à biomassa de Gomes, (2008). A fase exponencial (log) resultou em 72 horas. Em seguida, obteve-se a fase estacionária de maior duração, diferentemente da autora supracitada. O declínio ocorreu no término dessa fase, resultando então no final do ciclo, onde é realizado o final da fermentação.

Obteve-se a redução do tempo de espera da etapa de clarificação. A gelatina possui proteínas que a torna responsável por retirar todas as impurezas suspensas no meio, em virtude da fermentação, tornando-a qualitativamente e visualmente apta ao consumo. O tempo de clarificação foi de 10 dias, ao utilizado por Mattiettoe colaboradores (2006), resultando em um tempo maior de 30 dias, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3- Relação de quantidade de gelatina e dias percorridos.

Nº de Dias	Solução de gelatina (%)	Quantidade de solução (ml/L)
30	20	6
10	50	22,4

Conclusão

O presente artigo obteve resultados positivos, otimizando o tempo de fabricação da bebida fermentada a partir do mel – hidromel que foi de 17 dias, enquanto o de outros supracitados eram em média 45 dias, e mantendo as principais características como sabor e o teor alcoólico, tornando uma boa opção na produção em grande escala.

Referências Bibliográficas

- ACQUARONE, C.; BUERA, P.; ELIZALDE, B. 2007. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*, 101, 695–703.
- AL-MAMARY, M.; AL-MEERI, A.; AL-HABORI, M. 2002. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22, 1041-1047.
- ALVES, D. F. S. et al. Efeitos da aplicação tópica do mel de *Melipona subnitida* em feridas infectadas de ratos. *Revista Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. Rio de Janeiro, v. 35, n. 3, p. 188-93, mai./jun., 2008.
- ANKLAM, E., 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4), 549–562.
- BELY, M.; STOECKLE, P.; MASNEUF-POMARÈDE, I.; DUBOURDIEU, D. 2008. Impact of mixed *Torulaporadelbrueckii*-*Saccharomyces cerevisiae* culture on high sugar fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 122, 312-320.

BERTONCELJ, J.; DOBERŠEK, U.; JAMNIK, M.; GOLOB, T.; 2007. Evaluation of the phenolic content antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105, 822-828.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LÜLLMANN, C.; 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, 28, 1-59.

BIURLINA, M. O., FRITZ, R., 2005. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *International Journal of Food Microbiology*, 105, 297-304.

BRUNELLI, L.T; FILHO, W. G. V. *Caracterização Química da Bebida Mista de Soja e Uva*. Científica. Araraquara, 2012.

Decreto-Lei nº 214/2003 de 18 de Setembro, Diário da República 1ª Série A.

ESCOBAR, A.L.S.; XAVIER, F. B. *Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas*. Científica, Maringá, 2013.

FAO., 1996. *Value-added products from bee keeping*. FOA Agricultural Services Bulletin. Rome, Italy: FAO.

FINOLA, M.S., LASAGNO, M.C., MARIOLI, J.M., 2007. Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, 100, 1649-1653.

GOMES, T. *Produção de Hidromel: efeito das condições de fermentação*. Dissertação de Mestrado. Bragança Paulista, 2008.

MACEDO, L. N. *Propriedades Prebióticas e Antimicrobianas de Mel de Abelha*. 73f. Dissertação de Mestrado (Ciências do Alimento). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

MATTIETTO, R.A.; et al. *Tecnologia para Obtenção Artesanal de Hidromel do Tipo Doce*. Comunicado Técnico (EMBRAPA). Belém – PA, 2006.

NAVRÁTIL, M.; STURDÍK, E.; GEMEINER, P. 2001. Batch and continuous mead production with pectateimmobilised, ethanol tolerant yeast. *Biotechnology Letters*, 23, 977-982.

OLAITAN, P. B.; ADELEKE, O. E.; OLA, I. O., 2007. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African Health Sciences*, 7, 159-165.

PEREIRA, A. P. R. *Caracterização do Mel - com Vista à Produção do Hidromel*. Científica. Bragança Paulista, 2008.

QUEIROZ, J. C. F. et al. *Produção De Hidromel de Forma Artesanal e Avaliação dos Parâmetros Durante o Processo Fermentativo*. Científico. Campina Grande, 2014. Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

SROKA, P., TUSZYŃSKI, T., 2007. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. *Food Chemistry*, 104, 1250-1257.

TAGUCHI, V. *Hidromel, a bebida dos bárbaros volta ao mercado*. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI326021-18281,00-HIDROMEL+A+BEBIDA+DOS+BARBAROS+VOLTA+AO+MERCADO.html>> Acesso em: 15 de novembro de 2015.

TEIXEIRA, S. *Produção de Cachaça Orgânica - Fermentação do Caldo de Cana*. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/biocombustivel/artigos/producao-de-cachaca-organica-fermentacao-do-caldo-da-cana>> Acesso em: 23 de Novembro de 2015.

VILELA, S. L. O.; et al. *Mel - Definição e Origem, Composição e Propriedades Terapêuticas*. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/mel.htm>> Acesso em: 15 de Novembro de 2015.

Hidrólise do bagaço de cana de açúcar tratado com *Aspergillus* spp.

Hydrolysis of Sugarcane Bagasse Treated with Aspergillus spp.

Danilo Neves Monsani ¹
Alessandra Alcantara de Almeida ¹
Rosemeire Conceição Parra Pastor ²
Natalia Felix Negreiros

RESUMO

O Brasil produz um índice elevado de resíduos agroindustriais que podem ser reutilizados pelo setor sucroenergético, na produção de etanol celulósico. A proposta deste trabalho foi avaliar a hidrólise do bagaço tratado quimicamente, em relação à quantidade do açúcar redutor presente, após o crescimento de *Aspergillus* spp. Foram analisados bagaços tratados com NaOH a 4% e com NaOH a 4% concomitante com H₃PO₄ e vapor. Nas análises de hidrólise do bagaço tratado, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém o tratamento com NaOH, H₃PO₄ e vapor apresentou a maior quantidade de açúcar redutor após o crescimento do fungo.

Palavras-Chave: Sucroenergético; Etanol celulósico; Tratamento alcalino; Açúcar redutor.

ABSTRACT

Brazil produces a high volume of agroindustry residues that can be re-used by the sugarcane industry in the production of cellulosic ethanol. The aim of this study was to evaluate the hydrolysis of chemically treated bagasse, in relation to release of total sugar present, after the growth of fungus *Aspergillus* spp. Treated bagasse was analyzed with a 4% solution of sodium hydroxide NaOH, and with a 4% solution of sodium hydroxide concomitant with phosphoric acid H₃PO₄ and steam. In the analysis of hydrolysis of treated bagasse, there were no statistical differences between the treatments, however the

1, Acadêmicos do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Química, Bacharelado e Licenciatura. Mestre na Área de Produtos do Meio Ambiente. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba, rose_parra@ig.com.br.

3, Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium de Araçatuba, natalia_felix@yahoo.com.br.

treatment with NaOH, H₃PO₄ and steam showed a greater amount of total sugar after the fungus growth.

Keywords: sugarcane industry, cellulosic ethanol, alkali treatment, total sugar.

Introdução

Materiais lignocelulósicos são os compostos orgânicos com maior quantidade na biosfera, representando 50% da biomassa terrestre (SARKO, 1997). O termo estrutura lignocelulósica refere-se a parte do vegetal que forma a parede celular (lamela média, paredes primária e secundária), constituída por uma matriz resistente e fibrosa, onde fibras flexíveis, celulose, hemicelulose e, também, pectina, estão envolvidas em uma matriz de lignina (BON et al., 2008).

Além da celulose, hemicelulose e lignina, que são componentes com maior presença, os materiais lignocelulósicos apresentam, em menores proporções, resinas, taninos, ácidos graxos e fenóis, entre outros (WAYMAN & PAREKH, 1990).

A celulose é um polímero linear, contendo até 15.000 unidades de D-glicose, unidas por ligações glicosídicas β -1,4. Estas cadeias individuais estabelecem ligações de hidrogênio intermoleculares, rígidas e em forma de fita. O estabelecimento de pontes de hidrogênio intracadeias resultam na formação de fibrilas, uma estrutura altamente ordenada que se juntam formando as fibras de celulose. As fibrilas apresentam regiões com elevado grau de cristalinidade, nas quais as cadeias de glicana estão fortemente ligadas em paralelo, até regiões com menor grau de ordenação, chamadas regiões amorfas. Estas características faz com que a molécula tenha elevada resistência à hidrólise ácida e enzimática (ZHANG & LYND, 2004).

O uso adequado do bagaço daria um enorme valor econômico, aumentando em até duas vezes o rendimento de produção de etanol. Segundo estudos realizados pela Dedini S/A Indústrias de Base (Empresa situada em Piracicaba-SP), 80 toneladas de cana limpa processada produzem cerca de 6400 litros de bioetanol, enquanto que 96 toneladas de cana integral (incluindo bagaço e palha) renderiam 12050 litros de bioetanol (SILVA; BRANDELLI, 2007). Além

disso, também resolveria um problema ecológico, pois reduziria a poluição causada pela queima do bagaço na geração de energia e/ou evitaria o descarte deste material na natureza (KILICASLAN et al., 1999; NEUREITER et al., 2002).

Para conseguir degradar a celulose, os microrganismos celulolíticos produzem uma mistura complexa de enzimas: as celulases. O estudo dessas enzimas iniciou-se no pós-guerra (década de 50), nos Estados Unidos, com o objetivo de bioconversão dos materiais lignocelulósicos visando à produção de combustível (GALVAGNO & FORCHIASSIN, 2004).

As celulases são produzidas por uma variedade de microrganismos em condições de anaerobiose e aerobiose e temperaturas, fundamentais para a obtenção de açúcares a partir da celulose como fonte de carbono e importantíssimas para a reciclagem do elemento carbono na biosfera (SILVA & BRANDELLI, 2007).

A necessidade da degradação da celulose, presente na parede dos vegetais em condições naturais, faz com que os microrganismos produzam enzimas com três formas de ação. O processo de clivagem das ligações β -1,4 da celulose são feitos por enzimas celulásicas, atuando de modo complexado, chamado de celulosomas, no caso de bactérias anaeróbias (DESVAUX, 2005) ou não complexada, no caso de fungos e também bactérias aeróbias (BHAT; BHAT, 1997; LYND et al., 2002). A ação dos fungos ocorre por meio da penetração das suas hifas no lúmen das células. Estas hifas produzem uma grande diversidade de metabólitos extracelular que atuam degradando a parede vegetal (FERRAZ, 2004). Para atingir a celulose é necessária a quebra de alguns polímeros que se encontram fixados à celulose, principalmente lignina, hemicelulose e pectina (ENARI, 1983).

O interesse nos fungos filamentosos se deve à sua capacidade de produzir diferentes substratos, que é explorada gerando produtos ou processos, como o isolamento de enzimas, a biodegradação de resíduos, fermentação em estado sólido de resíduos (GRIMM et al. 2005). Os fungos mostram-se promissores como produtores de celulase e xilanase, destacando: *Trichoderma reesei* (também denominado *Trichoderma viride*), *Trichoderma koningii*, *Trichoderma lignorum*, *Sporotrichum pulverulentum* (também denominado *Chrysosporum lignorum*),

Penicillium funiculosum, *Penicillium iriensis*, *Aspergillus* sp., *Schizophyllum* sp., *Chaetomium* sp. (BISARIA & GHOSE, 1981) e *Humicola* sp. (DA SILVA et al., 1994).

A proposta deste trabalho foi avaliar a hidrólise do bagaço tratado quimicamente em relação à quantidade do açúcar redutor presente, após o crescimento do fungo *Aspergillus* spp.

Material e Métodos

Foram utilizados como microrganismos fungos *Aspergillus* spp, crescidos em substrato à base de levedo fermentado e açúcar e desenvolvidos em meio Ágar Sabouraud durante 7 dias em estufa a 32 °C.

A suspensão de esporos fúngicos foi obtida pela adição de 10 mL de água esterilizada no meio Ágar Sabouraud.

Para a produção enzimática utilizou-se metodologia descrita em Mandels e Weber(1969).

Foi utilizado três tipos de bagaço de cana, sem tratamento químico como controle, tratado apenas com NaOH a 4% e o outro com NaOH a 4%, concomitante com H₃PO₄ P.A. e vapor.

No tratamento com hidróxido de sódio, 100 g do bagaço de cana lavado e moído, foi tratado com 2000 ml da solução de hidróxido de sódio a 4% em autoclave, a 121 °C por 30 minutos. O material recuperado por filtração foi então lavado com água corrente até a neutralidade e seco a 65 °C, até massa constante.

No tratamento com hidróxido de sódio, ácido fosfórico e vapor, parte do bagaço obtido do tratamento com NaOH 4%, antes das lavagens sucessivas com água corrente, foi neutralizado com H₃PO₄ P.A. e filtrado. O material recuperado foi então seco em estufa a 65 °C até massa constante. Adicionou-se ao bagaço obtido o mesmo volume de água destilada, autoclavando-o a 121 °C por 30 minutos. A suspensão foi filtrada e o material sólido desidratado a 65 °C até massa constante.

Inoculou-se um mililitro da suspensão de esporos em 250 ml do meio líquido contido em Béckers. Os frascos, em triplicata, foram incubados a 30 °C. Amostras foram tomadas diariamente e centrifugadas a 3000 rpm, durante 15 minutos, 3 mililitros do sobrenadante foram coletados para análises.

O método do DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico), descrito por Miller (1959), foi utilizado para determinar os açúcares redutores. Também foram medidos o Brix° dos tratamentos.

A quantificação de açúcar redutor presente no hidrolisado foi feita utilizando-se um coeficiente de absorvidade igual a 0,1593 (g/L) obtida a partir da curva de padrão de glicose (Figura 1), com equação da reta: $y=0,1593x+0,0526$.

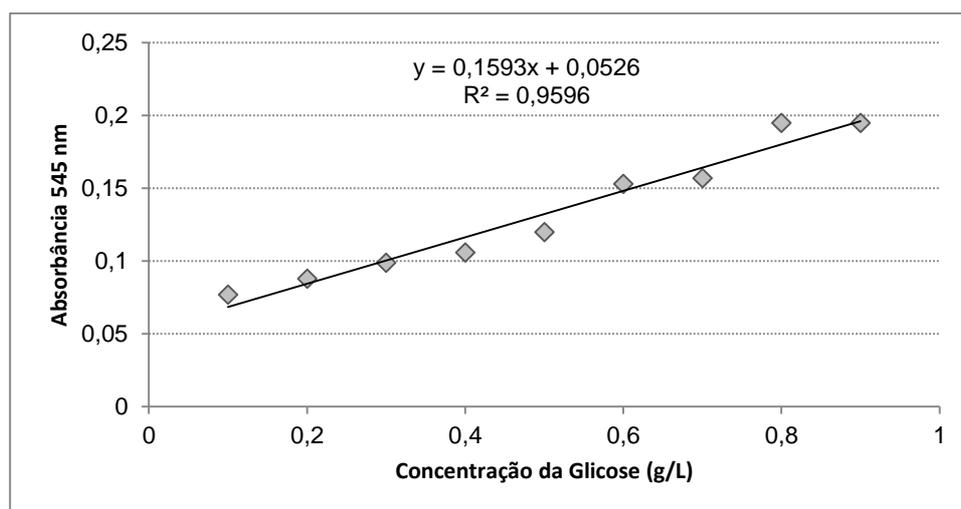


Figura 1- Curva Padrão de Glicose.

Resultados e Discussão

Por meio do tratamento alcalino com NaOH 4% e NaOH 4%, H₃PO₄, vapor, e o fungo *Aspergillus* spp. incubado durante quatro dias, foi obtido cerca de 1,3 g/L de açúcar redutor (figura 2 e 3). Marques (2010) utilizou tratamento ácido com HCl, e os fungos *Aspergillus niger*, *Trichophyton terrestre* e *Aspergillus nidulans* incubados no período de 60 dias. Os resultados obtidos após esse período foram de aproximadamente 12 g/L com *A. niger*, aproximadamente 7 g/L com *T. terrestre*, e aproximadamente 8 g/L com *A. nidulans*, de açúcar redutor, mostrando ser eficiente para a quebra do bagaço, facilitando assim a atividade enzimática dos fungos, assim como no presente estudo.

Aguiar & Menezes (2000) utilizaram o tratamento NaOH 4% e NaOH 4%, H₃PO₄, vapor, e o fungo *Aspergillus niger* IZ-9, com um período de incubação de sete dias. Os resultados após esse período foram de aumento do teor de celulose,

que aumentou consideravelmente após os tratamentos, saindo de 37% no “sem tratamento”, para 66,5% no tratamento com NaOH a 4%, H₃PO₄ e vapor, e o teor de lignina abaixou, saindo de 24,6% no “sem tratamento, para 10% no tratamento com NaOH a 4%, H₃PO₄ e vapor, permitindo assim uma melhor ação enzimática do fungo, mostrando a eficiência do tratamento.

Vásquez (2007) utilizou os tratamentos (NaOH 0,5M - 20 min - T. ambiente), (NaOH 0,1M - 20 min - T. ambiente), (H₂O destilada - 20 min - T. ambiente), (H₂O destilada - 121°C por 40 min), (NaOH 0,1M - 70°C por 20 min), (NaOH 0,5M - 70°C por 20 min), (Solução de Etanol 87% e H₂SO₄ 2M - refluxo 81±2°C por 90 min), (NaOH 4% - 121°C por 30 min), (NaOH 1M - 20 min - T. ambiente), (Etapas sequenciais de 10 lavagens com NaOH 0,5M - 10 min - T.ambiente), (Solução de Etanol 50% e NaOH 2M - agitado a 200 rpm por 72 horas a 25°C), (Sequência de 4 etapas de lavagem NaOH 0,5M - 10 min - T. ambiente), (Sequencia de 4 etapas de lavagem NaOH 0,1M - 10 min - T. ambiente), (Sequencia de 4 etapas de lavagem NaOH 1M - 10 min - T. ambiente), (Celulignina sem pré-tratamento) incubados por dois dias, com cepas comerciais de enzimas, todos os tratamentos tiveram resultados positivos, porém, o pré-tratamento que apresentou maior quebra no bagaço, permitindo um aumento na acessibilidade da celulose, ao ataque enzimático foi o tratamento com NaOH 4%, mantida em 121°C, por um período de 30 minutos. Tratamento semelhante ao usado no presente estudo.

Pietrobon (2008) utilizou dois tipos de tratamentos: ácido com solução de 0,5% de H₂SO₄ e alcalino com solução de 3% de Ca(OH)₂, colocados em autoclave a 121°C por 30 minutos. Após o término, o bagaço teve seu pH ajustado para 4,5. O tratamento ácido do bagaço com 0,5% de H₂SO₄ e autoclave a 121°C durante 30 minutos contribuiu para uma maior eficiência do processo de hidrólise pelas enzimas, sendo 1,5 a 1,9 vezes superior ao tratamento alcalino, mostrando ser eficiente na quebra do bagaço. O tratamento alcalino foi diferente do que o utilizado neste trabalho, porém demonstrou eficácia.

A quantidade de açúcar redutor foi maior no tratamento com o NaOH 4%, H₃PO₄ e vapor, comparado com o Sem Tratamento e o NaOH a 4%, provavelmente, devido a uma melhor degradação das estruturas do bagaço, e assim facilitando o trabalho das enzimas.

Este estudo comprova a importância do pré-tratamento do bagaço de cana de açúcar antes da sacarificação, que é realizada pelas enzimas. Os resultados mostram-se muito interessantes uma vez que representam uma economia de custo, além do que tratamentos alcalinos são eficientes e seu custo é reduzido quando comparado à outras técnicas, como radiação, ou que requerem equipamentos especiais (*steam-explosion*).

Enzima+Substrato			Enzima		
ST	NaOH	NaOH Acido	ST	NaOH	NaOH Acido
1,280238	1,211707	1,320516845	0,928437	0,8586	0,842906466
0,19381	0,198972	0,214641996	0,244695	0,229644	0,1993439

Figura 2- Resultados dos tratamentos realizados com as amostras: NaOH e NaOH; H₃PO₄ e também vapor.

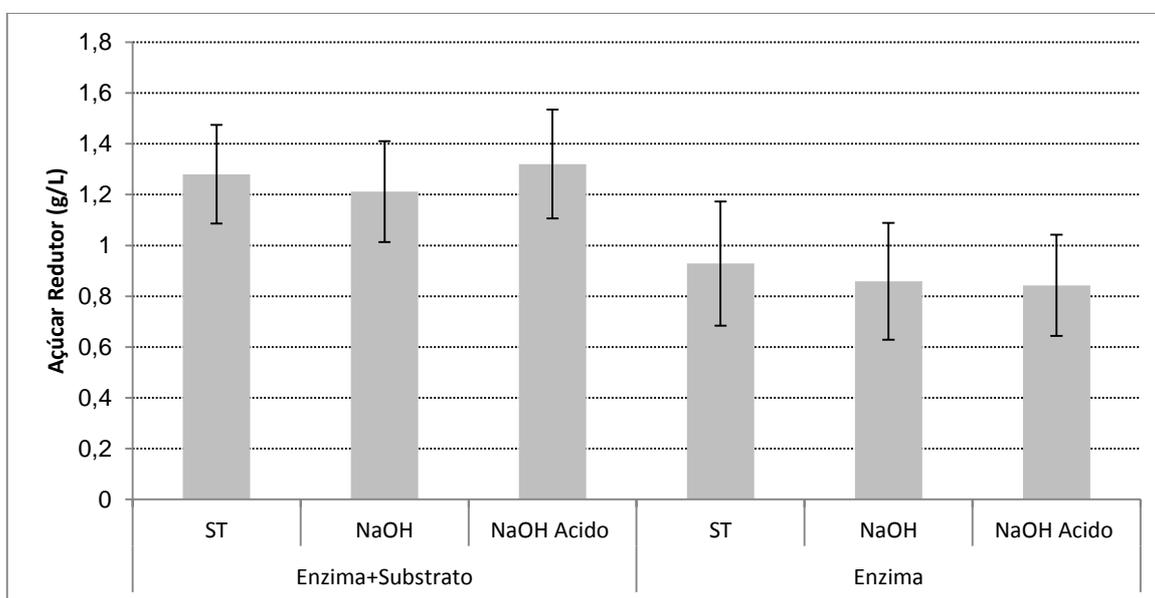


Figura 3- Resultados dos tratamentos realizados com as amostras: NaOH e NaOH; H₃PO₄ e também vapor.

Conclusão

Não houve diferenças estatísticas nas análises de hidrólise do bagaço tratado, porém o que apresentou a maior quantidade de açúcar redutor após o crescimento do fungo foi o tratamento com NaOH, H₃PO₄ e vapor. Uma das vantagens do tratamento mais severo com NaOH, H₃PO₄ e vapor está na maior remoção de hemiceluloses, pois aumenta consideravelmente o teor de celulose nas frações de fibra, exemplificando a maior quantidade de açúcar redutor nos resultados. Outro fator está no tempo de processamento do bagaço, que é inferior ao anterior. A neutralização com H₃PO₄ foi extremamente rápida em relação ao tratamento com NaOH, aonde a neutralização foi realizada através de lavagens sucessivas com água.

Este estudo comprova a importância do pré-tratamento do bagaço de cana de açúcar antes da sacarificação. Os resultados são interessantes, pois tratamentos alcalinos são eficientes e seu custo é reduzido quando comparado à outras técnicas.

Referências Bibliográficas

AGUIAR CL.; MENEZES TOBIAS J. B. *Produção de celulasas e xilanase por Aspergillus niger IZ-9 usando fermentação submersa sobre o bagaço de cana de açúcar*. p. 62-63, 2000.

BHAT, M. K.; BHAT, S. Cellulose degrading enzymes and their potential industrial applications. *Biotechnology Advances*, v. 15, p. 583-620, 1997.

BISARIA, V. S.; GHOSE, T. K. Biodegradation of cellulose materials: substrates, microorganisms, enzymes and products. *Enzyme Microbiology and Technology*, v. 3, p. 90-104, 1981.

BON, E.P.S.; FERRARA M.A.; CORVO M.L. *Enzimas em biotecnologia: Produção, aplicação e Mercado*, p.253, 2008.

DA SILVA, R.; YIM, D. K.; PARK, Y. K. Application of thermostable xylanases from *Humicola* sp for pulp improvement. *Journal Fermentation and Bioengineering*, v. 77, p. 109-111, 1994.

DESVAUX, M. The cellulosome of *Clostridium cellulolyticum*. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 37, p. 373-385, 2005.

ENARI, T.M. Microbial cellulases. In: FOGARTY, W.M. (Ed.). *Microbial enzymes and biotechnology*. London: Applied Science Publishers, 1983. p. 183-224.

FERRAZ, AL. Fungos decompositores de materiais lignocelulósicos. In: ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J.L. (Ed.). *Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. Caxias do Sul: EDUCS, 2004. 510 p.

GALVAGNO, MA; FORCHIASSIN, F. Fisiologia dos fungos: nutrição e metabolismo . In: ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J.L. (Ed.). *Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. Caxias do Sul: EDUCS, 2004. Cap. 4 p. 123- 169.

GRIMM, L. H.; KELLY, S.; KRULL, R.; HEMPEL, D. C. Morphology and productivity of filamentous fungi. *Applied Microbiology Biotechnology*, v. 69, p. 375-384, 2005.

KILICASLAN, I.; SARAC, H. I.; ÖZDEMİR, E.; ERMIS, K. Sugar cane as an alternative energy source for Turkey. *Energy Conversion and Management*, v. 40, p. 1-11, 1999.

LYND, L. R.; WEIMER, P. J.; VAN ZYL, W. H.; PRETORIUS, I. S. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 66, n. 3, p. 506-577, 2002.

MANDELS, M, WEBER, J. The production of cellulases. *Advances in Chemistry Series*, v. 95, p. 391-414, 1969.

MARQUES M.P. *Estudo da hidrólise do bagaço de cana de açúcar por fungos filamentosos*. p.45, 2010.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

NEDER, Ronaldo. N. *Microbiologia: manual de laboratório*. São Paulo: Nobel, 1992.

NEUREITER, M.; et al. Dilute-acid hydrolysis of sugarcane bagasse at varying conditions. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 49-58, p. 98-100, 2002.

PIETROBON V. C. *Hidrólise do bagaço de cana de açúcar pré-tratado com ácido e álcali utilizando enzimas microbianas comerciais*. 2008.

SARKO, A. *Cellulose – How much do we know about its structure? In: Wood and Cellulosics: Industrial Utilization*. Biotechnology, Structure and Properties. John Wiley & Sons, New York, 1997.

SILVA; BRANDELLI, A. Produção de queratinase por *Aspergillus phoenicis* em diferentes meios de cultivo. In: *SIMPOSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS*, 16., 2007, Curitiba. Resumo... Curitiba: [s. n.], 2007. 1 CD-Rom.

VÁSQUEZ M. P. *Desenvolvimento de processo de hidrólise enzimática e fermentação simultâneas para a produção de etanol a partir de bagaço de cana de açúcar*. 2007

WAYMAN, M.; PAREKH, S. Biotechnology of Biomass Conversion: Fuels and Chemicals from Renewable Sources. *I: Biotechnonogy Series*. 30:40-71. Open University Press, U.K., 1990.

ZHANG, Y.H. P.; LYND L. R. Toward na aggregated understanding of enzymatic hydrolysis of celullulose: non-complexed cellulase systems. *Biotechnol. Bioeng.*, 88:797-824,2004.

Uso de subproduto industrial como biofertilizante no cultivo de cana de açúcar

Use of Industrial By-product as a Bio-fertilizer in Sugarcane Cultivation

Jéssica Hermelindo Resler Silva ¹

Lucas Carvalho de Souza¹

Mariany Cristina Kumada¹

Natalia Felix Negreiros ²

RESUMO

A cana de açúcar tornou-se importante para a economia brasileira, na forma de adubação e até a produção de combustível e energia. Um dos biofertilizantes utilizado para o enriquecimento dessa cultura é o Ajifer, um organo-mineral líquido, nitrogenado obtido a partir da produção do aminoácido lisina, como subproduto de indústria alimentícia. O presente estudo teve por objetivo verificar os efeitos das diferentes concentrações deste subproduto para avaliar a concentração ideal na produtividade da cana de açúcar. A forma mais efetiva para o crescimento desta cultura é a aplicação do produto com concentração de 50%, não sendo prejudicial ao meio ambiente e favorecendo seu desenvolvimento. Um bom crescimento na cana supõe-se também, uma maior rentabilidade e produtividade, diminuindo a quantidade de área destinada ao plantio.

Palavras-chave: Ajifer; Fertilizante; Fotossíntese; Nitrogênio; Solo.

ABSTRACT

The sugarcane became important for the Brazilian economy, fertilization and even the production of fuel and energy. A biofertilizer used for enrichment of this culture is Ajifer, a liquid bio-mineral nitrogen fertilizer, obtained from the production of lysine, as a byproduct of food industry. This study observed the effects of different concentrations of this byproduct to evaluate the optimal concentration in the productivity of sugarcane. The most effective medium for the growth of this culture is the application of the product with

1, Acadêmica do Curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Bióloga Doutora em Ciências Docente do Curso de Engenharia de Bioprocessos Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, natalia_felix@yahoo.com.br.

50% concentration without being harmful to the environment and promoting its development. A good growth in sugar cane is also assumed, a higher efficiency and productivity, reducing the amount of area designated for the planting.

Keywords: Ajifer, fertilizer, photosynthesis, nitrogen, soil.

Introdução

A cana de açúcar devido à sua múltipla utilidade se tornou importante para economia brasileira, podendo ser empregada como forma de alimentação animal, adubação e até a produção de combustível e energia (COUTO, 2013). As práticas desenvolvidas na agricultura estão intimamente relacionadas com as questões ambientais, sendo a agricultura, uma das atividades do homem que mais tem causado degradação ambiental. Neste aspecto, na agricultura é necessária uma organização para aplicação de fertilizantes, os quais, não prejudicam o solo e nem ao meio ambiente, visando atingir os objetivos ambientais e econômicos da empresa agrícola, ou seja, um Sistema de Gestão Ambiental (GUINDANI & SCHENINI, 2010).

Um dos fatores importantes para a produção agrícola é o uso de fertilizantes que oferecem aumento na produtividade, contribuindo para a redução da degradação do solo e poluição do meio ambiente. Os fertilizantes são fontes de nutrientes, os quais as plantas necessitam. As substâncias são divididas em orgânicas (carbono, hidrogênio e oxigênio), e minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco), os quais devem ser fornecidos por meio da adubação quando os teores não estão suficientes no solo para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para uma melhor produção agrícola e não contaminação é necessário que a aplicação do fertilizante seja aplicada em quantidades adequadas às plantas, proporcionando uma maior produtividade (CAMARGO, 2012).

A aplicação de fertilizantes ao solo também é feita para repor sua perda, pois, a cada ciclo, as plantas extraem substancias dos solos e com a não reposição delas, elas serão absorvidos das reservas do solo, podendo causar seu esgotamento

e sua degradação. Plantas bem robustas possuem uma maior capacidade de aproveitar os nutrientes do solo, além da água e da energia solar, incrementando a capacidade fotossintética, sua produção de massa e do sistema radicular (CAMARGO, 2012). Um dos compostos importantes para o solo e para as plantas é o nitrogênio. Com sua falta, as plantas apresentam sintomas típicos, como clorose de folhas velhas em função de quantidades reduzidas de clorofila, além de redução no crescimento (MELGAR et al., 1999). Os mecanismos de adição do nitrogênio ao solo podem ser de forma sucinta em fixação biológica, adição de matéria orgânica, aplicação de adubos orgânicos ou minerais e adição pelas águas pluviais. No caso dos mecanismos de perda de nitrogênio do solo podem ser resumidas em remoção pelas colheitas, lixiviação, erosão e volatilização (MELO, 1978). O fornecimento de fertilizantes nitrogenados requer cuidados, pois apresentam elevadas perdas por volatilização (TRIVELIN et al., 1997).

Para contribuir com a manutenção do solo, o subproduto de indústria alimentícia líquido conhecido como Ajifer, enriquecido com nitrogênio, surge como fonte alternativa de adubação nitrogenada, com a vantagem de apresentar menor perda por volatilização (COSTA et al., 2003). O produto é disponibilizado ao mercado como linha de fertilizantes organo-minerais, líquido viscoso, cor marrom escura, odor característico, oriundos de processos controlados de fermentação microbológica, e o seu armazenamento por longo período de tempo pode gerar gás sulfídrico e gás metano (MELGAR et al., 1999). As indústrias sucroalcooleiras passaram a aplicar o produto via solo, que apresenta uma fonte de nutrientes minerais e elementos orgânicos essenciais para o desenvolvimento das culturas agrícolas (MELO, 1978).

O Ajifer é um fertilizante nitrogenado, sendo obtido a partir da produção do aminoácido lisina. A lisina é produzida por meio da fermentação de uma solução esterilizada de açúcar ao qual são adicionados nutrientes (P, K, Mg, Mn, Fe) para servir de substrato aos microrganismos e adição de amônia (NH₃) para tamponar o sistema visando a eficiência da fermentação. Após a remoção da lisina, o caldo resultante, contendo 1% de nitrogênio total, passando por evaporadores produzindo um material orgânico ao qual são adicionados 16 kg/m⁻³ de bagaço de soja. O produto resultante contendo, no mínimo, 40 g/kg⁻¹ de nitrogênio total passa a ser conhecido como Ajifer (MATTIAZZO, 2003).

O subproduto industrializado (Ajifer) atua no crescimento radicular, além de aumentar a eficiência da adubação, constituindo uma fonte de energia e de nutrientes para os microrganismos do solo e possui uma grande vantagem ao aumentar a capacidade de retenção de água do solo (EMBRAPA, 1999).

O presente trabalho teve por objetivo observar os efeitos do Ajifer, em diferentes concentrações, analisando a produção de clorofila *a*, além de determinar a concentração ideal para o aumento da produtividade da cana de açúcar no noroeste do estado de São Paulo.

Metodologia

O projeto foi realizado com o plantio da cana de açúcar (variedade rb855453) na "Bioflora" do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, localizado no município de Araçatuba-SP.

No laboratório Bioflora, no qual foi mantido os vasos de plástico de 500g cada um contendo uma muda, com terra adubada e regada diariamente até a cana de açúcar atingir um desenvolvimento adequado de aproximadamente 30cm, as mudas foram transferidas para o solo, as quais foram tratadas com quatro níveis diferentes de Ajifer (variedade L40).

O delineamento experimental foi constituído de blocos, e dentro destes, parcelas subdividas para os tratamentos, num esquema fatorial 4 x 4 com 4 repetições e distribuídos aleatoriamente na casa de vegetação (Bioflora). O potencial de germinação foi avaliado no 7º e 15º dia. A aplicação dos tratamentos foi realizada em porcentagem de Ajifer, tendo como análise, o Ajifer L40, nas proporções de 25%, 50%, 75%, 100% respectivamente e o controle (sem Ajifer). As observações de desenvolvimento, características, resistência da cana de açúcar foram realizadas durante seis meses.

Após o sétimo mês, realizou-se a extração para determinação dos pigmentos clorofila *a* e outros pigmentos, através da lavagem do material vegetal em água corrente. A amostra foi extraída por maceração em acetona 90% a frio e protegida da luz. Em seguida, a amostra foi centrifugada por 10 minutos e o sobrenadante foi imediatamente conduzido para leitura na região do visível a 663

nm e 750 nm em espectrofotômetro para determinação dos pigmentos (MARGALEF, 1983).

A altura (cm) foi realizada a partir do colo, medida até a última folha totalmente aberta, realizada de 15 em 15 dias fazendo uma media mensal desde a plantação no solo ao termino das observações. Em razão de se tratar de uma monocotiledônea, e possuindo uma raiz fasciculada, a obtenção do comprimento da raiz foi feita pela raiz mais extensa.

Após 10 meses de análise foi realizada uma estimativa, utilizando os resultados obtidos com o corte e pesagem da plântula comparado por hectare, procurando encontrar a produção, tonelada. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste t de student, e comparada suas médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussões

No presente estudo, foram obtidos resultados significativos de 20,83% com o uso do Ajifer. O biofertilizante promoveu o crescimento radicular possibilitando um melhor desenvolvimento da planta conforme demonstrado na Tabela 1. No controle, foi observado o crescimento da cana-de-açúcar de 0,50m, já na planta que houve aplicação de Ajifer 50%, houve um crescimento maior 1,2m. Observou-se também, uma degradação no crescimento de algumas cana de açúcar, devido ao clima, a chuva e radiação solar. O desenvolvimento do sistema radicular tem influência direta sobre algumas características da planta, tais como: resistência à seca, eficiência na absorção dos nutrientes do solo, tolerância ao ataque de pragas do solo, capacidade de germinação e/ou brotação e a tolerância à movimentação de máquinas, e o uso do fertilizante proporciona nutrição a raiz da cana de açúcar melhorando seu rendimento (VASCONCELOS & GARCIA, 2005).

Tabela 1 – Demonstração da variação na altura (em metros) da cana de açúcar em relação ao tempo e dosagens de aplicação de Ajifer.

<i>Meses de medição</i>	<i>Controle</i>	<i>Ajifer 25%</i>	<i>Ajifer 50%</i>	<i>Ajifer 75%</i>	<i>Ajifer 100%</i>
Novembro	0,8	0,74	0,5	0,71	0,74
Dezembro	1,15	0,97	1,15	1,04	1,02
Janeiro	1,17	0,92	1,37	1,32	1,17
Fevereiro	1,4	1,2	0,8	1,3	1,2
Março	1,5	1,6	1,7	1,2	1,4
Abril	1,3	1,7	1,7	1,6	1,5
Variação	0,5	0,96	1,2	0,89	0,76

Na análise da clorofila *a* obteve baixa pigmentação devido ao uso do subproduto, como demonstrado na tabela 2. A cana de açúcar apresentou alta sensibilidade à aplicação do fertilizante, ocorrendo deformação nas folhas da planta. Observou-se que, em nenhum caso com aplicação de Ajifer L40 ocorreu aumento na concentração de clorofila. Ao contrário, observou-se uma significativa diminuição de 0,38 mg/Litro em relação ao controle, neste caso, não sendo favorável a aplicação do produto na cana de açúcar, pois o mesmo é rico em nitrogênio não contendo quantidades suficientes de potássio assim prejudicando as atividades fotossintéticas. A produção de clorofila *a* é a responsável para a realização da fotossíntese, no qual todos os vegetais necessitam segundo Gentili (2011), um processo o qual transforma radiação solar em energia liberando O₂ para atmosfera, proporcionando à planta um melhor desenvolvimento.

Na adubação mineral (com N, P e K), em geral, o nitrogênio é o nutriente que as plantas necessitam em maior quantidade. Entretanto, na cultura da cana de açúcar, o potássio é requerido em quantidades maiores do que o nitrogênio, elemento que faz parte de muitos compostos, sobretudo das proteínas, e é constituinte da clorofila, ácidos orgânicos e hormônios vegetais (ROSSETTO & SANTIAGO, 2012). No trabalho realizado por Leite (2011) pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” de Piracicaba, observou-se que a atividade fotossintética é definida na fase inicial de desenvolvimento da planta, sendo o Ajifer não qualificado para o uso.

Tabela 2 – Análise da quantidade de clorofila *a* (mg/litro) presente na folha da cana de açúcar em relação as dosagens de aplicação de Ajifer L40.

<i>Amostras</i>	<i>Clorofila (mg/litro)</i>
Controle	0,68360
Ajifer 25%	0,36298
Ajifer 50%	0,30742
Ajifer 75%	0,36880
Ajifer 100%	0,19955

No ultimo mês de análise (abril, 2015), obteve-se resultados vantajosos com o uso do Ajifer em relação ao crescimento e a quantidade de canas-de-açúcar. Observou-se que houve um rendimento apropriado com o uso do subproduto em relação à quantidade de colmos, diâmetro e peso das canas-de-açúcar, isto é, contribuiu para um melhor desenvolvimento do mesmo, conforme evidenciado na tabela 3. Segundo Leite (2011) a adubação com fertilizantes nitrogenados é realizada no sentido de se obter aumento em produtividade e aumento na eficiência do uso de nutrientes. Em seu projeto notou-se que a fonte nitrogenada Ajifer teve um incremento na fitomassa em relação ao sulfato de amônia, sendo essa diferença influenciada no colmo, peso e diâmetro, observou-se também alta intensidade de nitrificação no solo concluindo que o fertilizante contribuiu para sua mineralização. O Ajifer oferece ao solo a reposição de nutrientes apropriados para o seu fortalecimento e desenvolvimento da cana de açúcar.

Tabela 3 – Análise de colmos, diâmetro, e peso das canas-de-açúcar em relação às dosagens da aplicação de Ajifer L40.

	<i>Nº de Canas</i>	<i>Nº de colmos</i>	<i>Diâmetro</i>	<i>Peso</i>
<i>Ajifer 25%</i>	<i>05</i>	<i>51</i>	<i>127</i>	<i>5330 kg</i>
<i>Ajifer 50%</i>	<i>07</i>	<i>82</i>	<i>164</i>	<i>6740 kg</i>
<i>Ajifer 75%</i>	<i>08</i>	<i>86</i>	<i>191</i>	<i>7740 kg</i>
<i>Ajifer 100%</i>	<i>04</i>	<i>51</i>	<i>110</i>	<i>4710 kg</i>
<i>Controle</i>	<i>04</i>	<i>55</i>	<i>83</i>	<i>3140 kg</i>

No trabalho realizado por CEMBRANELLI (2006) pelo Instituto Agronômico Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, observou-se que o produto Ajifer L40 não possui substâncias contaminantes ao meio ambiente. O subproduto de indústria alimentícia é isento de elementos potencialmente tóxicos (Cd, Hg, Pb, Se), compostos orgânicos recalcitrantes e elementos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, também não é misturado ao Ajifer nenhum tipo de esgoto sanitário e, dessa forma, o subproduto não apresenta nenhum tipo de organismo patogênico.

Observou que o Ajifer é um produto de grande importância ao solo devido aos seus nutrientes. O subproduto de indústria alimentícia ajuda na reposição das substâncias ao solo os quais a cana de açúcar absorve durante seu cultivo, o mesmo também contribui para um melhor desenvolvimento da cana de açúcar, porém não contribuiu para a pigmentação da clorofila *a*, prejudicando a fotossíntese da planta, assim não favorecendo totalmente seu desempenho.

Neste contexto, é importante seguir as normas de aplicação de fertilizantes, pois ele pode causar danos ao meio ambiente, causando um fenômeno chamado de eutrofização, que é ocasionado pelo excesso de nutrientes no solo (compostos químicos ricos em fósforo e nitrogênio), podendo prejudicar os mananciais aumentando excessivamente a quantidade de algas, diminuindo a qualidade da água. É normal confundir uma cultura bem nutrida com uma em quantidades excessivas de nutrientes, pois deve levar em consideração o que já está disponível no solo e o que a cultura realmente necessita (GUEDES, 2011).

No presente estudo, observou-se, que o biofertilizante aplicado na proporção intermediária de 50%, favorecia seu desenvolvimento e rendimento, não necessitando de quantidades maiores de Ajifer (100%).

Conclusão

A forma mais efetiva para o crescimento da cana de açúcar é o uso do Ajifer, com concentração intermediária de 50%, pois nesta concentração a planta cresceu 1,2m em seis meses, enquanto que no crescimento natural, 0,5m apenas. Um bom crescimento da cana supõe também uma maior rentabilidade e

produtividade, diminuindo a quantidade de área destinada ao plantio da cana.

Em relação as atividades fotossintéticas, o biofertilizante não é recomendável já que a concentração de clorofila a diminuiu consideravelmente na presença de Ajifer, constatando-se a maior diminuição no Ajifer 100%. A diminuição da clorofila na planta acarreta diretamente na sua capacidade fotossintética.

Referências Bibliográficas

ABREU JUNIOR, C. H.; et al. *Uso de resíduos orgânicos no pomar*. In: MATTOS JUNIOR, D.; De NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Org.). Citros. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, v. 29, p. 871-896, 2005a.

BNDES e CGEE. *Bioetanol de cana de açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável / organização BNDES e CGEE*. – Rio de Janeiro: BNDES 1ª edição, 2008.

CAMARGO, M. *A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente*. 2012. Disponível em: <http://www.apta regional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/julho-dezembro-2/1317-a-importancia-do-uso-de-fertilizantes-para-o-meio-ambiente/file.html> acessado em: (11/11/2015).

CEMBRANELLI, M. *Lixiviação de íons inorgânicos em colunas com solos que receberam fertilizantes nitrogenados*. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Pós-Graduação - IAC, 2006.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.

COUTO, S. *A Importância da Cana de açúcar no Brasil*. 2013. Disponível em: <<http://hisolofia.forumbom.com/t58-a-importancia-da-cana-de-acucar-no-brasil>>. Acessado em: (28/10/2015).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

GENTILLI, A. *A Importância da fotossíntese*. 2011. Disponível em: < <http://www.sabernarede.com.br/a-importancia-da-fotossintese/> > Acessado em: (11/11/2015).

GUEDES, I. M. *Uso excessivo de fertilizantes – interações entre nutrientes*. Disponível em: <http://scienceblogs.com.br/geófagos/2011/06/uso_excessivo_de_fertilizantes/> Acessado em: (02/12/2015).

GUINDANI, R. A.; SCHENINI, P. C. *Sistema de Gestão Ambiental na Fruticultura*. Disponível em: < http://sottili.xpg.uol.com.br/publicacoes/pdf/art_cie/art_34.pdf. Acessado em: (18/11/2015).

GUINDANI, R. A. *Subsídios para a implantação do sistema de gestão ambiental para as empresas de fruticultura de clima temperado: um estudo de caso*. 2004. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LEITE, J. M. *Acúmulo de fitomassa e de macronutrientes de cana de açúcar relacionadas ao uso de fontes de nitrogênio*. Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. Piracicaba, 2011.

LEMO, O.; SILVA, D. Planejamento e auditoria ambiental em sistemas de produção agropecuária: por uma sustentabilidade ambiental. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade* vol.1 n.1. 2012.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 1010 p.

MATTIAZZO, M. E. *Caracterização do produto denominado AJIFER L40 gerado pela Ajinomoto Biolatina Ind. E Com. LTDA e avaliação da degradabilidade de sua fração orgânica e taxa de mineralização do nitrogênio*. Relatório apresentado à ESALQ/USP Química Ambiental, 2003.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M. E.; FIGUEROA, M. M. *Guia de fertilizantes, enmiendas y productions nutricionales*. Buenos Aires: instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. 1999, Cap.1, p. 13-15: Nitrogenados.

MELO, W. J. *Matéria orgânica, nitrogênio e enxofre: curso de atualização em fertilidade do solo*. Jaboticabal: ANDA, 1978, 66p.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. *Cana de açúcar*. 2012. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_6_711200516715.html#> Acessado em: (11/11/2015).

SANTANA, A. *Cana de açúcar*. 2006. Disponível em: <http://www.infoescola.com/plantas/cana-de-acucar/>. Acessado em: (20/10/2015).

SCHENINI, P. C. *Avaliação dos padrões de competitividade à luz do desenvolvimento sustentável: o caso da Indústria Trombini de Papel e Embalagens S/A em Santa Catarina*. 1999. 223f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A.; OLIVEIRA, M. W. *Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo*. Parte I: Estabilidade química da mistura. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 16, n. 2, p. 26-29, 1997.

VASCONCELOS, A. C. M.; PRADO, H.; LANDELL, M. G. A. *Desenvolvimento do sistema radicular da cana de açúcar e características físico-hídricas e químicas dos ambientes de produção*. Ribeirão Preto: IAC, 2004. 31 p. (Projeto RHIZOCANA: relatório de pesquisa).

Vinhaça e Ajifer como biofertilizantes em culturas de cana de açúcar

Stillage and Ajifer used as Biofertilizers on Sugar Cane Crops

Joice Fernanda di Caprio Dias ¹
Danilo Neves Monsani¹
Natalia Felix Negreiros ²

RESUMO

Os fertilizantes são agentes orgânicos ou inorgânicos que contêm nutrientes essenciais (nitrogênio, fósforo e potássio) para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O presente trabalho visou observar os efeitos de diferentes concentrações dos biofertilizantes (vinhaça e Ajifer) e determinou a concentração ideal para aumentar a produtividade da cana de açúcar. Foi relacionada à maior concentração de clorofila *a* com a concentração de 100% de vinhaça e também na concentração de 100% de vinhaça e Ajifer, indicando que quanto maior a concentração de potássio ou da junção do potássio e o nitrogênio, melhor é a capacidade de fotossíntese e reciclagem do gás carbônico. Em relação aos tamanhos em ambos os casos não foi observada diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$).

Palavras-chave: Potássio; Nitrogênio; Clorofila.

ABSTRACT

Fertilizers are used inorganic or organic agents which contain essential nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) to the growth and development of plants. This study aims to observe the effects of different concentrations of biofertilizers (stillage and Ajifer) and determine the optimal concentration to increase the productivity of sugarcane. It was related to the higher concentration of chlorophyll-a with 100% concentration stillage and also at a concentration of 100% stillage and Ajifer, indicating that the higher

1, Acadêmica do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2 Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, natalia_felix@yahoo.com.br.

the concentration of potassium and the addition of the potassium and nitrogen, the better is the ability photosynthesis and recycling of carbon dioxide. Regarding sizes in both cases there was no significant difference between treatments ($p > 0.05$).

Keywords: Potassium, nitrogen, chlorophyll.

Introdução

Os fertilizantes orgânicos ou inorgânicos que contêm nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Três dos nutrientes têm que ser aplicados em grandes quantidades: nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio é responsável na formação do caule e da raiz, o fósforo no amadurecimento e crescimento de frutos e o potássio na defesa contra doenças e desenvolvimento das sementes (CARMELLO & ROSSI, 1997)

O uso de fertilizantes como prática agrícola no Brasil surgiu pós Segunda Guerra Mundial, com o processo de industrialização do país. De acordo com Alcarde, Guidolin & Lopes (1989), a produção agrícola depende de uma série de fatores limitantes, e o Brasil dispõe em abundância de radiação solar, temperatura adequada e água. Segundo a Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes (IFA, 2009) o Brasil ocupa a quarta posição mundial, consumindo cerca de 6% de todo o fertilizante utilizado no mundo.

Entre as grandes culturas, a cana de açúcar ocupa o terceiro lugar em consumo de fertilizantes. No ano de 2010, representou cerca de 15% da comercialização total dos fertilizantes no Brasil (ANDA, 2010). Os solos brasileiros em sua maioria são ácidos e pobres em nutrientes, o que é agravado pelo uso contínuo que reduz seus teores de matéria orgânica. O incremento da produtividade dessa cultura é possível através do uso de fertilizantes, sejam eles orgânicos ou minerais (SILVA, 2010).

A associação de fertilizantes minerais e orgânicos, pode ser uma estratégia de manejo da fertilidade do solo, melhora o rendimento das culturas e a prática tem efeito residual benéfico quando comparada ao uso de fertilizantes orgânicos ou inorgânicos aplicados isoladamente (AKANDE et al., 2010).

A vinhaça é caracterizada como efluente de destilarias em usinas de cana de açúcar e com alto poder poluente que chega a cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorrente da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Além da alta temperatura que sai dos aparelhos de destilação de 85 a 90°C. É considerada também altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriação (Freire & Cortez 2000).

Grande volume de vinhaça decorrente da produção de etanol é preocupante, pois a destinação mais comum no Brasil é a aplicação nas lavouras de cana de açúcar, suprimindo necessidades de adubação potássica, e contribuindo com outros nutrientes essenciais para o solo (UENO et al. 2003).

Estudos sobre a disposição da vinhaça no solo vêm sendo conduzidos, enfocando-se os efeitos no pH do solo, propriedades físico-químicas e seus efeitos na cultura da cana de açúcar, mas poucos avaliaram o real potencial poluidor da vinhaça sobre o solo (LYRA et al., 2003), pois a quantidade aplicada no solo não cumpre corretamente as exigências das normas técnicas da CETESB P4.231.

O uso indevido desse resíduo pode causar graves problemas ambientais, porém quando utilizada racionalmente, ele pode apresentar benefícios para a cultura (ANDRADE, 2012). A vantagem adicional da concentração é que reduz os custos de transporte a grandes distâncias, principalmente quando a localização de destilarias é muito afastada das áreas agrícolas, adquirindo estabilidade biológica podendo ser armazenada por um longo período e aplicada ao solo quando necessário (SILVA, 2012).

Outra alternativa como biofertilizante é o Ajifer (NPK), produto utilizado para o enriquecimento da cana de açúcar e disponibilizado ao mercado na linha de fertilizantes organominerais líquidos, oriundos de processos controlados de fermentação microbiológica (MELGAR et al., 1999). As indústrias sucroalcooleiras passaram a aplicar o produto via solo, que apresenta uma fonte de nutrientes minerais e elementos orgânicos essenciais para o desenvolvimento das culturas agrícolas (MELO, 1978).

O Ajifer é um fertilizante nitrogenado obtido a partir do aminoácido lisina, que tem como as principais características, o crescimento radicular que aumenta a

eficiência da adubação, é uma fonte de energia e de nutrientes para os microrganismos do solo e em uma grande vantagem de aumentar a capacidade de retenção de água do solo (EMBRAPA/SNLCS, 1988. 54p).

Mediante deficiência de nitrogênio, as plantas apresentam sintomas típicos, como clorose de folhas velhas em função de quantidades reduzidas de clorofila, além de redução no crescimento (MELGAR et al., 1999). Os mecanismos de adição do nitrogênio ao solo podem ser resumidos em fixação biológica, adição de matéria orgânica, aplicação de adubos orgânicos ou minerais e adição pelas águas pluviais. Os mecanismos de perda de nitrogênio do solo podem ser resumidos em remoção pelas colheitas, lixiviação, erosão e volatilização (MELO, 1978).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi observar os efeitos de diferentes concentrações dos biofertilizantes (vinhaça e do Ajifer), além de determinar a concentração ideal para aumentar a produtividade da cana de açúcar.

Material e Métodos

O projeto foi conduzido no Laboratório Bioflora do Centro Universitário Salesiano Auxilium, campus de Araçatuba-SP, onde foi realizado o plantio das canas (variedade rb855453) e os experimentos.

O clima da região onde foi desenvolvido o projeto é tropical. Há muito mais pluviosidade no verão que no inverno. De acordo com a Köppen e Geiger a classificação do clima é Aw. Araçatuba tem uma temperatura média de 22.2 °C. A pluviosidade média anual é 1206 mm (CLIMATE 2015).

Utilizou-se cerca de 20 cm de solo da Bioflora em vasos de plástico de 500g cada um, contendo 04 colmos, com terra adubada e regada diariamente. Ao atingirem um desenvolvimento adequado, as mudas foram transferidas para o solo, as quais foram tratadas após 02 meses com quatro níveis diferentes do fertilizante vinhaça (equivalentes a 0; 100; 200; e 300 m³/ha) e em outro modelo de experimento em níveis diferentes dos fertilizantes vinhaça e Ajifer (equivalentes a 0; 100; 200; e 300 m³/ha), provenientes do processo de industrialização da cana de açúcar. O delineamento experimental foi constituído de

blocos, e dentro deles, parcelas subdividas para os tratamentos, num esquema fatorial 4 x 4 com 3 repetições e distribuídos aleatoriamente na casa de vegetação.

A partir do terceiro mês após o plantio, foram realizadas as medições da altura (cm) das plantas com intervalos de 15 em 15 dias durante 02 meses, sendo a altura correspondente à distância entre o solo e o ponto mais alto da folha mais nova da planta (folha bandeira). Por se tratar de uma monocotiledônea, com raiz fasciculada, a obtenção do comprimento da raiz foi feita pela raiz mais extensa.

As observações de desenvolvimento, características, resistência da cana de açúcar foram realizadas durante dez meses (Outubro de 2014 à Julho de 2015).

Foi realizada a extração para determinação dos pigmentos clorofila *a* e outros pigmentos após o nono mês, com a lavagem do material vegetal em água corrente. A amostra foi extraída por maceração em acetona 90% a frio e local protegido da luz. Posteriormente, centrifugada por 10 minutos e o sobrenadante conduzido para leitura em espectrofotômetro para determinação dos pigmentos na região do visível a 663 nm e 750 nm.

Após 10 meses, as canas foram cortadas e realizada as análises para a identificação de número de colmos, diâmetro e o peso de cada uma delas.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste t de student, e comparada suas médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Após os 10 meses de acompanhamento das plantas, foi observado estatisticamente ($p < 0,05$), maior tamanho das plantas tratadas com vinhaça a 50% e 75%, conforme demonstrado na tabela 1, onde também foi analisada diferença significativa ($p < 0,05$) na concentração de clorofila *a*, entre todos os tratamentos, exceto entre os tratamentos com as concentrações de 25 e 75% ($p > 0,05$) (tabela 2).

Tabela 1 - Influência de dosagens de vinhaça (25%, 50%, 75% e 100%) nas alturas da cana de açúcar (cm).

Controle	25%	50%	75%	100%
0,8	0,8	0,76	1,18	1
1,15	0,8	0,8	1,1	0,6
1,17	0,5	1,04	1,2	0,52

1,4	1,3	1,7	2	1,5
1,5	2,1	1,65	1,9	1,1
1,3	1,1	1,8	1,7	1,1

Tabela 2 – Influência de dosagens de vinhaça (25%, 50%, 75% e 100%) na presença de clorofila *a* (mg/L) na cana de açúcar.

Controle	25%	50%	75%	100%
0,68	0,86	0,63	0,6	0,94
0,65	0,85	0,6	0,62	0,95
0,67	0,88	0,64	0,63	0,93

A cana de açúcar tratada com vinhaça e Ajifer a 100% teve 75% de aumento quando comparada ao controle, conforme evidenciado na tabela 3. A análise de clorofila nesse cenário também foi favorável onde podemos observar uma diferença significativa ($p < 0,05$) na concentração de clorofila *a*, entre todos os tratamentos, exceto no tratamento com a concentração de 75% ($p > 0,05$), tabela 4.

Tabela 3 – Influência de dosagens de vinhaça e Ajifer (25%, 50%, 75% e 100%) nas alturas da cana de açúcar (cm).

Controle	25%	50%	75%	100%
0,8	1,25	0,60	0,40	0,70
1,15	0,96	0,93	0,80	0,60
1,17	0,91	1,05	0,90	0,70
1,4	1,90	1,10	0,90	1,00
1,5	1,30	1,10	1,00	1,20
1,3	1,20	1,15	1,10	1,30

Tabela 4 – Influência de dosagens de vinhaça e Ajifer (25%, 50%, 75% e 100%) na presença de clorofila *a* (mg/L) na cana de açúcar.

Controle	25%	50%	75%	100%
0,68	0,55	0,43	0,53	0,75
0,65	0,56	0,44	0,51	0,76
0,67	0,57	0,45	0,52	0,77

As análises supracitadas apresentaram maior concentração de clorofila *a* nas canas-de-açúcar, contendo de 100% de vinhaça e também na concentração de 100% de vinhaça e Ajifer, indicando que quanto maior a concentração do nutriente potássio e a junção do potássio e o nitrogênio, melhor é a capacidade de fotossíntese e reciclagem do gás carbônico. Em relação aos tamanhos em ambos os casos não foi observada diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$).

No trabalho “Produções agrícola e industrial de cana de açúcar submetida a doses de vinhaça”, de Paulino e colaboradores (2002), também foi observado estatisticamente ($p<0,05$), maior tamanho das plantas tratadas com vinhaça a 50% e 75%, ou seja, a cana de açúcar obteve melhores características, resistência a pragas e produção agrícola.

O teor de potássio nas folhas das plantas que receberam somente metade da dose no sulco de plantio ficou muito próximo daqueles das plantas que não receberam o fertilizante potássico (controle), (OTTO et al. 2010), onde comparado com os valores da tabela 1, conclui-se que o controle em termos de desenvolvimento está muito próximo às concentrações resultantes de vinhaça, em média 1,20% de desenvolvimento total.

Em comparativo com as doses de nitrogênio e fosfato Alvarez & Pacheco (1963) afirmam que o emprego da adubação fosfatada determinou um efeito favorável no teor de sacarose, sendo linear a relação entre as doses empregadas e os aumentos de açúcares por tonelada de cana. O nitrogênio influenciou em um aumento de produção, sendo muito menos acentuado do que o verificado para o fósforo onde o maior aumento foi verificado com o emprego do potássio (Alvarez & Pacheco 1963).

Alvarez & Freire (1962) observaram que plantas de cana de açúcar que receberam doses mais elevadas de potássio (K), aplicadas de uma única vez no

plântio, apresentaram sintomas atribuídos ao excesso do nutriente como perdas de lixiviação, resultados diferentes aos que foram analisadas neste trabalho.

Em relação à clorofila, as análises realizadas neste trabalho foram satisfatórias comparadas ao de Alvarez & Ferreira (2008/09) em que não foi verificado efeito significativo das fontes e doses utilizadas nas concentrações de clorofila *a*.

Tabela 5 – Quantidade de canas, diâmetro e o peso das variações nas dosagens de vinhaça (25%, 50%, 75% e 100%).

	Nº de Canas	Diâmetro	Nº de Colmos	Peso
Vinhaça 25%	2	44	39	1820 kg
Vinhaça 50%	3	83	42	3970 kg
Vinhaça 75%	5	146	66	7930 kg
Vinhaça 100%	4	97	50	4150 kg

Tabela 6 – Quantidade de canas, diâmetro e o peso das variações nas dosagens de vinhaça e Ajifer (25%, 50%, 75% e 100%).

	Nº de Canas	Diâmetro	Nº de Colmos	Peso
A+V 25%	4	89	48	2930 kg
A+V 50%	3	66	34	1880 kg
A+V 75%	4	99	45	3370 kg
A+V 100%	2	41	16	1260 kg

Nas tabelas 5 e 6 ve-se as características de produtividade para cada concentração encontrada e avaliada pelo número de colmos.

Otto; Vitti & Luz (2010) concluíram que a produtividade em relação aos colmos não houve efeito entre os modos de aplicação do fertilizante nem interação entre modos de aplicação e doses, porém houve efeito significativo para as doses

de K ($p < 0,01$). Essas doses exerceram efeito quadrático na produtividade de colmos nos dois modos de aplicação do fertilizante. Já no presente trabalho também se observou que não houve efeito relativo nos modos de aplicação comparado a produtividade em relação aos colmos, devido às modificações climáticas enfrentadas no período de execução do trabalho, onde isso favoreceu a baixa produtividade das amostras segundo, fator previsto pela EMBRAPA.

Conclusões

Os biofertilizantes vinhaça e Ajifer são de grande importância para as usinas sucroalcooleiras, pois favorecem o desenvolvimento e o fortalecimento da plântula com maior qualidade. Promovem nutrientes adicionais essenciais ao solo, suprimindo necessidades de adubação potássica, considerada também altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriação, ou seja, com a utilização da quantidade correta do produto.

O uso desses resíduos podem apresentar benefícios quando utilizada racionalmente, apresentando vantagem adicional, reduzindo os custos de transporte a grandes distâncias, principalmente quando a localização de destilarias é muito afastada das áreas agrícolas, adquirindo estabilidade biológica podendo ser armazenada por um longo período e aplicada ao solo quando necessário.

Referências Bibliográficas

AKANDE, O. M.; et al. *Response of Okra to Organic and Inorganic Fertilization*. Nature and Science, 2010.

ALCARDE, J. C. & LOPES, A.S. Calagem e eficiência dos fertilizantes minerais. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Simpósio sobre "Sistema de Produção*. Campinas, SP, 1987.

ALVAREZ, F. C. R. & FERREIRA, B.C. *Doses e Fontes de Zinco na Cultura da Cana de açúcar*. PIBIC 2008/09.

ALVAREZ, R. & FREIRE, E. S. *Adubação da cana de açúcar*. VI. Fracionamento da dose de potássio. *Bragantia*, 21:31- 43, 1962.

ALVAREZ; J. A. R. & PACHECO, C. *Adubação da cana de açúcar*. VII - Ensaio preliminar de adubação N-P-K no arenito de Bauru. *Bragantia* vol.22 no único Campinas 1963.

ANDRADE, F. P. *Uso da vinhaça na fertirrigação: revisão da literatura sobre a técnica e seus benefícios*. Escola de Engenharia de Lorena EEL – USP, 2012.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES (IFA). Disponível em: <http://www.fertilizer.org/>. Acesso em: 20 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes*. São Paulo, 2010. Acesso em: 15 nov. 2015.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.A. 2007. *BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Ong Mamiraua. Belém, PA.

CARMELLO, Q. A. C. & ROSSI, F. *Hidroponia - solução nutritiva*. Manual n.111. Viçosa, Centro de Produções Técnicas, 1997, 56 p.

CETESB P4.231 2006 - *VINHAÇA – CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO NO SOLO AGRÍCOLA*. Disponível em: www.udop.com.br/download/legislacao/meio/vinhaca/manual_cetesb_P4231.pdf. Acesso em: 15 nov. 2015.

CLIMATE 2015 - pt.climate-data.org/location/4222/. Acesso em: 15 nov. 2015.

EMBRAPA – *Base de Dados da Pesquisa Agropecuária*. Disponível em: www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&id=493250&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22EMBRAPA-SNLCS.%22&qFacets=autoria:%22EMBRAPA-SNLCS.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1. Acesso em: 10 nov. 2015.

EMBRAPA. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/clima_para_cana_000fhc5hpr702wyiv80efhb2aul9pfw4.pdf. Acesso em: 15 nov. 2015.

FREIRE, W. J.; Cortez, L. A. B. Vinhaça de cana de açúcar. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p.

LYRA, M. R. C. C.; Rolim, M. M.; Silva, J. A. A. Toposseqüência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.525-532, 2003.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M. E.; FIGUEROA, M. M. *Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 1999. Cap 1, p. 13-25: Nitrogenados.

MELO, W. J. *Matéria Orgânica, nitrogênio e enxofre: curso de atualização em fertilidade do solo*. Jaboticabal: ANDA, 1978. 66 p.

OTTO, R. VITTI, C. G. & LUZ, C. H. P. Manejo da Adubação Potássica na Cultura da Cana de açúcar. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1137-1145, 2010.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. de C.; ROBAINA, C. R. P.; LAURANI, R. A. Produções agrícola e industrial de cana de açúcar submetida a doses de vinhaça. *Ciências Agrárias*, v.23, n.2, p.145-150, 2002.

SILVA, A. G. *Avaliação das tecnologias de disposição de vinhaça de cana de açúcar quanto ao aspecto de desenvolvimento ambiental e econômico*. São Carlos 2012.

SILVA, F. C. R. *Estudo sobre a gestão de solos rurais degradados*. Rio de Janeiro 2010.

UENO, D., et al., 2003. Global pollution monitoring of PCBs and organochlorine pesticides using Skipjack Tuna as a bioindicator. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 45, 378-389.

Extração do óleo da Erva de Tereré (*Ilex paraguarienses* – (Auguste Saint-Hilaire, 1822) como fonte de energia renovável

Extraction of the Oil from the Tereré Herb (Paraguarienses Ilex - (Auguste Saint-Hilaire, 1822) as a Source of Renewable Energy

Láyna Mariana Samuel Da Silva ¹
Natalia Felix Negreiros ²
Rosemeire Parra ³

RESUMO

A Erva de Tereré utilizada como chá refrescante, possui ácidos graxos saturados e insaturados, é vista como possível fonte de energia renovável, buscando diminuir o uso de energia fóssil. O presente trabalho teve por objetivo testar a possibilidade de extrair o óleo da erva para a produção de biodiesel, em uma análise laboratorial com uso de solvente orgânico, utilizando o aparelho Soxhlet, além da extração com uso de etanol em banho-maria. A geração de bioenergia por meio do óleo essencial extraído da Erva de Tereré é viável, porém deve-se considerar o total de amostra utilizada e a tolerância dos equipamentos.

Palavras-Chave: Biodiesel; Erva mate; Óleo essencial.

ABSTRACT

The Tereré herb used as a refreshing tea has saturated and unsaturated fatty acids, seen as a possible source of renewable energy, in order to reduce the use of fossil energy. In this study, it was tested the possibility of extracting oil from the plant to produce biodiesel, in a laboratory test with the use of an organic solvent by using the Soxhlet apparatus, including a extraction using ethanol in water bath. Bioenergy generation by the essential oil

1, Acadêmica do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, natalia_felix@yahoo.com.br.

3, Mestre em Produtos do Meio Ambiente. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, rose_parra@ig.com.br.

extracted from the Tereré herb is feasible, but it must be considered the amount of sample used and the tolerance of the equipments.

Keywords: Biodiesel, yerba mate, essential oil.

Introdução

O avanço tecnológico associado a um intenso processo de urbanização tem implicado em diversos problemas ambientais, tais como a exploração de recursos naturais, um lançamento contínuo e indiscriminado de resíduos no ambiente e o aumento do consumo de energia elétrica (CABRAL & MORIS, 2010).

A reciclagem é uma forma muito atrativa de gerenciamento de resíduos, pois transforma descartes em insumos, com diversas vantagens ambientais. Além de contribuir para a economia dos recursos naturais, assim como para o bem estar da comunidade (ALBERICI & PONTES, 2004).

O esgotamento das fontes de energia, especialmente de energia fóssil e, sobretudo sua impossibilidade de renovação, levam a necessidade de uma amplificação no uso de fontes renováveis que buscam trazer menor impacto ao meio ambiente e aos seres vivos contidos nele. O biodiesel surge como uma das alternativas para substituir o óleo diesel, minimizando as dependências de importações de petróleo e diminuindo a poluição através da redução das emissões de gases poluentes (GERIS et al., 2007).

O desafio está relacionado à necessidade de buscar uma quantidade ilimitada de recursos renováveis que apresentem maiores vantagens e melhores perspectivas, encaminhando-lhes a devida atenção em termos de desenvolvimento tecnológico, pesquisas e logística de produção e distribuição (RODRIGUES, 2006).

O Brasil é considerado um país privilegiado por seu solo fértil e agricultável, ampliando a diversidade de fontes para a obtenção de óleo vegetal, o qual é obtido a partir de plantas denominadas oleaginosas. Nos últimos anos, a extração de óleo essencial tem tido destaque em pesquisas científicas, com objetivo de descobrir novas alternativas de matéria prima para obtenção do mesmo, assim como em

indústrias para a produção de substâncias de interesse já consagradas (EHLERT, 2006).

Existem inúmeras vantagens na utilização do óleo vegetal como combustível, pois ele é um líquido natural, renovável, possui um alto valor energético, baixo conteúdo de enxofre e é um produto biodegradável (FANGRUI & HANNA, 1999). Sua utilização também traz diversas vantagens ambientais, econômicas e sociais. Estudos demonstram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio. Os benefícios ambientais podem ainda, gerar vantagens econômicas (DANTAS, 2006).

Em meio a diversas fontes para a produção de biocombustíveis, como a cana de açúcar, que se utiliza o caldo, a palha e bagaço; temos também a borra do café; além da gordura empregada no preparo de alimentos, o lodo de esgotos domésticos, entre outros, surge a ideia da produção de biodiesel através da Erva de Tereré, após o consumo dela como chá. A proposta é que o descarte seja usado em benefício ao meio ambiente, para uma possível produção de combustível renovável através da planta *Ilex paraguarienses*.

Ilex paraguarienses apresenta amplo perfil nutricional, visto que seu extrato contém inúmeras vitaminas A, C, E e as do complexo B, minerais como o potássio, magnésio, cálcio, manganês, ferro, selênio, fosforo e zinco, dentre outros. Além disso, a planta apresenta em sua constituição compostos químicos voláteis e diversos polifenóis, principalmente os derivados cafeoil, como o ácido clorogênico e alguns flavonóides, como a rutina, quercetina, canferol e luteolina. Em adição a essas substâncias, a erva também contém saponinas e metilxantinas as quais são atribuídas muitas das propriedades farmacológicas (HECK & DE MEJIA, 2007; BRACESCO et. al, 2011).

As indústrias de alimentos, cosmética e farmacêutica fazem o uso frequente de óleos essenciais extraídos de plantas para o desenvolvimento de produtos naturais como cremes corporais e de cabelos por conta de seus aromas característicos, além de serem utilizados em diversos métodos de emagrecimento.

Tradicionalmente, os óleos são extraídos das plantas através de solventes orgânicos ou por destilação. Porém, podem apresentar problemas como a

separação do solvente e do extrato após o procedimento, normalmente por evaporação, o que pode vir a degradar compostos termolábeis. Mesmo não sendo encontrado na literatura dados disponíveis sobre a influencia de tempo na extração do óleo essencial, há uma variação entre uma e oito horas de destilação (VENKUTONIS, 2003; JANTAN et al, 2003).

Dessa forma, o presente trabalho visou extrair óleo essencial na Erva de Tereré para a produção de Biodiesel, visando diminuir o uso de energia fóssil, como o diesel derivado do petróleo.

Material e Métodos

Para extração do óleo essencial da Erva Tereré foi utilizado o seguinte material: balança de precisão, cadinho de porcelana, estufa analítica, papel manteiga, reagente hexano, extrator Soxhlet, dessecador, frasco de vidro escuro de 500 ml, um evaporador Rotativo (BT 350), Elenmeyer de 250 ml, banho-maria, funil de separação, etanol com concentração final de 99% e algodão.

A preparação do experimento iniciou-se com o processo tradicional de preparo do Tereré, onde a erva foi misturada com água mineral gelada. Após o consumo dela como chá, uma amostra de 20g foi pesada em uma balança de precisão, e em seguida colocou-se 5g dentro de quatro cadinhos sendo submetidos em uma estufa analítica para a retirada da umidade. Ventilada a 105°C durante uma hora e em seguida transferida para um dessecador, até alcançar à temperatura ambiente.

As amostras foram novamente pesadas e após a retirada da umidade, retirou-se cerca de 1g de erva da parte superior dos quatro cadinhos (somente as camadas mais finas fizeram parte do processo), a amostra foi totalmente envolta em papel manteiga. O material foi transferido para o aparelho Soxlet, que é composto de um tubo extrator, balão de vidro de fundo redondo e um condensador. O tubo extrator foi conectado ao balão de vidro, que continha 300 ml do solvente selecionado, o hexano. Sob uma manta de aquecimento, o balão teve sua temperatura elevada, o solvente evaporou e subiu pelo braço do tubo extrator, concentrando-se no condensador e gotejando sobre o cartucho de papel manteiga contendo a erva, assim o solvente evaporou novamente deixando a substância dissolvida no balão. Esse processo se repetiu até que todo material (soluto na

matéria prima) tivesse sido extraído (FALKENBERG et al, 2001). A duração do processo foi de cerca de seis horas.

Após seis horas no aparelho Soxhlet, a mistura do hexano com o óleo extraído foi colocada em um frasco de vidro escuro de 500 ml, ficando em repouso por aproximadamente oito horas. Após esse tempo, a amostra foi transportada para o evaporador a vácuo, onde o óleo foi separado do solvente, por evaporação, deixando apenas o óleo extraído no procedimento.

Para a confirmação da quantidade de óleo extraída no processo, o início do procedimento foi repetido seguindo metodologia descrita por DOS SANTOS (2010). Porém, para a extração substituiu-se o equipamento Soxhlet pelo banho-maria, com 20g de amostra seca na estufa, transferida para um béquer de 250 ml contendo etanol em uma proporção 1:6 para incubação; em banho térmico sobre pressão atmosférica e agitação constante e lenta durante duas horas. Posteriormente, a mistura foi colocada em um filtro contendo algodão, a parte líquida foi transferida para um funil de separação, onde foi possível observar as duas fases líquidas: etanol e o óleo extraído da Erva de Tereré.

Resultados e Discussão

Na primeira amostra, foi utilizado o método com Soxhlet e posteriormente colocado no extrator rotativo a vácuo, usando como solvente o Hexano. O óleo obtido não se fez líquido em quantidade suficiente para continuação do processo de produção de biodiesel, que era a idéia inicial do trabalho realizado. O óleo extraído se depositou apenas na parede do recipiente do equipamento de extração, obtendo o peso de 0,1g de óleo essencial para cada 1 g de erva.

Na segunda amostragem, utilizou-se uma quantidade maior de amostra. O solvente foi menos eficaz do que no primeiro experimento resultando em uma pesagem ainda menor de óleo obtido. Com 20 g de erva, utilizando o etanol como solvente, foi possível a extração de 0,005 g de óleo.

A quantidade de óleo que se obteve em ambos os experimentos desenvolvidos foi de aproximadamente 0,105 g para cada 21 g de Erva de Tereré, em um total de 12 horas de processo. Comparado ao experimento de DOS SANTOS,

(2010) utilizando a borra de café, que apresentou tempo de processo superior, com cerca de 16 horas, utilizando-se a mesma metodologia, o resultado foi de 10,6g de óleo para cada 100 g de borra. Na Tabela 1 estão registrados o total de óleo extraído em cada uma das amostragens.

Tabela 1: Relação da quantidade (g) erva de Tereré com a quantidade(g) de óleo obtida.

Amostragens	Quantidade de erva	Quantidade de solvente	Quantidade de água	Quantidade de óleo obtido
Soxhlet	1 g	300 ml de Hexano	0,00	0,1g
Banho Maria	20g	25 ml de Etanol	150 ml	0,005 g

Entre as quantidades extraídas de cada amostra, é possível dizer que, a extração ocorreu com uma eficiência próxima a 10%, um valor maior comparado ao experimento de Feitosa, et al. (2015), que utilizou hortelã como matéria prima da extração, resultando em 3,23% de eficiência. Era esperado um baixo rendimento na extração do óleo, pois Almeida (2006) ao comparar os resultados da extração do óleo da hortelã, pelo mesmo método utilizado no presente trabalho percebeu que embora a água seja mais polar do que todos os solventes orgânicos utilizados na extração Soxhlet, seu rendimento foi menor (0,23%). Porém, a polaridade não é o único fator que pode influenciar o rendimento da extração, é importante também compreender o tipo de interação que ocorre entre o solvente e o soluto que tem como grande influência no rendimento da extração; considera-se também que a erva foi utilizada após o preparo do chá de Tereré, onde o processo provoca a perda de algumas propriedades da planta.

O hexano é o solvente utilizado para extração do óleo seguindo a metodologia de Dos Santos (2006), todavia foi observado no trabalho de Dantas e colaboradores (2010) que o hexano não apresentou uma extração significativa de componentes quando comparado com o metanol e o tetrahidrofurano utilizados na extração de óleo essencial de microalgas, pois este solvente é um excelente doador de hidrogênio, sendo assim, capaz de quebrar a cadeia química com facilidade (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Uma das desvantagens na aplicação de solventes orgânicos é que além dos compostos aromáticos, eles também extraem outras substâncias como: ácidos

orgânicos, matéria graxa, açúcares oligossacarídeos, entre outros (ZANDONÁ & MURTA, 1999).

Através dos resultados obtidos é possível observar que o extrator caseiro obtém uma quantidade de óleo pequeno, deste modo não tendo capacidade de ser utilizado como matéria-prima (COSTA et al., 2015).

Considerando a preocupação com o meio ambiente, países como Estados Unidos e Brasil começaram a acreditar na possível produção de energias renováveis como forma de assegurar o abastecimento autônomo, com regularidade, de baixos custos e danos ambientais mínimos (GARCIA, 2007).

O biodiesel apresenta vantagens em relação ao combustível fóssil, pois se destaca pelo fato de ser produzido a partir de fontes renováveis de energia, de não necessitar de grandes modificações nos motores a diesel existentes e emitir pequenas quantidades de poluentes na natureza (RAMOS et al., 2003).

O óleo vegetal extraído da borra do café se mostra cada vez mais eficaz para produção de biodiesel. A Erva de Tereré embora tenha apresentado pequenas quantidades de óleo, pode ser uma alternativa para a produção de energia renovável, que visa minimizar as dependências de importações de petróleo e diminuindo a poluição através da redução das emissões de gases poluentes.

Conclusão

A geração de bioenergia através do óleo essencial extraído da Erva de Tereré é viável, porém necessita de maiores investimentos e melhores condições para uma maior produção. Deve-se considerar o total de amostra utilizada e a tolerância dos equipamentos. Acredita-se que em uma análise desenvolvida com maior peso e outras tentativas de união a diferentes solventes, a produção de óleo também aumentaria, já que foi possível verificar a extração do óleo.

Referências bibliográficas

ALBERICI, R. M.; PONTES, F. F. F. Reciclagem de óleo comestível usado através da fabricação de sabão. *Engenharia ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 1, n. 1, p. 073-076, 2004.

ALMEIDA, Priscilla Prates de et al. *Extração de óleo essencial de hortelã (Mentha spicata L.) com misturas de solventes a alta pressão*. 2006.

BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: minireview. *Journal of ethnopharmacology*, v. 136, n. 3, p. 378-384, 2011.

COSTA A.K.P. et al. *EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL UTILIZANDO UM EXTRATOR CASEIRO PARA PRODUÇÃO DE MATERIAL DE LIMPEZA: DESINFETANTE*. Disponível em:

<<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/925/196>>
Acesso em: 02/12/2015.

DANTAS, H. J. Estudo Termoanalítico, Cinético e Reológico de biodiesel derivado do óleo de algodão (*Gossypium Hisutum*). João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, Dissertação de Mestrado, 2006.

DANTAS, D. M. et al. Extração de óleo de microalga utilizando ultrassom com diferentes solventes visando a produção de biodiesel. In: *IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, 2010. p. 1900-1904. Campina Grande, 2010.

DOS SANTOS, D. M. *Desenvolvimento de método para a obtenção de energia a partir da produção de biodiesel via extração de óleo de borra de pó de café em escala laboratorial*. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

EHLERT, P. A. D. et al. Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 8, n. 2, p. 79-80, 2006.

FANGRUI, M.; HANNA, M. A.; *Bioresource Technology* 70: 1, 1999.

FALKENBERG, M. B. et al. Introdução à Análise Fitoquímica. In: SIMÕES, C. et al. *Farmacognosia: Da Planta ao Medicamento*. 3 ed. Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Da UFRGS/ Ed. Da UFSC, 2001. p. 165

FEITOSA, R. M. et al. Influência do método de extração no teor de óleo essencial de hortelã (*Mentha spicata L.*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 238-241, 2015.

GARCIA, J. R. *O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel Brasileiro e a agricultura familiar na região Nordeste*. 2007. 200 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GERIS, R. et.al. Biodiesel de Soja – Reação de Transesterificação para Aulas Práticas de Química Orgânica. *Química Nova*, vol.30, no 5., 1369-1373, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a53v30n5.pdf>> Acesso em: 02 dez. 2015.

HECK, C. I.; DE MEJIA, E. Gonzalez. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *Journal of Food Science*, v. 72, n. 9, p. R138-R151, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 98

JANTAN, I. et al. A comparative study of the constituents of the essential oils of three *Cinnamomum* species from Malaysia. *Journal of Essential Oil Research*, v.15, p.387-91, 2003

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. *Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento*, 2003, v.31, p.28-37.

RODRIGUES, A. R. *Biodiesel no Brasil: diversificação energética e inclusão social com sustentabilidade*. O futuro da indústria: biodiesel. Coletânea de artigos. p.1526. Brasília: MDICSTI/IEL, 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/ofuuturodaindustria%20-%20Biodiesel.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

VENKUTONIS, P.R. Composition essential oil of sweet flag (*Acorus calamus* L.) leaves at different growing phases., *Journal of Essential Oil Research* v.15, p.313-8, 2003

ZANDONÁ F., MURTA A. L.. EXTRAÇÃO DO ÓLEO E RESINAS DE GENGIBRE ENCONTRADO NO LITORAL PARANAENSE (*Zingiber officinale* Roscoe). *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* 17.2.

Alterações morfológicas em Cladocera relacionadas às degradações ambientais

Morphological Changes in Cladocera Related to Environmental Degradation

Maria Fernanda Menezes Argenti¹

Patrícia de Freitas C. Pereira¹

Natalia Felix Negreiros²

RESUMO

O crescimento populacional, industrial e o desenvolvimento econômico culminaram no aumento da poluição de solos, águas e ar, extinções de animais, desmatamento e doenças. O presente trabalho tem por objetivo avaliar as alterações morfológicas em cladóceros encontrados em locais antropizados, relacionando às variáveis limnológicas. Foi feita uma coleta pelo método AQUA-RAP em setembro de 2015 em uma lagoa próxima a um condomínio residencial, no município de Araçatuba. Foram identificadas 29 táxons da comunidade zooplanctônica, sendo que nos cladóceros houveram alterações morfológicas como deformidades e a ocorrência de reprodução sexuada, com produção de machos e ovos de resistência. A coleta de uma amostra ambiental e sua observação é válida para conhecermos a qualidade daquele ambiente.

Palavras-chave: Bioindicador; Lagoa; Microcrustáceos; Poluição; Subprodutos.

ABSTRACT

Population growth, industrial and economic development, resulted in increased pollution of soil, water and air, extinctions of animals, deforestation and diseases. This study aimed to evaluate the morphological changes in cladocerans found in anthropogenic sites, relating to the limnological variables. A pickup was taken by AQUA- PAF in September 2015 in a nearby pond to a residential condominium in the city of Araçatuba. 29 taxa of zooplankton were identified, and in the cladocerans there were morphological changes

1, Acadêmicos do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium.

2, Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, , natalia_felix@yahoo.com.br.

such as deformities and the occurrence of sexual reproduction, producing males and resistance eggs. The collection of environmental samples and their observation is valid to know the quality of that environment.

Key words: bioindicator, pond, microcystaceans, pollution-products, byproducts

Introdução

Os diversos usos dos recursos hídricos provocam uma série de efeitos negativos sobre os ambientes aquáticos, e estes quando recebem material particulado proveniente da agricultura, da indústria proveniente das atividades antrópicas, ocorre uma deterioração em sua qualidade (CORGOSINHO & PINTO-COELHO, 2006). Esta deterioração é consequência do enriquecimento por nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, dissolvidos ou particulados, que podem acelerar o processo de eutrofização (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Mudanças climáticas podem agravar, alterando o volume d'água devido principalmente à falta de chuva e/ou motivada pela necessidade de gerar energia elétrica. Dessa forma, a eutrofização pode interferir na sobrevivência dos organismos aquáticos, pois altera e/ou concentra os nutrientes, ocasionando mudanças nos níveis de crescimento e composição destes organismos e também podem gerar alterações morfológicas. Ao eliminar os organismos da comunidade, impede a transferência de energia dentro das cadeias tróficas, impactando negativamente a dinâmica do ecossistema (ROY et al., 2013).

Em ecossistemas de água doce, o zooplâncton é constituído principalmente pelos grupos Rotífera, Copepoda e Cladocera. Os cladóceros são em sua maioria herbívoros planctônicos filtradores ou bentônicos raspadores, possuem um rápido ciclo de vida devido à reprodução partenogenética, com desenvolvimento direto sem a formação de estágios larvais (DODSON et al., 2010).

A poluição aquática é um dos grandes problemas ambientais vividos hoje pelo mundo, e esta associada a grandes quantidades de efluentes de diferentes origens, como: Industriais, Doméstica ou Agrícola (MASON, 1996). As formas de

vida encontradas nas águas são extremamente sensíveis a qualquer alteração no meio aquático, principalmente as que afetam de forma mais agressiva. Sinais de alterações em quaisquer meio de vida existentes nos corpos d'água como alimento, pigmentação, perda no equilíbrio são precedidas por mudanças bioquímicas, fisiológicas e ou morfológicas do organismo (LUPI et al., 2007), que funcionam com respostas biológicas e que podem ser validadas como biomarcadores.

No caso de cladóceros, a população é composta por maioria ou exclusivamente fêmeas. Quando as condições do ambiente se tornam desfavoráveis, reproduzindo-se sexuadamente, fazendo com que parte dos ovos de população fêmea, que estavam em desenvolvimento, passando a ser macho, utilizam os ganchos para se agarrar nas fêmeas. Dessa forma, a fecundação dará origem a ovos de resistência. A quantidade é considerada baixa se comparada a uma única ninhada partenogenética ou subcutânea, que pode chegar a mais de uma dezena de ovos. Os ovos de resistência são liberados isoladamente ou dentro de uma estrutura protetora chamada efípio, no caso de algumas espécies de Cladocera (SANTANGELO, 2009).

Do ponto de vista fisiológico, ovos de resistência têm maior conteúdo energético. Por exemplo, a concentração total de aminoácidos, proteínas, lipídios e ácidos graxos são mais elevados nos ovos de resistência do que nos ovos partenogenéticos ou subcutâneos (GILBERT 2004a; WANG *et al.* 2005; ABRUSÁN *et al.* 2007). Acredita-se que o maior conteúdo energético dos ovos de resistência tem por finalidade garantir a sobrevivência do ovo em longo prazo, até o momento de sua eclosão (GILBERT, 2004).

Atualmente vários fatores contribuem para a degradação dos recursos hídricos. Devido à falta de conhecimento, crescente demanda da urbanização, mineração e agricultura fazem com que os corpos d'água sejam afetados e resultam em alterações nos aspectos físico-químico e biológico.

Com o intuito de analisar essa degradação do ambiente aquático, houve-se a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação que tivesse um objetivo de monitorar e agir em um processo de gestão ambiental, em 1995 foi criado o Programa AQUA-RAP, destinado a levantamentos rápidos da biodiversidade de sistemas aquáticos continentais (FONSECA, 2001).

O monitoramento rápido da qualidade da água, também conhecido como AQUA-RAP, podendo-se basear em apenas uma amostra coletada cuja é analisado seus aspectos físicos e na identificação dos organismos presentes no meio para fim ter uma perspectiva de bioindicadores de qualidade de água (ALLAN, 1995). Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar as alterações morfológicas em cladóceros como bioindicadores de contaminação aquática em combinação com a análise das variáveis limnológicas.

Material e Métodos

Para as análises das variáveis físicas, químicas e biológicas foi realizada coleta da água, próxima a região litorânea da Lagoa do condomínio residencial, localizada no município de Araçatuba (21°12'10.274" S 50°27'13.245" W), no período de setembro de 2015.

A partir de um disco de Secchi com 0,30 m de diâmetro e de cor branca foi realizada leitura para determinar a transparência da água. Para se obter o valor limite da zona eufótica, foi multiplicado o valor médio da transparência da água, obtido pela visibilidade do disco de Secchi, pelo coeficiente empírico igual a 2,7 (MARGALEF, 1983).

Foi mensurada a temperatura da água da lagoa, sua condutividade, pH e concentração de oxigênio dissolvido através de multisensores digitais.

Para a análise quantitativa do zooplâncton foram coletados 100L de água, filtrada em uma rede de plâncton com abertura de malha de 68 µm. Logo após foi realizada a fixação com solução de formol na concentração final de 4%.

A amostra foi analisada integralmente sob microscópio estereoscópio, com aumento de até 40X e os organismos foram identificados e fotografados sob microscópio óptico, em aumento de até 400X. Para a identificação foi utilizada bibliografia especializada (KOSTE, 1978; REID, 1985; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; GOMES E SOUZA, 2008).

Resultados e Discussão

A temperatura da água foi relativamente alta (29,8°C), como esperado para o período de coleta caracterizado como um período seco. O pH manteve-se ácido com valor inferior a 6,0. A concentração de oxigênio dissolvido está dentro da faixa registrada para ambientes aquáticos urbanos no Brasil (valor superior ou igual a 5 mg/L). O valor da condutividade elétrica foi elevado (119,5 μ S/cm) (Tabela 1).

Os parâmetros físicos e químicos analisados mostraram que a lagoa é um corpo de água pouco profundo, com águas ácidas devido à presença de grande quantidade de ácidos húmicos, que dá uma coloração escura à água.

As características físicas e químicas de um corpo d'água apresentam importante função na estruturação das comunidades, desde o estabelecimento de espécies até seu desenvolvimento (INFANTE, 1988). Pois caso haja uma modificação dos valores padronizados desses parâmetros pode-se observar algumas alterações, como por exemplo o oxigênio dissolvido abaixo do valor mínimo pode acarretar “estresse” nos organismos presentes no meio.

Tabela 1- Dados dos parâmetros limnológicos registrados na lagoa do condomínio Copacabana, localizada no município de Araçatuba-SP, em setembro de 2015.

PARÂMETROS	VALORES
pH	5,8
Condutividade (μ S/cm)	119,5
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	10,44
Temperatura da Água (°C)	29,8
Transparência da Água (m)	0,4
Zona eufótica (m)	1,08

Foram identificados 29 táxons da comunidade zooplanctônica (Tabela 2). Rotifera foi representado pelo maior número de espécies (nove), seguido por Cladocera com sete espécies, pelos protozoários e pelo grupo Copepoda, com cinco espécies cada um. A menor riqueza foi registrada para o Meroplâncton, representados por três táxons. A lagoa apresentou composição típica de sistemas aquáticos tropicais, constituída principalmente por espécies de protozoários

tecados, Rotifera, Cladocera e Copepoda, e de acordo com Payne (1986) e Margalef (1983), são os grupos mais comumente registrados em comunidades planctônicas de água doce em todo o mundo.

Rotifera foi o grupo mais abundante, seguido por Copepoda, protozoários e Cladocera (Figura 1). Segundo Bonecker e colaboradores (2007), a dominância de Rotifera sobre os microcrustáceos pode estar relacionada ao fato de possuírem uma alta taxa reprodutiva, adaptar-se a diferentes nichos ecológicos, apresentarem alta diversidade de espécies, estrategistas, pequeno tamanho o que pode dificultar a visualização dos predadores. Espíndola e colaboradores. (1996) analisaram a estrutura zooplancônica na Lagoa do Albuquerque, no pantanal mato-grossense, e encontraram resultado semelhante, com maior abundância de rotíferos comparada com os copépodos e cladóceros.

Foi registrada a ocorrência de sete espécies Cladocera pertencentes a sete famílias (Chydoridae, Macrothricidae e Moinidae), dentre as 12 famílias que representam este grupo (KOROVCHINSKI, 1996; DOLE-OLIVER et al., 2000).

A família Chydoridae foi representada por três espécies. Essa família abrange mais de 50% das espécies atualmente conhecidas para o grupo Cladocera, ocorrem preferencialmente em regiões litorâneas associadas às macrófitas e outros tipos de substratos (ROBERTSON, 1980), característica marcante e observada no presente estudo.

Embora tenha observado uma elevada concentração de oxigênio dissolvido (10,44 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o gênero *Moina* tem como característica sobreviver em ambientes que apresentam déficit de oxigênio e características mesotróficas e altas temperaturas (JOSÉ DE PAGGI & PAGGI, 2007).

Os Copepoda Cyclopoida são mais cosmopolitas do que os Calanoida, sendo que muitos gêneros de regiões temperadas são encontrados também em regiões tropicais. Dentre as espécies registradas, *Mesocyclops meridianus*, *Thermocyclops decipiens* e *Tropocyclops prasinus* são espécies de ampla distribuição (ROBERTSON & HARDY, 1984; SANTOS-SILVA, 1989), ocorrendo em todas as regiões brasileiras. Reid & Moreno (1990) e Silva & Matsumura-Tundisi (2002) relatam que *Thermocyclops decipiens* ocorre preferencialmente em águas mais eutrofizadas.

Os Harpacticoida são raramente encontrados no plâncton, sendo sua ocorrência relacionada ao sedimento (ANDRADE, 2007). Têm um comportamento

bem mais bentônico, vivendo em meio ao substrato, plantas submersas ou aderido à superfície de rochas. A presença destes pode estar relacionada a baixa profundidade registrada no local de amostragem, o que faz com que haja o aparecimento desse organismo.

Tabela 2- Táxons Presentes da Comunidade Zooplanctônica registrados na lagoa do condomínio Copacabana, localizada no município de Araçatuba-SP, em setembro de 2015.

TÁXONS
Cladocera
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862
<i>Chydorus pubescens</i> Sars, 1901
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1894)
<i>Macrothrix paulensis</i> (Sars, 1900)
<i>Macrothrix spinosa</i> King, 1853
<i>Moina minuta</i> Hansen, 1899
<i>Streblocerus serricaudatus</i> (Fischer, 1849)
Copepoda
Cyclopoida
<i>Mesocyclops meridianus</i> (Kiefer, 1926)
<i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)
<i>Tropocyclops prasinus</i> (Fischer, 1860)
Copepoditos
Náuplios
Calanoida
Copepoditos
Harpacticoida
Náuplios
Rotifera
<i>Anueopsis navicula</i> Rousselet, 1911
<i>Brachionus havanensis</i> Rousselet,

1911

Brachionus quadridentatus Hermann,

1783

Filinia longiseta (Ehrenberg 1834)

Keratella cochlearis (Gosse, 1851)

Lecane luna (Muller 1776)

Lecane proiecta Hauer 1956

Ptygura libera Myers, 1934

Trichocerca pusilla (Jennings, 1903)

Protozoa

Arcella vulgaris Ehrenberg, 1830

Centropyxis aculeata Ehrenberg, 1832

Diffugia sp.

Diffugia lobostoma Leidy, 1879

Vorticella sp.

Meroplâncton

Chironomidea

Nematoda

Plecoptera

Riqueza total 29 Táxons

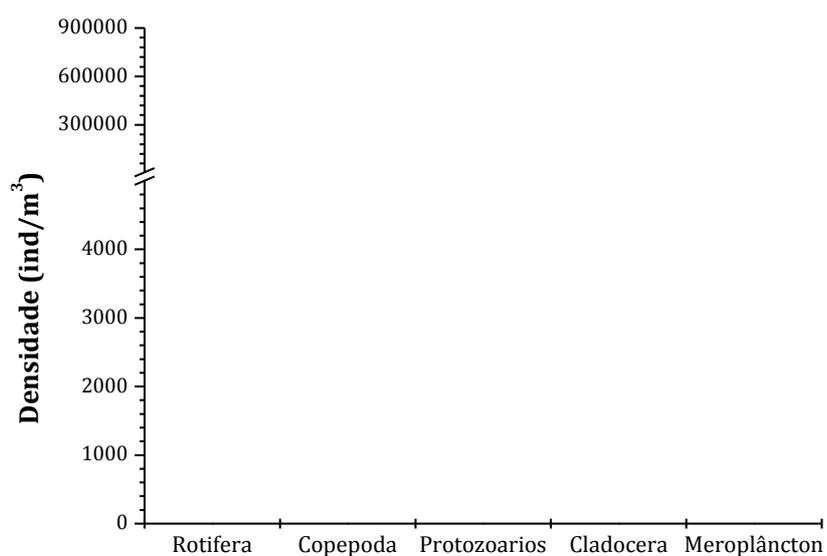


Figura 1- Densidade (ind/m³) dos organismos da comunidade zooplânctônica registrados na lagoa do condomínio Copacabana, localizada no município de Araçatuba-SP, em setembro de 2015.

Em comunidades aquáticas os índices de diversidade refletem como estão respondendo a mudanças ambientais, em termos de composição, distribuição e abundância das espécies. Foi verificada uma baixa dominância (0,28), este índice expressa a relação entre o número de indivíduos de uma determinada espécie e o número de indivíduos de todas as espécies encontradas, a relativa equitabilidade (0,53), expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem abundância (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes (GOMES & FERREIRA, 2004). Ambos sendo o valor de referência (mínima 0 e máxima 1,0), e por fim, a diversidade significativa (1,74), segundo Margalef (1983) a variação normal deste índice é entre 1,5 e 3,5.

Tabela 3- Índices de diversidade do zooplâncton registrado na lagoa do condomínio residencial, localizada no município de Araçatuba-SP, em setembro de 2015.

Dominância	0,28
Shannon-Wiener	1,74
Equitabilidade	0,53

Em cladóceros, foram observadas alterações morfológicas como deformidades e a ocorrência de reprodução sexuada, com produção de machos e ovos de resistência (Figura 2).

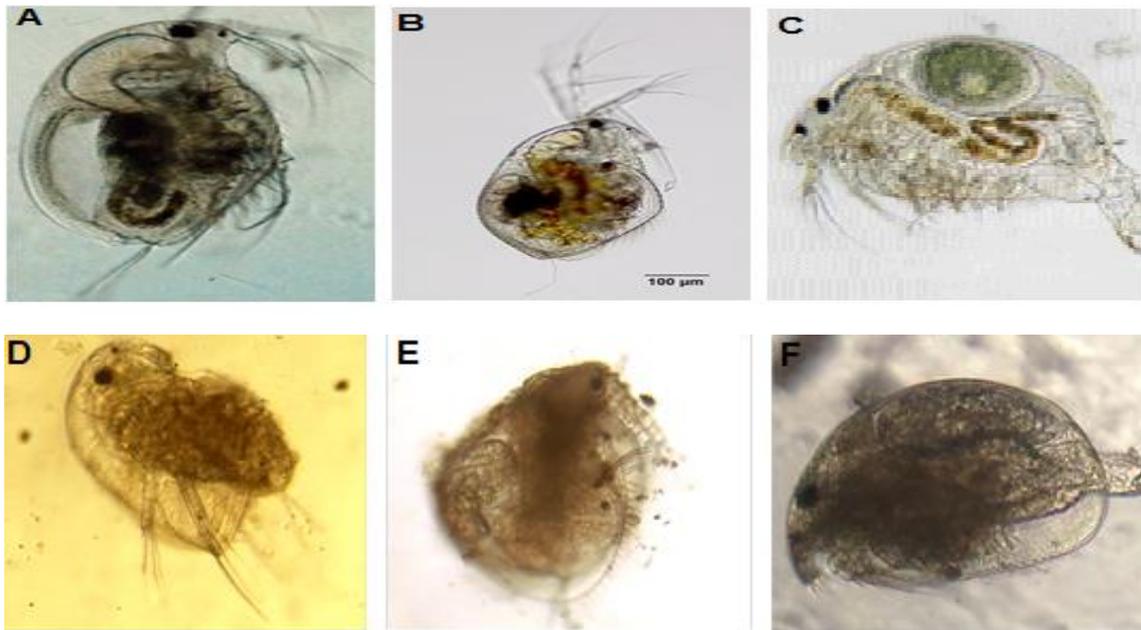


Figura 2. A- *Macrothrix spinosa*; B- *Streblocerus serricaudatus* ; C- *Alona guttata*. Fonte: internet (domínio público); D- *Macrothrix spinosa* com deformidade no intestino; E- *Streblocerus serricaudatus* com parasitas; F- *Alona guttata* com ovo de resistência.

As deformidades na morfologia dos Cladóceros encontradas no presente estudo estão relacionadas provavelmente à exposição aos agentes presentes no meio aquático. Esses agentes podem ser provenientes de material orgânico, substâncias químicas, efluentes domésticos e/ou industriais e outros microrganismos.

A coleta foi realizada em um período seco, caracterizado pela baixa pluviosidade, que agrava a concentração desses agentes e que proporciona um ambiente mais poluído aos microcrustáceos.

Em outros estudos, foram observadas várias alterações em cladóceros. Montú e Gloeden(1982) identificaram alterações no prolapso intestinal, ruptura da quitina entre os segmentos em cladóceros em ambiente poluído, Dodson e colaboradores. (1999) observaram a produção de machos em *Daphnia*, em exposição a herbicidas.

Na amostra coletada, observou-se a presença de cianobactérias que além de possivelmente produzirem toxinas, causam danos ao trato digestivo como observado por Ferrão-Filho et al. (2002).

Além das deformações, outra consequência do ambiente poluído é o surgimento da reprodução sexuada, ou seja, a produção de ovos de resistência. No caso de Cladóceros, a reprodução normalmente acontece por partenogênese, onde se caracteriza apenas pela presença de fêmea. Esses ovos de resistência são uma adaptação adversa do ambiente, aumentando as chances de sobrevivência da espécie (ZAFFAGNINI, 1987).

Conclusão

As ações antrópicas é uma das principais ameaças ao ecossistema aquático, provocando alterações na morfologia, como à perda da diversidade biológica por extinção de organismos nativos, e levando a prejuízos sociais e econômicos. Os cladóceros presentes em ambientes de água doce, são representativos do plâncton, e assim como os demais organismos, têm uma importância nos níveis tróficos. Como bioindicadores, avaliamos e analisamos que de fato essas ações na lagoa próxima ao um condomínio residencial do município de Araçatuba, estão causando deformidades na morfologia dos cladóceros e conseqüentemente para a comunidade aquática, decorrentes da degradação do ambiente, devido ações antrópicas.

Referências Bibliográficas

BERTOLUCI, V. D. M. *Inventário, Biodiversidade e Conservação de Áreas Úmidas do Município de São Leopoldo*. Abril de 2004. Título de Mestre. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo.

CALIXTO, L. S. F. et al. *Distribuição espaço-temporal da riqueza e abundância do zooplâncton no lago Tupé, baixo rio Negro, Amazonas, Brasil*. BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro. Vol. 3. Cap 12, Manaus 2011.

FILHO, H. de O. M. *Cladocera como Bioindicadores Zooplanctônicos do Açude de Bodogongó*. Julho de 2007. Mestrado em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual de Pernambuco, Pernambuco.

GOMES, A. S.; FERREIRA, S. P. *Análise de Dados Ecológicos*. 2014. Instituto de Biologia, Centro de Estudos Gerais. Departamento de Biologia Matinha. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.

GRAF, P. O. T; JUNIOR, C. R. *Produção e Viabilidade de Ovos de Resistência do Cladocera Daphnia magna Aplicados a Ensaio Ecotoxicológicos*. Setembro de 2012. Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina.

LOUREIRO, L. M. A. E. *Manual de Identificação de Cladoceros Límnicos do Brasil*. Editora Universa, Universidade Católica de Brasília, 1997.

MELO, R. R. R. de. *Alterações na Estrutura da Comunidade Zooplanctônica e na Morfologia de Cladóceros Relacionadas ao Aumento no Grau de Trofia do Reservatório da UHE de Furna – MG*. 2015. (Título Mestrado Ecologia e Tecnologia Ambiental). Instituto de Ciência da Natureza. Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais.

NEGREIROS, N. F. *Limnologia de Lagoas de Várzea do Rio Madeira com Ênfase na Diversidade e Produção Secundária da Comunidade Zooplanctônica*. 2014. Tese (Doutora em Ciências, Área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

NUNES, R. D. *O zooplâncton da plataforma continental de Santa Catarina. Ênfase com Copepoda e Cladocera e suas relações com os processos físicos costeiros*. 29 de Outubro de 2010. (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade do Vale do Itajaí. Vale do Itajaí, SC.

POMPÊO, M. L. M. *O disco de Sechhi*. Instituto de Biociência, Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, Butantã, São Paulo.

RODRIGUES, A. S. de L; CASTRO, P. de T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Março de 2008.

SANTANGELO, J. M. *Estrutura do Banco de Ovos de Resistência em Sistemas Aquáticos Continentais e Influência da Salinidade e da Predação na Diapausa*. Março de 2009. Dissertação (Doutor em Ecologia). Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, N. E. et al. *BioTupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural*. Vol.3. Rizoma Editorial, Manaus 2011.

SILVA, L. C. da; NEGREIROS, N. F.; SANTOS, R. M. dos. *Zooplâncton De Um Lago Urbano Dominado Pela Macrófita Pistia Stratiotes L. (ARACEAE)*. 2012. Disponível em:http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/indez.php/forum_ambiental/article/download/278/277. Acesso em: 20 de Outubro de 2015.

VEADO, L. D.; SANT'ANA, B.S.; RESGALLA JR., C. *Atlas Do Zooplâncton Dominante No Baixo Estuário Do Rio Itajaí-Açu*. Editora UNIVALI, Itajaí, SC., 312p 2009. Santa Catarina, Santa Catarina.

ZANATA, L. H. *Distribuição das populações de Cladocera (Branchiopoda) nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê: uma análise espacial e temporal*. 2005. Universidade de São Paulo, São Carlos.

Influência da suplementação alimentar com castanha-do-Brasil no desenvolvimento de massa encefálica e corporal em ratos (*Rattus norvegicus*) da linhagem Wistar

Effects of Dietary Supplementation with Brazilian Nuts in the Development of Brain and Corporal Mass in Rats (Rattus norvegicus) of Wistar Strain.

Rafaela Fachini de Oliveira ¹
Rossana Abud Cabrera Rosa ²
Natália Félix Negreiros ³
Casimiro Cabrera Peralta ⁴

RESUMO

A castanha-do-Brasil é rica nutricionalmente. O objetivo deste estudo foi analisar a influência sobre pesos encefálicos e corporais da suplementação alimentar com castanha-do-Brasil na dieta usual dos animais experimentais. Foram utilizados trinta ratos Wistar, 15GC e 15GE, três animais por gaiola durante o período experimental de 26 dias. O controle do peso corporal e estruturas encefálicas foram feitas com pesagens nos períodos de 0, 7, 14, 21 e 26 dias. O controle da dieta usual mostrou que a suplementação da ração com castanha-do-Brasil interferiu no padrão de consumo alimentar dos animais GE. Os resultados apresentaram alterações significativas ($p < 0,05$) sobre peso corporal, entretanto não interferiu sobre o peso encefálico dos segmentos, tronco cerebral, cerebelo, cérebro dos animais GE.

Palavras-chave: Suplementação alimentar; Encéfalo; Tronco cerebral; Cerebelo; Cérebro.

1, Acadêmica do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

2, Cirurgiã-Dentista, Mestre e Doutora em Odontologia. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, rossana@unisalesiano.com.br.

3, Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, natalia_felix@yahoo.com.br.

4, Cirurgião-Dentista, Mestre, Doutor e Pós-Doutor em Odontologia, Doutor em Biofísica, Professor Titular em Fisiologia - UNESP, Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, profcabreraperalta@gmail.com.

ABSTRACT

Brazil nut is rich nutritional. The objective of this study was to analyze the influence on brain injury and body weights of food supplementation with Brazil nut in the usual diet of experimental animals group. Thirty Wistar rats were used, 15GC and 15GE, three animals per cage during the trial period of 26 days. The control of body weight and brain structures were made with weighing of the periods 0, 7, 14, 21 and 26 days. Control of the usual diet showed that supplementation of the diet with Brazil nut interfered in the dietary patterns of GE animals. The results shown significant changes ($p < 0.05$) on body weight, but did not affect the brain weight of the segments, brainstem, cerebellum, of animals GE.

Keywords: Supplementation feed, encephalon, brainstem, cerebellum, brain.

Introdução

A castanha-do-Brasil *Bertholletia excelsa* H.B.K. (1808), popularmente conhecida como castanha-do-pará, semente da castanheira da família Lecythidaceae, que é uma fruta típica do norte do Brasil e um dos principais produtos de exportação da Amazônia (LOPES, 2007). Essa espécie é encontrada em vários países da América do Sul, adaptada aos ambientes naturais de terra firme, ocupando no Brasil o centro, o sudeste e o sudoeste da região amazônica, ao norte dos estados de Goiás e Mato Grosso (CARRERO et al., 2014). Considerada uma das maiores árvores amazônicas, possuindo um tronco reto, alongado e cilíndrico de cor pardo-acinzentada. Suas folhas são grandes e viçosas. Apresentam flores exuberantes, grandes, perfumadas e agrupadas em forma de cachos e quando abertas, nota-se coloração branca e amarelo-clara. Os frutos, produzidos anualmente, ocorrem nos meses de agosto a outubro, lenhosos e rugosos, com coloração marrom-escura e quando maduros ficam em formato de bola. As sementes tem uma casca rígida e coloração castanha, com um embrião branco por dentro, contendo cerca de 12 a 24 castanhas (CARRERO et al., 2014).

A colheita e processamento dos frutos devem ser feitos visando controlar a aflatoxina, substância tóxica e cancerígena provocada pelo fungo *Aspergillus flavus*, ocorrendo caso os frutos fiquem muito tempo amontoados aos pés da castanheira. Conforme o Ministério da Agricultura e Pecuária, o limite máximo de

abastecimento tolerado do fungo na castanha é de 0,03 mg/kg. As sementes ou castanhas são apreciadas internacionalmente, podendo ser consumidas *in natura* ou em mistura com outros alimentos (LOCATELLI et al., 2010).

Em relação à composição nutricional das amêndoas da castanha verificam-se seu alto conteúdo lipídico (60-70%) e proteico (15-20%), e elevado teor de metionina (aminoácido essencial deficiente em muitas proteínas de origem vegetal), além de possuir em sua composição elementos reconhecidos por sua atuação como antioxidantes (KORNSTEINER et al., 2006 apud SANTOS, 2012). A castanha-do-Brasil tem ação tonificante, fortalecedora e nutritiva para o corpo, sendo indicada principalmente contra desnutrição e anemia; a composição nutricional também é muito eficaz para ativar o cérebro e para aliviar constipações intestinais devido ao alto teor de vitamina E, ácido fólico, cálcio, fósforo, magnésio e ácido graxo Ômega 3 (SÉRGIO, 2015).

A castanha é reconhecida também pelo alto percentual de selênio, um importante antioxidante que vem ganhando destaque no seu potencial para redução de alguns tipos de câncer e de outras patologias, baseados em efeitos preventivos e terapêuticos de processos metabólicos degenerativos do organismo (CHUNHIENG, 2004, apud SANTOS, 2012). Os estudos dos componentes nutricionais e funcionais da castanha-do-Brasil têm se aprimorado, com nova evidência conseguidas através de avanços tecnológicos que possibilitaram aprofundar cada vez mais o conhecimento sobre a complexidade dos constituintes desse fruto, evidenciando sua funcionalidade e importância nutricional (SANTOS, 2012).

O uso de animais em pesquisa científica tem contribuído de forma significativa para o grande avanço da ciência e da evolução tecnológica, visando o bem estar do ser humano através de novos conhecimentos que favorecem a adoção de medidas profiláticas que reduzem a incidência e a maior gravidade de diversas enfermidades (CHORILLI et al., 2007). Cabe ressaltar que os camundongos foram introduzidos em laboratórios desde o século XIX, transformando-se em um dos mais importantes animais experimentais devido ao fato de serem prolíferos, com ciclo de vida curto, facilidade de cuidado e cuja manutenção não se torna tão onerosa (BRANCO et al., 2011).

A ideia de utilizar os animais para o desenvolvimento de pesquisas surgiu, principalmente, por relações econômicas. Mesmo com o grande avanço de métodos alternativos nos últimos anos, tais como os estudos *in vitro* e culturas de células, o uso de animais ainda representa a principal fonte para o fornecimento de informações e de novos conhecimentos científicos sobre as características morfofuncionais do organismo como um todo (CHORILLI et al., 2007).

Atualmente, a dinâmica de procura no campo da pesquisa científica de respostas à influência orgânica de fatores de natureza endógena e exógena é cada vez maior, condição que favorece a compreensão melhor dos complexos mecanismos neuroendócrinos que promovem as adaptações estruturais e funcionais do organismo através da ativação ou inibição de reações bioquímicas, fisiológicas e anatômicas (CABRERA-ROSA et al., 2002). A forma de alimentação usual dos seres vivos representa importante fator exógeno que, quando associado a outros fatores, constitui importante influência na qualidade e expectativa de vida, sendo que, o comportamento de sobrevivência, da reprodução, da defesa materna e da ingestão de alimentos são resultantes de processos de adaptações orgânicas comandados pela estimulação ou inibição de circuitos neurohormonais originados principalmente na região hipotalâmica do cérebro, em especial, na área lateral e no núcleo ventromedial (CAMBRAIA, 2004).

Evidências científicas indicam que a ingestão de alimentos e o fornecimento orgânico de nutrientes, assim como, a utilização metabólica desses nutrientes são controlados ou modulados por estruturas neurais e por sistemas neuroquímicos e neuroendócrinos específicos e que alterações nestes sistemas podem estar associadas às mudanças no comportamento alimentar (CAMBRAIA, 2004). É provável que a regulação gastrintestinal esteja compreendida entre o tronco cerebral caudal, onde o sistema neural requerido para resposta metabólica parece estar mais largamente distribuído (SEELEY et al., 1994, apud CAMBRAIA, 2004). Mudanças em parâmetros bioquímicos correlacionados com a ingestão e digestão de alimentos em ratos podem promover alterações que se caracterizam por mudanças qualitativas e quantitativas na ingestão de alimentos e diminuição no peso corporal (MAHLER et al., 1993 apud CAMBRAIA, 2004).

O objetivo deste estudo experimental consistiu em analisar a influência sobre o peso corporal e do encéfalo da suplementação da dieta usual com

castanha-do-Brasil, popularmente conhecida como castanha-do-pará, de ratos (*Rattus norvegicus*) da linhagem Wistar.

Material e Método

Neste trabalho foram utilizados trinta ratos, sendo doze machos e dezoito fêmeas, Wistar, 72 dias de idade. Os ratos eram procedentes do Biotério do Centro Universitário Católico UniSalesiano *Auxilium* Araçatuba, separados por sexo e divididos aleatoriamente em grupo Controle (GC) com 15 animais (n=15) e Grupo Experimental (GE) com 15 animais (n=15).

Durante o período de experimentação, os animais foram mantidos no Biotério e receberam ração e água *ad libitum*, mantendo o fornecimento diário da mesma proporção de ração durante o experimento e o acréscimo de castanha-do-Brasil no GE. O consumo de ração e a água foram controlados através de medições realizadas diariamente. O GE recebeu 30 g da fruta castanha-do-Brasil *Bertholletia excelsa* H.B.K (1808), diariamente inteira sem a casca e acrescentada às 120 g de ração, na razão de 1:5. O grupo controle recebeu 150 g de ração diariamente.

As análises da massa corporal de ambos os grupos foram realizadas diariamente exceto aos domingos, após o início do período experimental.

Para a obtenção do encéfalo a fresco, os animais foram anestesiados por via intraperitoneal com Tiopental (40mg/ml, 1ml/Kg) (figura 1). Após a constatação do efeito anestésico, foi feita outra injeção IP de anestésico para promover o óbito por overdose. Posteriormente, os animais foram fixados na mesa de vivisseção (figura 2) e a seguir foram decapitados como ilustra na (figura 3). Para abertura do encéfalo foi realizado corte horizontal no crânio do animal (figura 4), e assim o mesmo ser liberado (figura 5). O corte dos segmentos foi realizado na altura da medula espinhal desconsiderando-a (figura 6). O encéfalo foi removido da caixa craniana e pesado, obtendo-se um valor da massa encefálica a fresco.

Os procedimentos cirúrgicos foram realizados no laboratório do Centro Universitário Católico UniSalesiano *Auxilium* Araçatuba. O tempo utilizado nesta operação foi de 5 a 7 minutos. Em seguida os segmentos foram fixados em formalina a 10% (Figura 7), para que eles não perdessem suas propriedades. A

obtenção das peças experimentais ocorreu nos 0, 7, 14, 21 e 26 dias do período experimental. A partir da massa fixada foram obtidos os seguintes segmentos: tronco encefálico (figura 8), cerebelo (figura 9) e cérebro (figura 10), diencefalo-telencéfalo, seguindo-se técnica preconizada por WATANABE (1970) e CABRERA-PERALTA (1973).

O tronco encefálico foi separado do cérebro na altura da base de pedúnculo cerebral, que corresponde à transição mesencéfalo-diencefálica. A separação do cerebelo e tronco encefálico foi realizada na altura dos pedúnculos cerebelares superior, médio e inferior, nos pontos mais próximos de cerebelo. Posteriormente à cirurgia, os corpos dos animais foram devidamente descartados de acordo com as normas do Comitê de Ética do Centro Universitário Católico Salesiano *Auxilium* Araçatuba.

Para a obtenção da massa encefálica a seco, as peças foram retiradas da solução formalina 10% e em seguida, submetidas ao processo de hidratação que consiste em 20 minutos mergulhados no etanol absoluto, 20 minutos no etanol 90% e 20 minutos no etanol 70%, logo após 30 minutos imergidos na água destilada, novamente mais 30 minutos em água destilada. Utilizou-se estufa a 60°C, com pesagens em balança de precisão, até obter duas pesagens sucessivas iguais e assim obter o peso a seco do encéfalo (SCAPINO, 1968, apud CABRERA-PERALTA 1973).

Após a obtenção dos dados experimentais, eles foram submetidos à análise estatística, aplicando o teste de normalidade e em seguida o teste “T de Student paired” e para os dados que não estavam dentro da normalidade sendo aplicado o teste “Mann Whitney”, com a obtenção da média e desvio padrão, através do programa Bioest 5.0 (AYRES et al., 2007).

Figuras ilustrando o processos cirúrgico



Figura 1 – Anestesia com tiopental



Figura 2 – Animal fixado sobre a mesa de vivisseção



Figura 3 – corte decapitação



Figura 4 – corte horizontal no crânio



Figura 5 – Encéfalo



Figura 6 – Corte desconsiderando a medula



Figura 7 – Segmentos armazenados em solução formol 10%



Figura 8 – Tronco encefálico



Figura 9 – Cerebelo

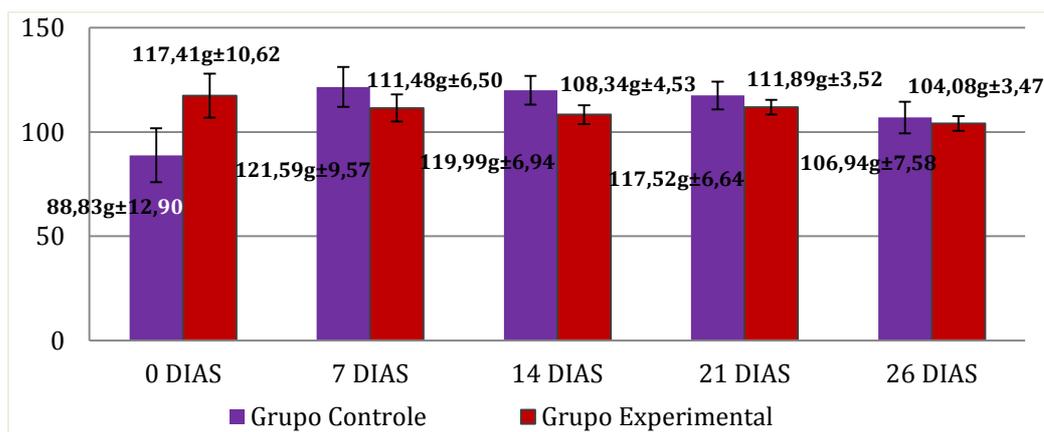


Figura 10 - Cérebro

Resultado e Discussão

No gráfico 1 encontram-se os dados referentes ao consumo de ração dos animais experimentais durante o período do experimento.

Gráfico 1 – Média e erro padrão do peso (g) de ração.

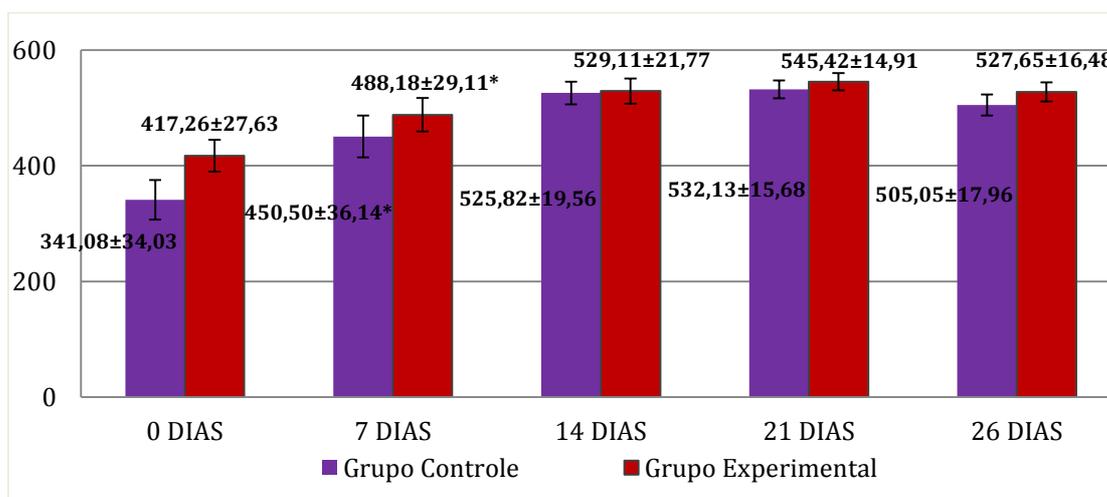


Com aplicabilidade estatística não foi comprovada diferença significativa aos níveis de probabilidade ($p > 0,05$), referente ao consumo de ração dos grupos controle e experimental.

Conforme Leibowitz (1992) apud Cambraia (2004), os experimentos nos quais ratos podem selecionar os três macronutrientes (proteína, carboidrato e gordura), separadamente oferecidos, revelam que estes neuroquímicos especialmente potencializam a ingestão de carboidrato e têm pequenos ou nenhum impacto no consumo de proteína e gordura. Nas fêmeas, a baixa preferência por gordura pode ser consequência do esteroide estrogênio, o qual tem sido associado à supressão de ingestão de gordura (CAMBRAIA, 2004).

O gráfico 2 apresenta o controle do consumo de água dos animais experimentais por período do experimento.

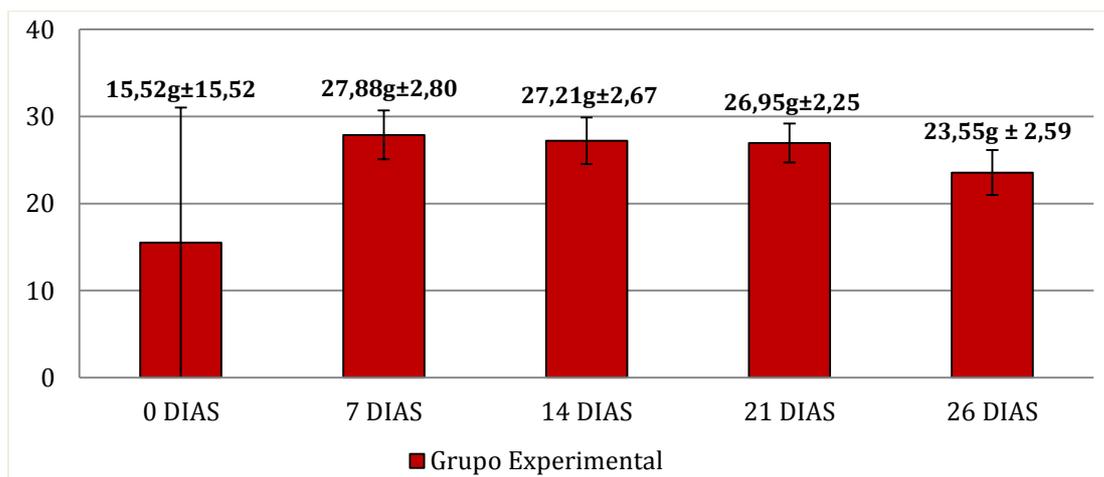
Gráfico 2 – Média e erro padrão do peso (g) do consumo de água.



Com aplicação dos testes estatísticos, comprovou-se diferença significativa ($p < 0,05$) do consumo de água dos grupos controle e experimental no 2º período aos 7 dias de experimentação (*).

O gráfico 3 representa controle do consumo de castanha-do-Brasil dos animais experimentais por período do experimento.

Gráfico 3 - Média e erro padrão do peso (g) do consumo de castanha-do-Brasil.

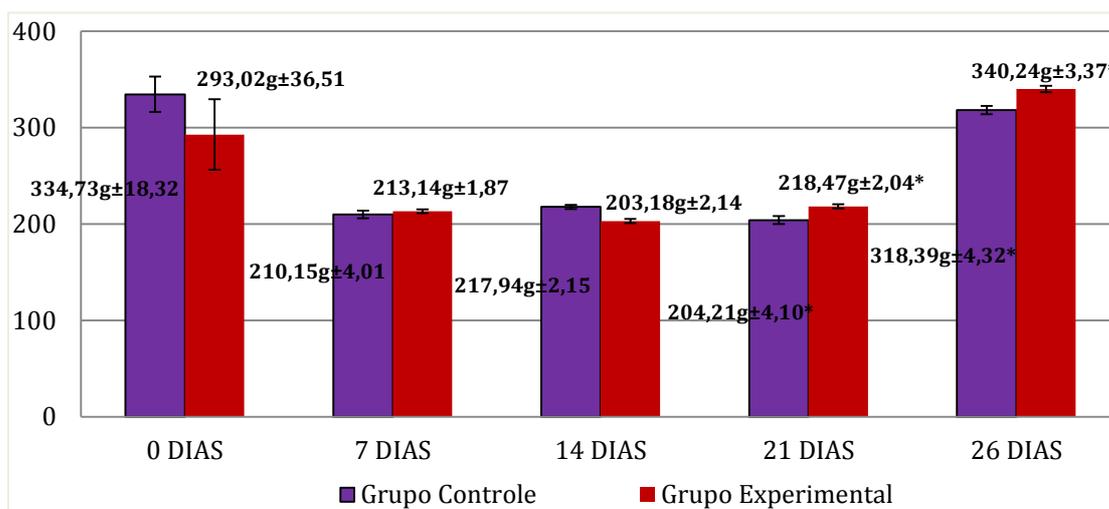


Testes estatísticos com parâmetros de comparação do dia 0 de experimentação com os de mais períodos demonstraram que não há diferença significativa em relação ao consumo de castanha por períodos do experimento ($p > 0,05$).

Cabrera-Rosa e colaboradores (2002) submeteu as ratas às aplicações de vitaminas B1, B6 e B12 em dias alternados, por via intraperitoneal, de 0,1ml de complexo B (Citoneurim 1000-Merck) nos dez dias que precederam o acasalamento, no período gestacional e no período de amamentação. O efeito corporal da manobra experimental foi controlado através de pesagens nos 40, 41, 43, 46, 49, 55, 61 e 67 dias de idade dos animais. Foi concluído que o enriquecimento das condições nutricionais através de suplementação vitamínica nos períodos IU e EU tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os eventos metabólicos que atuam na formação e na erupção dentária, mostrando a relação existente entre o estado nutricional e a variação da capacidade funcional dos elementos que determinam esses processos.

No gráfico 4 encontra-se o controle da massa corporal dos animais experimentais por período do experimento.

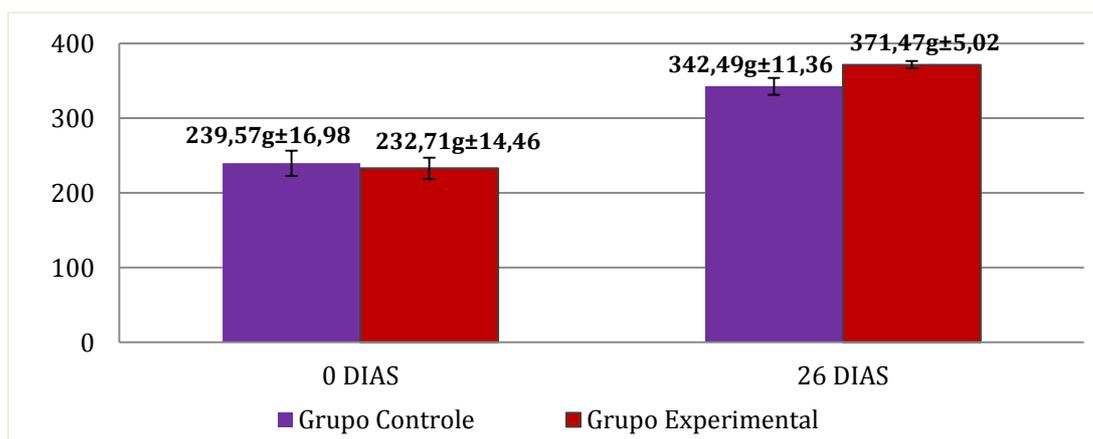
Gráfico 4 – Média e erro padrão do peso (g) de massa corporal dos animais experimentais.



Através da aplicação estatística, comprovou-se diferença significativa ($p < 0,05$) referente aos grupos controle e experimental nos 21 dias e 26 dias do período experimental (*). Contudo não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) em relação às fêmeas e machos dos animais experimentais.

No gráfico 5, dados do peso (g) corporal total dos animais experimentais no início e no fim do período do experimento.

Gráfico 5 – Média e erro padrão do peso (g) da massa corpórea total do experimento.



Os resultados obtidos neste processo experimental evidenciam que os ratos que tiveram na sua dieta o acréscimo de castanha-do-Brasil (GE), apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) de ganho de peso em relação ao grupo controle.

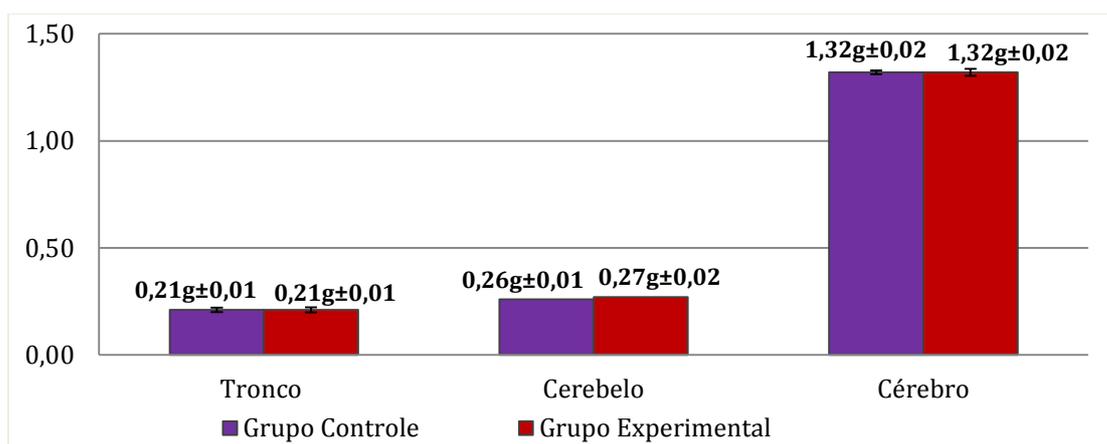
Segundo Spini (2006), a dieta enriquecida com castanha-do-Brasil teve um ganho de peso médio de 15,38% ($P < 0,05$) entre os animais que receberam dietas

enriquecidas com 1 a 5g de castanha-do-pará, dietas I, II e III, comparado aos animais que receberam dieta contendo 10 e 15g, dietas IV e V. O maior ganho de peso médio (40,74%) foi observado entre os animais que receberam dieta enriquecida com 5g de castanha (dieta III).

Dos aminoácidos altamente presentes na castanha-do-pará, 9,1%, são importantes elementos anabólicos, o que colabora com o alto ganho de peso dos camundongos quando administrados na dieta, esse fato pode ter sido determinante para o ganho de peso dos animais que receberam quantidades ideais desses aminoácidos. (SUN et al; 1987, apud SPINI, 2006).

O gráfico 6 representa o peso (g) total dos segmentos a fresco adquiridos no período experimental.

Gráfico 6 – Média e erro padrão do peso (g) total a fresco dos segmentos.

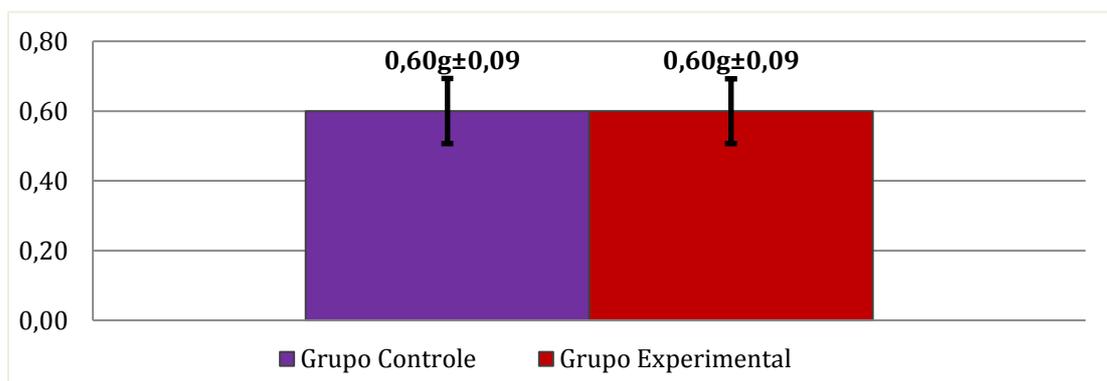


A aplicação estatística não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) em nenhum período do experimento dos grupos controle e experimental.

Oliveira (2006) em seu estudo da ação farmacológica do sistema noradrenérgico em ratos, durante o período neonatal, tratados com solução clonidina (0,2mg/Kg), provocou redução do ganho de peso e redução do crescimento dos eixos do crânio e também não alterou a maturação das características físicas e a ontogênese de reflexos.

No gráfico 7, dados do peso (g) da massa encefálica total a fresco no que se refere a soma dos segmentos adquiridos.

Gráfico 7 - Média e erro padrão do peso (g) da massa encefálica total a fresco (tronco+cerebelo+cérebro).

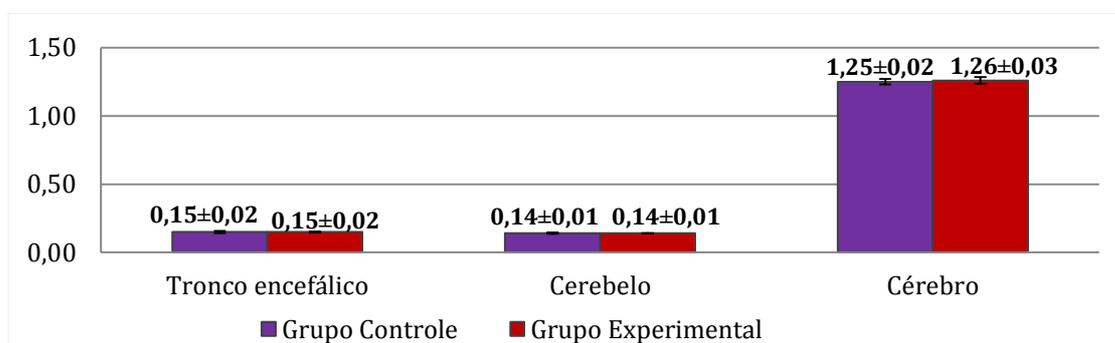


Através da aplicação dos testes estatísticos não há diferença significativa da massa encefálica total dos grupos controle e experimental, e também não foi encontrada diferença significativa ($p>0,05$) em relação às fêmeas e machos dos animais experimentais.

Cabrera-Peralta (1973), aponta que nos resultados dos animais com 75 dias de idade, o conteúdo de massa fresca obteve média de $GE=1,784g\pm0,067$; $GC=1,684g\pm0,041$. A diferença foi significativa nos resultados dos ratos machos ($p<0,001$ e $p<00,01$). Foi observada diferença significativa em relação às fêmeas, com a probabilidade de 0,001, confirmando o aumento da massa encefálica fresca em ratos submetidos aos exercícios.

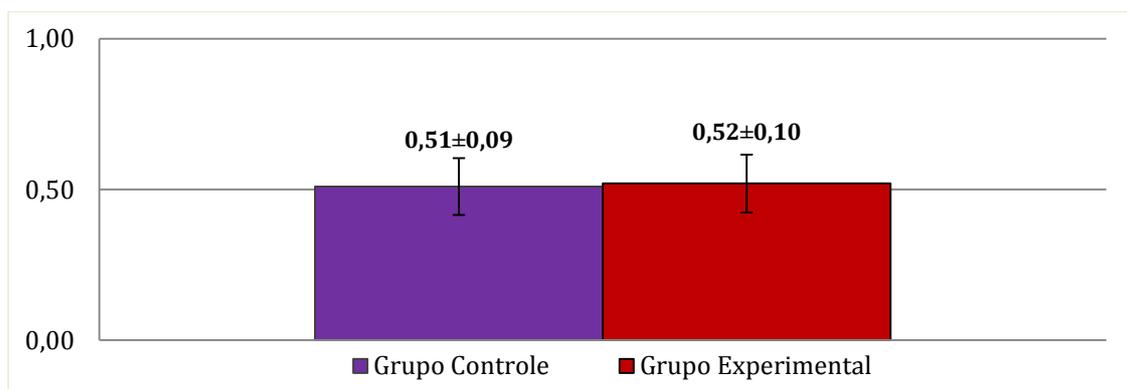
O gráfico 8 apresenta o peso (g) total dos segmentos a seco obtidos no período experimental.

Gráfico 8 - Média e erro padrão do peso (g) total a seco dos segmentos.



No gráfico 9, encontra-se o peso (g) total da massa encefálica obtida a seco no que se refere a soma dos segmentos tronco+cerebelo+cérebro.

Gráfico 9 – Média e erro padrão do peso (g) da massa encefálica total a seco (tronco+cerebelo+cérebro).



Os resultados obtidos não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) em relação ao peso do encéfalo dos grupos controle e experimental. Não foi encontrada diferença significativa ($p<0,05$) em relação às fêmeas e machos dos animais experimentais.

Cabrera-Peralta (1973), nos resultados dos animais com 75 dias de idade do conteúdo de massa seca, obteve uma média de $0,375\text{g}\pm 0,009$ GE; $0,360\text{g}\pm 0,006$ GC, concluindo que houve alteração significativa ($p<0,05$) nos machos do grupo B e nos demais grupos ($p<0,001$).

Conclusão

No presente trabalho comprovou-se que a suplementação da dieta usual de ratos com castanha-do-Brasil não apresentou influência significativa sobre o crescimento do encéfalo e de seus segmentos tronco encefálico, cerebelo e hemisférios cerebrais dentro do período de 26 dias de experimentação. Entretanto, foi constatado aumento significativo no peso corporal dos animais que passaram por um período experimental mais prolongado (21 e 26 dias e experimentação). Levando em consideração o alto teor nutricional da castanha-do-Brasil e os benefícios que podem ser fornecidos ao organismo, os resultados indicam a necessidade de novas análises dos efeitos orgânicos desse importante fator nutricional em períodos experimentais mais prolongados.

Referências bibliográficas

AYRES, M.; AYRES, J. M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. *BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Ong Mamiraua. Belém, PA, 2007.

BRANCO A. C. S. C; DINIZ, M. F. F. M; ALMEIDA, R. N; SANTOS, H. B.; OLIVEIRA, K. M; RAMALHO, J. A.; DANTAS, J. G. *Parâmetros Bioquímicos e Hematológicos de Ratos Wistar e Camundongos Swiss do Biotério Professor Thomas George*, 2011, v.15, p.210.

BUENO, D. *Estudo com ratos ajuda a entender respostas instintivas do cérebro humano*, 2012. Disponível em: <<http://www5.usp.br/12063/estudo-com-ratos-ajuda-a-entender-respostas-instintivas-do-cerebro-humano/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

CABRERA-PERALTA, C. *Efeitos de variáveis temporais na massa e composição encefálicas de ratos submetidos à estimulação ambiental*, 1973.

CABRERA-ROSA, R. A.; CABRERA, M. A.; CABRERA-PERALTA-CABRERA, C.; BERNABÉ, P. F. E. *Efeito da suplementação vitamínica intra e extrauterinas sobre a odontogênese e erupção dentária*, 2002.

CAMBRAIA, R. P. B. Aspectos psicobiológicos do comportamento alimentar, *Revista de Nutrição*, 2004.

CARRERO, G. C.; PEREIRA, R. S.; JACAÚNA, M. A.; LIMA, M. J. V. J. *Árvores do sul da Amazônia*, 2014, p.86.

CHORILLI, M.; MICHELIN, D. C.; SALGADO, H. R. N. Animais de laboratório: o camundongo, *Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.* v. 28, n.1, 2007, p.11-23

CHUNHIENG, 2004 apud SANTOS, O. V. *Estudos das potencialidades da castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos*, 2012.

KORNSTEINER, W. apud SANTOS, O. V. *Estudos das potencialidades da castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos*, 2012.

LEIBOWITZ, S.F, 1992 apud CAMBRAIA, R. P. B. Aspectos psicobiológicos do comportamento alimentar, *Revista de Nutrição*, 2004.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; SOUZA, V. F. *Castanha do Brasil*, 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47749/1/folder-castanhadobrasil.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2015.

LOPES, P. *Castanha do Pará*, 2007. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/frutas/castanha-do-para.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2015.

MAHLER, P.; Guastavino, J. M.; Jacquart, G.; Strazielle C, 1993 apud CAMBRAIA, R. P. B. Aspectos psicobiológicos do comportamento alimentar, *Revista de Nutrição*, 2004.

OLIVEIRA, L. S. *Manipulações farmacológicas neonatal do sistema noradrenérgico: repercussões sobre o desenvolvimento somático, sensório-motor e sobre o padrão de consumo alimentar adulto*, 2006.

SANTOS, O. V. *Estudos das potencialidades da castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos*, 2012, p.27-28.

SEELEY, R. J.; Grill, H.J.; Kaplan, J. M, 1994 apud CAMBRAIA, R. P. B. Aspectos psicobiológicos do comportamento alimentar, *Revista de Nutrição*, 2004.

SERGIO, R. *Castanhas do Pará*, 2015. Disponível em:

<<http://www.saudeeoqueinteressa.com.br/castanha-do-para>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

SPINI, V. B. M. G.; Ferreira, F. R.; PADUANI, G. F.; SOUZA, C. S.; KERR, W. E. *Efeito da adição de Castanha-do-pará à dieta de arroz e feijão sobre o ganho de peso em camundongos*, 2006.

SUN, S. S. M.; LEUNG, F. W.; TOMIC, J. C, 1987 apud SPINI, V. B. M. G.; Ferreira, F. R.; PADUANI, G. F.; SOUZA, C. S.; KERR, W. E. *Efeito da adição de castanha-do-pará à dieta de arroz e feijão sobre o ganho de peso em camundongos*, 2006.

Modelagem de Biorreator de Membrana (MBR) em Lodos Ativados: Abordagem comparativa de calibração e fatores de influência

Modeling Bioreactor Membrane (MBR) in Activated Sludge: Comparative Approach of Calibration and Influencing Factors

Renann Manzalli¹
Luiz Fernando Bezerra²
Natalia Felix Negreiros³

RESUMO

O processo biológico no tratamento de efluentes são responsáveis pela degradação biológica de matéria orgânica para remoção de impurezas, por meio da respiração e nutrição de microorganismo, utilizando tecnologias como biorreator de membranas (MBR), juntamente com o processo de Lodos Ativados, possibilitam uma melhor eficácia no tratamento de efluente. O presente estudo foi baseado em estudos qualitativos comparativos na modelagem matemática de biorreatores de membrana (MBR), demonstrando diferentes maneiras e situações no processo de Lodos Ativados, com os modelos ASM1, ASM2, ASM2d e ASM3 de origem do inglês *Activated Sludge Model*. No processo de calibração de MBR existem parâmetros que influenciam o desempenho da filtragem como sólidos suspensos totais insolúveis vazão de descarte, SMP, EPS.

Palavras-Chave: Tratamento de efluentes biológico; ASMs; Ultrafiltração.

ABSTRACT

Biological process for wastewater are responsible for the biological degradation of organic matter for removal of impurities through the breath and microorganism nutrition, using technologies such as membrane bioreactor (MBR) along with the process of Activated

1, Acadêmico do curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católica Auxilium de Araçatuba.
2, Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Civil ênfase Biorreator de Membrana.
3, Bióloga. Doutora em Ciências. Docente do Curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.

Sludge provide better efficacy in wastewater. This study was based on qualitative comparative studies on mathematical modeling of membrane bioreactors (MBR) showing different ways and in situations Activated Sludge process, the ASM1 models , ASM2 , ASM2d and ASM3 source of English Activated Sludge Model. The MBR calibration process there are parameters that influence the performance of filtering as total suspended solids insoluble disposal flow, SMP, EPS.

Keywords:biological wastewater, ASMs, ultrafiltration.

Introdução

Os tratamentos de efluentes envolvem processos necessários à remoção de impurezas na produção de insumos de interesse. Assim, o tratamento biológico ou secundário consiste na degradação biológica da matéria orgânica dissolvida e de sólidos presentes através do processo de respiração e nutrição de microrganismos (LIMA et al., 2001).

Os vários processos de tratamento biológico podem ser divididos de diversas formas. Uma delas é a divisão por meio dos metabolismos envolvidos como: aeróbio, anaeróbio e anóxico. O primeiro exige a presença do oxigênio molecular no meio como acceptor final de elétrons, possibilitando a conversão da matéria orgânica em compostos mineralizados, tais como CO₂ e água, além da formação de Lodos Ativados (MANAHAN, 2013).

De acordo com este mesmo autor, no processo anaeróbio a degradação da matéria orgânica ocorre na ausência de oxigênio, por meio de um processo de fermentação que se utiliza de íons sulfato ou dióxido de carbono como acceptor final de elétrons, convertendo a matéria orgânica em gás metano, CO₂ e água.

No processo anóxico a degradação da matéria orgânica é realizado pela utilização de oxigênio pelas bactérias em compostos nitrogenados, assim fazendo que ocorra a ausência de oxigênio no meio e a presença de nitrato (COHIN et al., 2007).

O uso de Lodos Ativados tem grande valia no tratamento biológico, pois promove a degradação de agentes poluentes orgânicos, através da oxidação de bactérias dentro de reatores biológicos, com posterior decantação. O lodo

sedimentado mistura-se então ao efluente com grande carga orgânica para a realização da biodegradação da matéria (GAUTO et al., 2011).

Nos últimos anos, tecnologias têm sido associadas aos Lodos Ativados para melhor eficácia do tratamento do efluente, como por exemplo, biorreatores de membrana (MBR do inglês: *Membrane Bioreactor*). Esse modelo associa um processo biológico (Lodos Ativados) a um processo físico (GIACOBBO, 2010), utilizando membranas de ultrafiltração ou microfiltração em substituição aos decantadores secundários nos quais, os Lodos Ativados se separam do efluente tratado (SANTOS, 2013).

A biomassa suspensa é separada do efluente tratado, por meio de membranas filtrantes, cuja porosidade varia entre 0,1 a 0,4 μm (METCALF et al, 2003). Este mesmo autor descreve duas configurações básicas para o sistema; módulo de membrana imersa no biorreator, onde estão diretamente imersa no Lodo Ativado dentro do reator; outra configuração é com membranas externas, que consistem em um sistema que as membranas ficam fora do reator, no qual o lodo é bombeado para o sistema de membranas promovendo a filtração do efluente tratado e retenção da biomassa que retorna ao biorreator.

Para obtenção das condições ideais de operação do biorreator utilizam-se métodos matemáticos e modelagem cinética com intuito de aprimorar as condições de cultivo e melhor produtividade (CARMO, 2010).

A modelagem de biorreatores possibilita o tratamento de variáveis e interações biológicas que ocorrem dentro do reator (MELLO, 2012).

A principal função da modelagem matemática e simulação numérica, como ferramenta do desenvolvimento tecnológico de processos de biodegradação é a previsão de um comportamento dinâmico e estacionário do processo (MELLO, 2012).

Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo realizar um estudo qualitativo por meio de revisão bibliográfica sobre modelagem matemática de biorreatores de membrana, demonstrando maneiras e situações diferentes de modelagem em Lodo Ativados.

Material e Métodos

O estudo qualitativo foi baseado na pesquisa de artigos científicos em bases de dados online LILACS, SciELO e consulta a livros, realizando uma busca sobre modelagem matemática de biorreatores de membrana, e maneiras de modelagem em sistemas de Lodos Ativados. Na busca inicial foram considerados os títulos e os resumos dos artigos para a seleção ampla de prováveis trabalhos de interesse, utilizando-se como palavras-chave os termos biorreatores, reatores de membrana, tratamento biológico de efluentes, Lodos Ativados e modelagem.

Resultados e Discussão

A modelagem de Lodos Ativados em biorreatores de membrana consiste em modelos de processos cinéticos e matemáticos, nas quais vem sendo estudados. ASMs (do inglês: *Activated Sludge Models*) são modelos robustos para otimização e controle.

Os modelos ASMs possuem diversas versões para fatores específicos e calibração e as principais versões são ASM1, ASM2, ASM2d e ASM3. Esses modelos foram desenvolvidos inicialmente para descrever o processo de tratamento de efluentes na etapa biológica, modelando a etapa de produção de Lodos Ativados Convencional (LAC) e para determinar o método de operação (FANU et al., 2010).

Activated Sludge Model Nº 1

Estudado desde 1962 por Mckinney, responsável pela descrição da estequiometria da oxidação do lodo e desenvolvimento da expressão matemática para cinética de Lodos Ativados (RIEGER et al., 2013).

Mckinney apresentou um modelo bastante robusto e que incorpora dezenove componentes, sessenta e cinco parâmetros e dezenove processos diferentes, proposto e estabelecido pela IAWQ (Associação Internacional de Qualidade da Água) e ASM1 por Jeppson no ano de 1996. Mckinney, Tal modelo foi originado pela palavra Activated Sludge Model No.1 (COSTA, 2009). O desdobramento do modelo compreende oito processos biológicos, treze

componentes de caracterização das águas residuárias, cinco coeficientes estequiométricos e quatorze parâmetros cinéticos que demonstram a remoção de matéria carbonácea, nitrificação e desnitrificação (AMARAL, 2014).

O modelo ASM1 interage com o processo hidrólise para uma melhor desenvoltura do modelo durante a remoção de matéria orgânica e evolução do lodo. Para o desenvolvimento do modelo conta-se com variáveis relevantes, o modelo não incorpora a remoção de fósforo apenas de carbono e nitrogênio (COSTA, 2009).

A decomposição dos compostos de carbono foi dividida em primeiro instante em DQO Biodegradável e DQO não biodegradável e biomassa demonstrados na (Figura 1) (ALCANTARA, 2012). A DQO biodegradável é metabolizada pelos microorganismos, porém a não biodegradável não é utilizada pelos microorganismos em sua metabolização (CAMPOS, 2014).

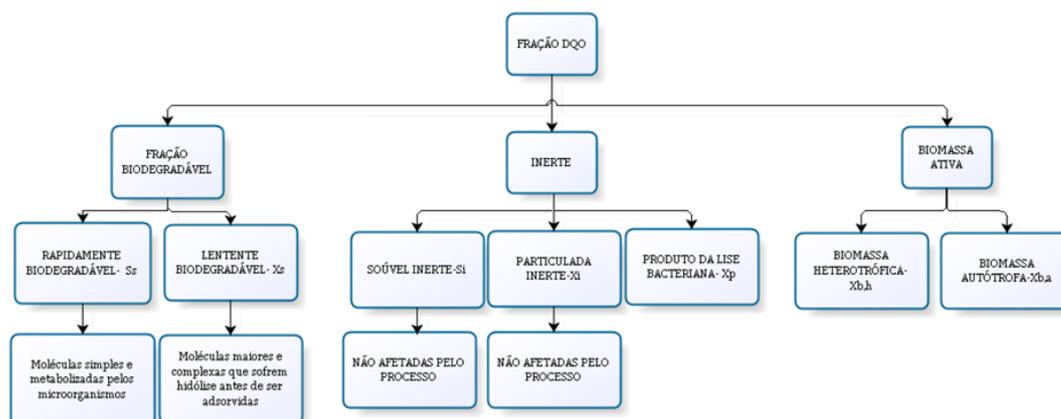


Figura 1- Decomposição da DQO em variáveis do modelo ASM1 Fonte: Adaptado de Alcantara et al. (2012).

A fração rapidamente biodegradável (Ss) possui em sua conformação moléculas mais simples e podem assim penetrar rapidamente na membrana celular e serem sintetizadas pelos microrganismos, no caso da lentamente biodegradável são moléculas em sua conformação maiores e complexas na qual são adsorvidas e necessitam de quebra enzimática antes de serem metabolizadas (COSTA, 2009). O modelo ASM1 convencional possui variáveis incorporadas para sua descrição, como crescimento aeróbio de biomassa heterotrófica representada pela sigla $X_{B,H}$.

A Ss é responsável pelo crescimento da biomassa heterotrófica, onde se descreve o crescimento através do modelo de Monod representado pela equação

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S}{K_S + S} \quad \text{onde:} \quad \mu =$$

Taxa de crescimento específico de microorganismo nitrificante

μ_{max} = Taxa máxima de crescimento específico de microorganismos

S = Concentração de amônia

K_S = Coeficiente de meia saturação ou meia velocidade

A amônia é usada como fonte de nitrogênio para síntese e incorporada no interior da célula, a fração biodegradável e oxigênio dissolvido (OD) são fatores limitantes para o crescimento celular (COSTA, 2009).

O crescimento aeróbio da biomassa autotrófica representada pela sigla X_{B,A} (nitrificação), consiste na oxidação da amônia em nitrito, quando a população nitrificante está bem estabelecida ocorre a oxidação de nitrito em nitrato, assim ocorre o consumo de oxigênio dissolvido (BUENO, 2011).

A utilização de amônia e a concentração residual é influenciada pelos parâmetros de nitrificação, a fim de provocar a diminuição da influência de μ_A (Taxa máxima de crescimento específico da biomassa autotrófica), b_A (Taxa de decaimento da biomassa autotrófica), K_{NH} (Coeficiente de saturação de amônia para microrganismos autotróficos), K_{O,A} (Coeficiente de saturação de oxigênio de microrganismos autotróficos) e Y_A (Rendimento heterotrófico) (FANU, et al, 2010). Decaimento da biomassa heterotrófica (X_p), processo de primeira ordem responsável pelas conversão da biomassa em matéria orgânica lentamente biodegradável em nitrogênio orgânico particulado em produtos particulados (LARA, 2005).

A amonificação de nitrogênio de orgânico refere-se ao modelo responsável pelo processo conversão nitrogênio solúvel em nitrogênio amoniacal (S_{ND}) (DEBIASI, 2012)

O processo cinético de desnitrificação em Lodos Ativados usa o nitrato resultante da redução biológica como acceptor de elétrons, transformando-o em N₂ gasoso (KOSER, 2012).

Os microrganismos desnitrificantes presentes na massa heterotrófica utilizam oxigênio ou nitrato com acceptor final de elétrons (KOSER, 2012).

A desnitrificação ocorre em ambiente anóxico (ausência de oxigênio e sobre a matéria orgânica e nitrato) (BARBOSA, 2009). A remoção de nitrato é influenciada pela quantidade de substrato rapidamente e lentamente biodegradável X_s e S_s e o rendimento heterotrófico (Y_H) (BARBOSA,2009).

O tempo de retenção do lodo é um fator influenciável nos parâmetros cinéticos, pois quanto maior o tempo de retenção de lodo maior será a taxa de desnitrificação (FANU, 2010).

ASM2- Activated Sludge Model Nº 2

O modelo convencional é encarregado de incorporar os organismos responsáveis pela degradação biológica de fósforo por meio das reações aeróbicas, anóxicas envolvidas no sistema (AMARAL,2014).

Estes microrganismos armazenam fósforo por meio de uma estrutura celular interna, onde as substâncias orgânicas presentes ficam conservadas no interior das células pela concentração de fósforo acumulado na biomassa (CARMO, 2013).

A representação da concentração de fósforo acumulado na biomassa é representada pela componente X_{PHA} e esta variável se acumula e armazenada em condições anaeróbicas, proporcionando o crescimento celular em condições aeróbicas (CARMO, 2013). Para remoção química de fósforo através da via de precipitação, é descrita no modelo possuindo 11 estruturas internas a nível celular e a matriz matemática incorpora 19 componentes e 19 processos biológicos (AMARAL, 2014).

Para o modelo ASM2d, evolução do modelo ASM2 pela adição do processo de desnitrificação, este processo na modelagem da biomassa heterotrófica está envolvida com o acúmulo de material da estrutura interna das células, esta ocorrência é devido ao acúmulo biológico de fósforo, o qual microrganismos são responsáveis (CARMO, 2013).

ASM3- Activated Sludge Model Nº 3

Modelo responsável pela remoção de fósforo, remoção ocorre por microrganismos que acumulam fósforo. O modelo proporciona algumas correções de problemas e limitações originadas pelo modelo ASM1 (AMARAL, 2014).

O Modelo ASM3 descreve algumas particularidades do modelo ASM1, na qual foi o modelo de origem, as particularidades são: remoção biológica de nitrogênio, nitrificação, desnitrificação e consumo de oxigênio (FERREIRA, 2002).

Diferentemente o ASM3 apresenta uma descrição de polímeros na conversão da matéria orgânica nos processos heterotróficos de Lodos Ativados. Outra particularidade do modelo é o armazenamento de substrato rapidamente biodegradável, S_s , como material celular, X_{STO} . A variável X_{STO} responsável pela concentração de matéria orgânica armazenada na biomassa (CARMO, 2013).

Processo de calibração MBR no processo de lodo ativado

Quando o processo de calibração de MBR interage com o modelo convencional, deve-se levar em consideração alguns parâmetros que podem influenciar na desenvoltura do processo, como tempo de retenção do lodo (TRL), produto solúvel, substâncias poliméricas extracelulares (FANU et al., 2010). Idade do Lodo (θ_c), sólido suspenso inorgânico (SSi) e sólidos suspensos totais. (FANU et al., 2010).

Em um estudo realizado por Rodriguez et al. (2013), na qual utilizaram os parâmetros para o modelo ASM1 para calibração em água residual municipal-industrial. Avaliaram a caracterização do efluente, sólidos suspensos solúvel, e a vazão de descarte do lodo (Q_{was}). Em seus resultados demonstraram o impacto por meio da calibração de sólidos suspensos solúveis influenciado pela vazão de descarte do lodo, onde obteve o valor de $605 \text{ m}^3/\text{d}$ para $592 \text{ m}^3/\text{d}$, isso significa que houve impacto na idade do lodo, responsável pelo tempo médio que os microrganismos permanecem no processo de tratamento; isso significa que quanto mais se descarta menor é a idade do lodo ou menor é o tempo de residência do Lodo no sistema.

Jiang (2005) avaliou a sensibilidade na modelagem ASM1 convencional químico-biológico com o método físico-químico de um biorreator side-stream (membrana fora do biorreator). Utilizando parâmetros biológico-químico como: b_A (Taxa de decaimento da biomassa autotrófica), coeficiente rendimento heterotrófico (Y_H, Y_A), DQO particulada inerte (X_i), Sólidos suspensos (S_s).

Para os parâmetros físico-químicos avaliou o tempo de retenção hidráulica, tempo de retenção do lodo, idade do lodo, temperatura e sólidos suspensos

solúveis. Em seus resultados utilizando o método físico-biológico e que demonstraram uma boa relação para que sólidos suspensos solúveis no reator, devido à tentativa e erro, diminuiu-se os valores de X_s (DQO particulada biodegradável) de 8-12mg/L para 7mg/l. Para este estudo foram utilizadas 8 horas para o tempo de retenção hidráulica e 20 dias para idade do lodo (JIANG, 2005).

Em comparação ao método físico químico simulado com valor 13245mg/l e o medido 10020mg/l, obteve-se uma grande diminuição de sólido suspensos solúveis. No entanto, o MBR trabalha em condições onde há idade do lodo é maior e o tempo de retenção hidráulica curto (JIANG, 2005).

Janus (2014) realizou um estudo para avaliar o entupimento da membrana (fouling) do biorreator de membrana imersa utilizando o modelo matemático ASM1, aproveitando-se das variáveis centrais do modelo EPS e SMP na filtragem do lodo.

As EPS são substâncias secretadas pelos microrganismos que possibilita a união entre outros microrganismos através de uma matriz gelatinosa e a formação da parede celular. Quando há formação de vários microrganismos através das EPS ocorre à formação dos flocos biológicos e dificultando a filtragem do efluente pelas membranas do MBR (BEZERRA, 2010).

Produtos microbianos solúveis (SMP) são aglomerados orgânicos resultantes do metabolismo do substrato e da morte das células, durante a mineralização do substrato (ZOREL, 2013).

Broeck e colaboradores (2011) e Janus (2014) concordam que a modelagem de EPS e SMP no modelo ASM1 do MBR evita a presença dos flocos e dificultar a filtração do lodo.

Conclusão

O presente estudo é de extrema importância aos parâmetros biológicos de qualidade do efluente, tais como sólidos suspensos solúveis, idade do lodo, EPS, SMP. Assim, torna-se acessível à descrição do modelo certo e interagir com as variáveis do modelo convencional e com biorreator de membrana. Fatores de influência biológicos são diretamente impactantes nos fatores físicos como

retenção hidráulica e vazão de descarte, assim podendo alterar a eficiência da calibração.

Referências Bibliográficas

ALCANTARA, C .V.SOBRINHO, M. A, M, SILVA C,L. *Estudo, Monitoramento e Avaliação de Estações de Tratamento de Efluente Industriais: estudo de caso de Industrias de Polímeros e Cervejeira*. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.

AMARAL, C. *Contribuição para modelagem e simulação do processo de Lodos Ativados em sistemas de tratamento de efluente em simulador baseado em equações*. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos)- Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes.

BARBOSA, A.O. *Modelagem, Simulação e automação de sistemas biológicos de tratamento de esgotos*. Campina Grande: UFCG, 2009.

BEZZERA, L .F. *Avaliação da remoção de matéria orgânica carbonácea e nitrogenada de água residuárias utilizando biorreator de membranas*, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira.

BROECK, V. D R.; KRZEMISKI, P.; DIERDONCK, V.J.; GINS,G.; LOUSADA, F.M.; IMPE,V. J. F. M.; GRAAF,V.D.M.JH.J.; SMETS,Y.I.; LIER, V. J.D. Activated sludge characteristics affecting sludge filterability in municipal and industrial MBRs: unraveling correlations using multi-component regression analysis. *Journal of Membrane Science*, Lovânia; v.378, p. 330-338,2011.

BUENO, R. *Nitrificação e desnitrificação simultânea em reator com biomassa em suspensão com fluxo contínuo de esgoto*. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)- Universidade de São Paulo, São Paulo.

CAMPOS, F. *Influência do rendimento de lixiviado de aterro sanitário sobre o tratamento de esgoto em processo de Lodo Ativado e reator integrado de lodo ativado com biofilme em leito móvel*. 2014. São Paulo.

CARMO, J. M. V. O. *Estratégia de adaptação das ETAR ás alterações climáticas com suporte na simulação dinâmica*. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia do Ambiente)- Universidade de Lisboa, Lisboa.

COHIN.; E, KIPERSTOCK, A.; MEIRELES, A. Avaliação do potencial de Geração de Odor de Efluente de Filas. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 24., 2007, Belo Horizonte: ABES.

COSTA, V. S. L. *Avaliação do efeito tóxico utilizando o método respirométrico em processos de Lodos Ativados*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e Processos Químicos Metalúrgicos)- Politécnica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DEBIASI, R. *Aplicação do Modelo ASM1 em uma Ete de Lodos Ativados*. Florianópolis: UFSC,2012.

FANU, A.; et al. *Activated sludge model (ASM) based modeling of membrane bioreactor (MBR) processes: A critical review with special regard to MBR specificities*. 2010. Trento. Itália.

FERREIRA, E. D. S. *Aplicação da respirometria na caracterização do esgoto afluente a uma ETE por processo de Lodos Ativados*. 2002. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos)- Universidade de Brasília, Brasília.

GAUTO, M.; ROSA, G. *Processos e Operações Unitárias da Indústria Química*. 1.ed. Rio de Janeiro,2011.

GIACOBBO, A. *Biorreator á membrana aplicado ao tratamento de efluente*. 2010. Porto Alegre.

JANUS, T. *Integrated mathematical model of MBR reactor including biopolymer kinetics and membrane fouling*. 2014. Leicester.

JIANG, T.; et al. *Calibrating a side-strem membrane bioreactor using sludge model n^o1*. *Water Science & Technology*, vol. 52, n^o 10-11, 359-367. 2005. Gant, Bélgica.

KOSER, M. *Avaliação do Desempenho do Tratamento de Efluente Sanitário Utilizando Sistemas de Lodos Ativados de Fluxo Contínuo e Aeração Intermitente*. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos)- Universidade da Região de Joinville, Joinville, Santa Catarina.

LARA, J. M V. *Identificação de Modelos para Controle Preditivo: Aplicação a uma Planta de Lodos Ativados*. Campinas: Unicamp,2005.

LIMA,U. A. *Processos Fermentativos e Enzimáticos*. Ed 1, vol. 3 cap 23. 2001

MANAHAN,S. E. *Química Ambiental*. ed. 9.cap 8. pag.237-240. Porto Alegre. 2013.

MELLO, J. M. M. *Modelagem Matemática, Simulação Numérica e Ensaios Experimentais da Biodegradação dos Compostos BTX em Reator com Biofilme*. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Química)- Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina.

METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4.ed. New Delhi: McGraw Hill,2003.1819p.

RIEGER, L, GILLOT, S, LANGERGRABER, G, OHTSUKI, T, SHAW,A, TAKÁCS, I, WINKLER, S. *Guidelines for Using Activated Sludge Models*. 1.ed. 2013. 7p.

SANTOS, L. S. *Avaliação do Desempenho de um Biorreator com Membranas Aeróbias com adição de Carvão Ativado em pó no Tratamento de vinhoto*. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

ZOREL, J. A. *Identificação de Proteínas Microbianas Produzidas Durante a Digestão Anaeróbia de Matéria Orgânica*. Ouro Preto: UFOP, 2013.

Análise da água utilizada para hemodiálise de um Hospital de Araçatuba-SP

Analysis of Water used for Hemodialysis of an Araçatuba's Hospital, Sao Paulo's State

Sabrina de Souza ¹
Renato Canuto Batista de Souza ¹
Rosemeire Conceição Parra Pastor ²
Denise Junqueira Matos ³

RESUMO

A qualidade da água para o processo de hemodiálise é fundamental para a saúde do paciente. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo verificar qualitativamente a água utilizada para hemodiálise de pacientes hospitalizados. A coleta da água baseou-se no RDC nº 33/2008 da ANVISA, sendo realizada antes e depois da Osmose Reversa. Neste trabalho, utilizou-se a metodologia de VOGEL, onde foram coletadas 2 amostras de água. A análise foi realizada a partir de parâmetros físico-químicos, tais como: Cobre, Alumínio, Zinco, Cloramina e Fluoreto, além de pH, turbidez e análise microbiológica, recorrendo às mais variadas fontes de pesquisa através de artigos científicos, livros e internet. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois estão dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

Palavras-Chaves: Hemodiálise; Dialisado; Análise Química; Contaminação.

ABSTRACT

The quality of the water to the hemodialysis process is fundamental to the health of the patient. Thus, this article aims to check qualitatively the water used for hemodialysis in

1, Acadêmicos do Curso de Engenharia de Bioprocessos do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium na cidade de Araçatuba.

2, Química, Bacharelado e Licenciatura. Mestre na Área de Produtos do Meio Ambiente. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, rose_parra@ig.com.br.

3, Bióloga, Mestre em Ciência Animal – UNESP de Araçatuba-SP, docente do curso de Engenharia de Bioprocessos no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba, dejunmatos@hotmail.com.

hospital patients. The collection of water was based on the RDC nº33/2008 ANVISA, being held before and after Reverse Osmosis. In this work we used the VOGEL methodology, where 2 samples of water were collected. The analysis was conducted from physical and chemical parameters, such as Copper, Aluminum, Zinc, Chloramine and Fluoride, as well as pH, turbidity and microbiological analysis, using the most varied sources of research through scientific articles, books and internet. It is therefore based on an exploratory qualitative study and laboratory experiments in order to check that the water is within the standards established for the HD treatment. The results were satisfactory and are within the standards set by the Health Ministry.

Keywords: Hemodialysis, dialysate, analysis, Chemical analysis, contamination

Introdução

A insuficiência renal crônica consiste em perda progressiva e irreversível das funções dos rins, sendo um importante problema de saúde pública (TRETINI et al, 2004). No Brasil, existem cerca de 50.000 pacientes com insuficiência renal crônica, sendo 45.000 dependentes do tratamento de hemodiálise para aliviar os sintomas da diabetes mellitus, hipertensão, glomerulonefrite crônica, obstrução do trato urinário, lesões hereditárias, dentre outras (THOMÉ et al., 1999).

A hemodiálise ou terapia renal substitutiva – TRS - tem a função de remover substâncias tóxicas e o excesso de líquido acumulado no sangue/tecidos por consequência da falência renal, através de uma máquina de diálise ou dialisador. Nesta máquina, o sangue do paciente é bombeado através de membranas semipermeáveis, denominados capilares ou dialisadores, imersos no dialisado, onde ocorre a troca de substâncias e a filtração das substâncias indesejáveis do sangue, com substituição pelos íons presentes na solução como: cálcio, magnésio, sódio e potássio (RAMIREZ, 2009). Essa depuração dura cerca de 4 horas e ocorre numa velocidade de 350 e 400 ml/min (VASCONCELOS, 2012).

Durante o processo dialítico, a presença de compostos orgânicos, como os microrganismos e os inorgânicos, como alumínio, flúor, cloro, pode causar sintomas durante a hemodiálise ou induzir alterações metabólicas importantes no paciente, como anemia, hipertensão, acidose metabólica, fraqueza muscular,

náuseas, vômitos, encefalopatia, dentre outros. Esses componentes podem ser encontrados como resquícios do tratamento municipal de água, como o alumínio que pode ser utilizado no método de floculação na limpeza da água e a cloramina que evita a proliferação bacteriana (VASCONCELOS, 2012).

Assim, a água utilizada para esse tipo de terapia deve apresentar qualidade em obediência ao recomendado pela legislação federal vigente, Portaria n.º 82 do Ministério da Saúde de 03/01/2000 e Resolução da Diretoria Colegiada n.º 154 de 15/06/04 e deve sofrer constante vigilância para manter respeitados os níveis máximos de contaminantes, garantindo a saúde do paciente (BRASIL, 2004).

Neste sentido, o monitoramento correto do sistema de abastecimento da água utilizada pela clínica é fundamental para garantir sua qualidade em todas as etapas, desde o armazenamento até a sua distribuição (RAMIREZ, 2009).

O bom funcionamento e eficiência dos equipamentos de tratamento de água depende da capacidade dos componentes do equipamento, da origem e natureza da água, além de variações climáticas (estação do ano). A água fornecida para o procedimento de hemodiálise passa por Filtros Multi-Media, Filtro Abrandador, Filtro de Carvão Ativado, Deionizadores e Osmose Reversa. Seguem adiante as especificações de cada um desses componentes, bem como suas principais funções.

Filtros Multi-Media: tem como função a remoção das partículas em suspensão, além da proteção das membranas do aparelho de osmose reversa. Dentre os tipos de filtros podemos citar o de areia, que remove partículas entre 25 e 100 μ . A desvantagem associada a esse aparelho consiste na proliferação de algas, que resulta no aumento da pressão interna e, também, na queda do fluxo de água e filtragem (SILVA et al., 1996).

Filtros de Carvão: Tem como função a absorção de cloretos, cloraminas e substâncias orgânicas. Eles são porosos e têm alta afinidade por matéria orgânica, facilitando a contaminação por bactérias quando não mantidos adequadamente. Para calcular o volume de um tanque de Carvão Ativado deve-se levar em conta o tempo de contato entre o carvão e a substância a ser eliminada. No caso do Cloro, o tempo é de 6 minutos e da Cloramina 10 minutos. Para o cálculo do tempo de Contato (TC) temos a seguinte formula: $TC = V \times 7.48Q$, onde V= volume de carvão em pés cúbicos e Q= fluxo da água em galões/minuto (SILVA et al., 1996).

Abrandadores: Fazem a remoção do cálcio, magnésio e outros cátions polivalentes, além de conservar as membranas do sistema de osmose. Os Abrandadores contêm resinas que trocam Sódio por Cálcio e Magnésio. Se a concentração desses elementos na água a ser tratada for elevada, a quantidade de Sódio liberada pelo aparelho pode ser elevada, levando a riscos de Hipernatremia. Para o cálculo da concentração de sódio temos: $Na \text{ (mEq/L)} = \text{dureza total (CaCO}_3 \text{ mg/L)} / 50$ (SILVA et al., 1996).

Deionizadores: Tem em sua constituição resinas que eliminam praticamente todos sais minerais, incluindo matérias orgânicas e partículas coloidais. As resinas trocadoras de Íons, Catiônicas e Aniônicas, podem ser encontradas em tanques separados ou únicos (leito misto), onde a Resina Catiônica fixa Cátions, liberando Íons H^+ e a Aniônica fixa Ânions fortes e fracos, liberando OH^- . O processo de Deionização possui dois inconvenientes: contaminação bacteriana e contaminação química. Como as resinas, principalmente as Aniônicas, captam materiais orgânicos, o meio está sujeito a proliferação de bactérias, que podem ser evitadas com regenerações frequentes, cloração e mantendo a água em constante movimento. Quanto à contaminação química, ela decorre do fato de que no final do ciclo de utilização as resinas podem liberar os íons que estavam fixos, havendo a necessidade de regeneração das resinas antes de sua saturação total (SILVA et al., 1996).

Osmose Reversa: Trata-se de um fenômeno físico-químico onde duas soluções, com concentrações diferentes, são dispostas em um mesmo recipiente, separadas por membranas semipermeáveis, havendo a passagem do solvente da solução mais diluída para a mais concentrada, até que haja o equilíbrio. Feito isso o nível do lado da solução mais concentrada estará maior que o da solução mais diluída. Para essa diferença entre níveis é atribuído o nome de Pressão Osmótica. A Osmose Reversa é obtida através da aplicação de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução positiva concentrada, portanto, Osmose Reversa trata-se do processo pelo qual a água pura pode ser retirada de uma solução salina por meio de uma membrana semipermeável, contanto que a solução encontre-se a uma pressão maior à Pressão Osmótica relacionada à sua concentração salina. Dentre os tipos de membranas utilizadas temos: acetato de celulose, poliamidas aromáticas e TFC (membranas de camada delgada). Os riscos do tratamento

incluem a rotura e crescimento de bactérias nas membranas, além da deterioração progressiva (SILVA et al., 1996).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2004), existem dois tipos de contaminantes: os químicos e os biológicos. Os contaminantes químicos podem ser analisados segundo a seguinte divisão: tipos de substâncias químicas, sabor, turbidez, cor e odor. Já os contaminantes biológicos podem ser divididos em: bactérias heterotróficas, coliformes, bactérias endotóxicas e cianobactérias.

O controle desses contaminantes deve incluir a desinfecção dos componentes como um todo, ou seja, deve ter rotina de desinfecção nos tanques de água e dialisado da clínica, tubulações e máquinas e deve ser realizado em um só tempo para que se torne eficaz (SILVA et al., 1996). Deve ser lembrado que todos os componentes do sistema podem ser multiplicadores de bactérias e assim fontes de contaminação, logo devem passar pelo mesmo processo de desinfecção já estabelecido. Segundo a OMS, a monitorização da água e do dialisado deve ser realizada mensalmente e imediatamente, em casos de febre ou sepse dos pacientes ou após alguma mudança da rotina deles (OMS, 2004).

Assim, o dialisado (água da máquina), deve ser preparado poucas horas antes do uso e o tanque, ou equipamento, drenado e desinfetado ao final de cada dia de tratamento (SILVA et al., 1996).

O presente trabalho teve por objetivo verificar qualitativamente a água utilizada para a hemodiálise de pacientes de um hospital de Araçatuba-SP, verificando se as normas estabelecidas pela legislação estão sendo cumpridas, contribuindo para maior qualidade do tratamento dos pacientes dialíticos.

Materiais e Métodos

Foram realizadas duas coletas, sendo uma de água bruta (pré-purificação) e uma de água tratada (pós-purificação) de um equipamento de hemodiálise de um hospital de Araçatuba-SP.

Na coleta foram utilizados frascos estéreis e as amostras foram mantidas sob refrigeração até o momento da realização das análises.

Utilizou-se a metodologia descrita por VOGEL (1981), onde a amostra coletada no ponto de pré e pós-purificação foram testadas para presença de substâncias químicas como: Cobre, Alumínio, Zinco, Cloramina e Fluoreto, além de testes para pH, turbidez e presença de bactérias.

Para análise de Cobre, foi colocado 1 ml das amostras (água bruta e água tratada) em três tubos, no qual foi adicionado, em cada um dos seis tubos, 10 gotas de Cloreto de Amônio (NH_4Cl) e em seguida 10 gotas de Ácido Clorídrico (HCl) diluído. As amostras foram homogeneizadas e colocadas sob aquecimento em banho-maria por 5 minutos. Após resfriamento das soluções, foi adicionado 10 gotas de Tioacetamida (TAA) e novamente as soluções foram homogeneizadas e aquecidas em banho-maria. Após 5 minutos, elas foram retiradas do aquecimento e postas a resfriamento até temperatura ambiente.

Para verificar a presença de Alumínio nas amostras (água bruta e tratada), foi colocado 1 ml de cada amostra de água nos três tubos de ensaio, previamente esterilizados. Em seguida, adicionadas 10 gotas de Cloreto de Amônio saturado (NH_4Cl) e 5g de Hidróxido de Amônio (NH_4OH), até o pH tornar-se alcalino ($\text{pH}>7$). Após acertar o pH as (6) amostras foram aquecidas em banho-maria por 5 minutos, resfriadas até temperatura ambiente e centrifugadas a 3000rpm por 10 minutos.

A presença de Zinco foi verificada, adicionado 1 ml de cada uma das duas amostras em três tubos de ensaio. Logo foi adicionado 5 gotas de Hidróxido de Amônio (NH_4OH) para deixar o pH alcalino ($\text{pH}>7$) e 10 gotas de Sulfeto de Amônio (NH_4)₂S. As amostras foram homogeneizadas e aquecidas por 5 minutos em banho-maria, seguida de resfriamento até temperatura ambiente e centrifugação por 10 minutos.

Para detecção de Cloro, foi adicionado 1 ml das amostras em seus respectivos tubos de ensaios e adicionado 10 gotas de Ácido Nítrico 5M (HNO_3) e 10 gotas de Nitrato de Prata (AgNO_3). As amostras foram aquecidas em banho-maria por 5 minutos, resfriadas e centrifugadas por 10 minutos a 3000rpm.

Para análise de Fluoretos foi utilizado o método potenciométrico para determinação de íons seletiva moderna 710A, marca Orion e eletrodo combinado de íon seletivo para fluoretos, modelo 96-09, Orion. Da seguinte forma: Em um béquer de 100 ml foi pipetado 50 ml de cada amostra com uso de uma pipeta

volumétrica e transferido para outro béquer de 100 ml do Tampão TISAB III CDTA. Com a solução de fluoreto de sódio anidro padrão de 0,5 e 5,0 ppm preparados, foi construída a curva de calibração interna do equipamento para leitura em 6 concentração direta, de acordo como o manual do fabricante. Com esse potenciômetro foram feitas as leituras das amostras preparadas.

O pH das amostras foi medido por intermédio de um pHmetro de Bancada Microprocessado, Modelo P1000; Marca: Phx.

A turbidez também foi medida pelo uso de um Turbidímetro (turbidímetro portátil HACH 2100P). Ele foi previamente ligado e calibrado com a solução padrão de acordo com as instruções do fabricante. A turbidez é uma característica que a água apresenta quando se dá a presença de partículas suspensas com tamanhos variados, e devido à presença dessas partículas torna a água aparentemente nebulosa e potencialmente perigosa.

Para à seguinte análise utilizou-se a metodologia descrita por RIBEIRO, (2011),

Foram feitas triplicatas dos meios de cultura Ágar Chocolate, Ágar MacConkey e Ágar Sabouraud e inoculadas as amostras referentes à água bruta e tratada, sendo incubadas na estufa à $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24h.

Resultados e Discussão

Os resultados se mostraram satisfatórios de acordo com as normas preconizadas para o setor pela Vigilância Sanitária e Ministério da Saúde, em contraste dos resultados encontrados por Vasconcelos (2012), que constatou amostras contaminadas para água de hemodiálise usada em clínicas de hemodiálise em Recife.

Substâncias com pequenos pesos moleculares podem ter acesso a corrente sanguínea do paciente dialítico no momento da hemodiálise, podendo acarretar em efeitos adversos ao tratamento, podendo muitas vezes se tornarem letais (RAMIREZ, 2009).

Em meados da década de 70, acreditava-se que a água com padrão de potabilidade poderia ser utilizada nas sessões de hemodiálise sem nenhum

tratamento prévio. Contudo, muitos dos pacientes que realizavam as sessões de hemodiálise relatavam problemas como febre e mau estar após as sessões. Assim, concluíram que a água potável para o consumo humano não poderia ser a mesma a ser utilizada em pessoas submetidas ao tratamento dialítico (SILVA et al., 1996).

Essa água também é inadequada para outros fins relacionados como hemodinâmica, lavagem de cateteres e preparação de dietas enterais, pois ela possui grandes quantidades de elementos químicos dissolvidos e, dependendo de sua origem ou da tubulação percorrida, pode conter também material orgânico, sais minerais, metais pesados, microrganismos e endotoxinas. A água potável só deve ser utilizada para esses fins se sofrer novo tratamento para a retirada dessas possíveis substâncias presentes (PEGORARO, 2005).

A manutenção e o monitoramento constantes das máquinas e da água utilizada para o processo dialítico garantem um padrão de qualidade. Porém, muitas vezes pode ocorrer falha nos padrões de tratamento (BUZZO, 2010). Este monitoramento tem como objetivo avaliar pontos críticos do sistema de abastecimento e tratamento da água, sendo que os resultados permitem comprovar a eficiência do processo de limpeza e tratamento, bem como podem denunciar os pontos de falha do mesmo.

Quando se trata de Alumínio, ao final da centrifugação, constatou-se a ausência de precipitado nas amostras de água bruta e tratada, indicando assim a ausência de Al^{3+} nessas amostras. Ao contrário dos achados de Pinheiro et al. (2014), que encontrou valores com concentração acima do valor máximo permitido pela Portaria 2914/MS. Este fato pode ser explicado pelo tratamento da água. As operações de floculação são realizadas e são utilizados compostos de alumínio (Sulfato de Alumínio) como agente floculante, que é uma substância que, quando acrescentada à água, atrai material particulado inorgânico, bactérias, vírus e outros organismos potencialmente prejudiciais aos humanos, para ajudar na filtração (ABAL – Associação Brasileira de Alumínio).

Além da água, o Alumínio está presente também em alimentos, aditivos de alimentos e muitas fórmulas antiácidas. Estudos apontam possível associação entre o Mal de Alzheimer e o Alumínio na água, como fator de risco ou aceleração da enfermidade. Porém, há controvérsias sobre o assunto. Outros estudos não confirmam essa associação. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC)

classifica o Alumínio como cancerígena para o ser humano, devido a casos de câncer no pulmão e bexiga, em trabalhadores envolvidos no processo da produção deste metal (CETESB, 2012).

Para análise de Cloro as amostras apontaram a ausência de formação de precipitados, constatando ausência de Cl_2 , estando de acordo com (SILVA, A. M. M. *et al.*, 1996). Os valores máximos aceitáveis comumente são 5 mg/L. O Cloro livre e seus derivados (dióxido, hipocloritos, cloramina) são adicionados às águas naturais para eliminar microrganismos e/ou oxidar certos íons indesejáveis, como íon, ferro e manganês e pode ser encontrado na água tratada fornecida pelo sistema de abastecimento da cidade (VASCONCELOS, 2012). Contudo, o problema está na capacidade que o Cloro tem de interagir com elementos orgânicos presentes na água, para criar Trihalometanos (THMs), que quando dentro de um organismo tem a capacidade de encorajar o crescimento de radicais livres destruindo e danificando células vitais. Além do câncer, a exposição a longo tempo ao cloro pode ser ligada a outros problemas de saúde, incluindo asma, eczema, doença cardíaca, e maiores taxas de aborto e defeitos de nascimento (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2015).

No presente trabalho, não houve formação de precipitado ou sobrenadante nas amostras de água bruta e nem de água tratada, indicando a inexistência de Zn^{2+} nas amostras colhidas. O Zinco é fundamental ao organismo, em pequenas quantidades. A deficiência em Zinco pode causar falta de apetite, diminuição do paladar e olfato, doenças imunológicas, cicatrização lenta, retardo no crescimento e dermatite. Porém, a alta concentração num organismo, pode levar ao aparecimento de anemia hemolítica, além de náuseas e vômitos (BUZZO, 2010), danos ao pâncreas e a diminuição do colesterol HDL (CETESB, 2012).

Também não foi notada a formação de precipitado (ou sobrenadante) em nenhuma das amostras (pré-purificada e pós purificada) analisadas para presença Cu. O Cobre está, naturalmente, em águas naturais em pequenas concentrações (BARBOSA, 2009) e também presente na atmosfera por dispersão pelo vento e erupções vulcânicas. Os compostos de Cobre são utilizados na agricultura, no controle de algas durante o tratamento da água e como aditivo em alimentos. Também é um elemento de suma importância para organismos vivos – desde que

em pequenas quantidades. Águas contendo altas concentrações do metal pode produzir náusea, vômito, dor abdominal e diarreia (CETESB, 2012).

Os valores obtidos pelo potenciômetro na determinação de Fluoretos foram de 0,732 mg/L para Água Bruta e 0,066 mg/L para Água Tratada, estando de acordo com (SILVA, A. M. M. *et al*, 1996). Os valores máximos aceitáveis comumente são 0,2 mg/L de Fluoretos definidos como sendo os menores níveis nos quais a toxicidade de contaminante foi documentada para hemodiálise. A Fluoretação de águas para consumo humano tem como finalidade a prevenção de cáries infantis (BARBOSA, 2009), porém a exposição crônica de grandes quantidades de fluoretos pode ocasionar Fluorose óssea, ou seja, acúmulo de fluoretos. Gradualmente e no decorrer dos anos, ela causa o aumento da densidade óssea, calcificação dos tendões e ligamentos e deformidades ósseas (CETESB, 2012).

Os resultados de turbidez para Água Bruta foi de 0,69 UT e Água Tratada 1,40 UT. De acordo com a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, o valor máximo de Turbidez para água de abastecimento é de 5 UT. A análise da Turbidez pode atuar como um preventivo contra microrganismos causadores de doença, quando de acordo com as normas, ou seja, menor que uma unidade, evitando o uso desnecessário de desinfetantes nas máquinas e na água (SILVA, 1996).

Os valores de pH encontrados foram: Água Bruta: 7,93 e Água Tratada: 7,51 acordando com a Portaria 2914 do Ministério da Saúde, que estabelece o valor de pH recomendado para água fornecida pela rede pública de abastecimento está na faixa entre 6,0 a 9,5. O pH é uma das análises mais importantes a ser realizada, pois sua alteração pode ocasionar o crescimento bacteriano, além de acidose metabólica nos pacientes (VASCONCELOS, 2012).

Não houve formação de colônias em nenhuma das placas de Petri analisadas, tanto para pré-purificação quanto para pós-purificação. Os principais contaminantes dos fluídos de diálise são bactérias gram-negativas (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Xantomonas* e *Serratia*) e microbactérias não tuberculosas (*Mycobacterium abscessos*, *Mycobacterium fortuitum*, *Mycobacterium gordonae*, *Mycobacterium scrofulacem*). A contagem microbiológica (ufc – unidade formadora de colônia/ml) para água para preparo

do dialisato deve ser < 200, enquanto para o dialisato não deve ultrapassar 2000 ufc (< 2000) (SILVA, A. M. M. *et al.*, 1996)

De acordo com a portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, os valores máximos permitidos (VMP) para cada tipo de elemento constam na tabela a seguir:

Tabela 1 – Dados de confirmação dos parâmetros das análises químicas e microbiológicas da água de hemodiálise (HD).

Variável	VMP	Resultados
Cobre (Cu)	2 mg/L	Ausência
Alumínio (Al)	0,2 mg/L	Ausência
Zinco (Zn)	5 mg/L	Ausência
Flúor (F)	1,5 mg/L	0,732mg/L ¹ 0,066mg/L ²
Cloro (Cl)	5 mg/L	Ausência
pH	6,0 – 9,5	7,93 ¹ – 7,51 ²
Turbidez	5 UT	0,69 ¹ – 1,40 ²
Microrganismos	< 200 ufc ³	Ausência

Fonte: Dados ¹água bruta; ²água tratada, ³unidade formadora de colônia, 2015.

Conclusão

Embora os resultados encontrados sejam negativos e estejam dentro dos padrões de qualidade previstos para o processo de hemodiálise em todas as análises, não podemos afirmar que isso representa a total excelência do controle de qualidade.

É importante o controle frequente e rigoroso nos teores dos metais, assim como, um controle biológico, de turbidez e pH adequados nas águas usadas no tratamento dialítico.

Para análise dos contaminantes para hemodiálise devem-se escolher laboratórios que apresentem boa qualificação técnica e tenham rotina específica para análise de água para hemodiálise. Essas análises devem ser efetuadas periodicamente, evitando assim possíveis riscos à saúde dos indivíduos que necessitam de diálise para substituição das funções renais.

Referências bibliográficas

ANVISA. *Resolução da Diretoria Colegiada – RDC Nº33*, de 3 de Junho de 2008. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação dos Sistemas de Tratamento e Distribuição de Água para Hemodiálise no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.

ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). *O Alumínio no tratamento da água*. 2011.

BARBOSA. Aurélio de Melo. *Análise química multi-elementar de amostras de água tratada e aspectos de saúde pública de municípios da mesorregião sul de Goiás/ Aurélio de Melo Barbosa*. -2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. *Resolução-RDC nº 154*, de 15 de Junho de 2004. Estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento dos serviços de diálise.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC Nº 33*, de 3 de junho de 2008. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação dos Sistemas de Tratamento e Distribuição de Água para Hemodiálise no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria Nº2914*, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BLAND, L.A.; FAVERO, M.S.; DANIELSON, J.W. *Effect of chemical germicides on the integrity of hemodialyzer membranes*. ASAIO. 34:172-175.1988.

CETESB. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. *Ficha de informação toxicológica: Alumínio*. (Janeiro de 2012).

CETESB. Divisão de Toxicologia, Genotoxicologia e Microbiologia Ambiental. *Ficha de informação toxicológica: Cloro*. (Janeiro de 2012).

CETESB. Divisão de Toxicologia, Genotoxicologia e Microbiologia Ambiental. *Ficha de informação toxicológica: Zinco*. (Janeiro de 2012).

OMS. Organização Mundial da Saúde, *Portaria Ministério da Saúde 518*, de 25/03/2004.

PEGORARO, L. A. *Validação de metodologia analítica aplicada ao controle da qualidade de água para hemodiálise para fins de credenciamento junto ao Inmetro*. Projeto Hemotec II. Curitiba: Tecpar; Finep, 2005.

SCURACCHIO, P. A. *Qualidade da água utilizada para consumo em escolas do município de São Carlos-SP*. Araraquara-SP, 2010.

RAMIREZ, S. S. *Água pra hemodiálise no estado do Rio de Janeiro: Uma avaliação dos dados gerados pelo programa de monitoramento da qualidade nos anos de 2006-2007*. Rio de Janeiro: INCQS/FIOCRUZ, Xv, 38p.,Il.,tab. 2009.

RIBEIRO, M. C.; Stelato, M. M. *Microbiologia prática: aplicações de aprendizagem de microbiologia básica - bactérias, fungos e vírus*. (2 edição São Paulo) Ed: Atheneu 2011.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. *Cloro é a melhor opção para água potável*; Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/sera_que_o_cloro_e_a_melhor_opcao_para_purificar_agua_potavel_.html> Acesso em 29/11/2015.

SILVA, A. M. M. *et al*. Revisão/atualização em diálise: água para hemodiálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, v. 18, n. 2, p. 180-188, 1996.

SILVA, A. N. M; MARTINS, C. T. B; FERRABOLI, R; JORGETTI, V; ROMÃO Jr, J. E. Revisão/ Atualização em Diálise: Água para hemodiálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, São Paulo, v. 18, n.2, 1996. p. 180-188.

THOMÉ, F. S; KAROL, C; GONÇALVES, L. F. S; MANFRO, R. C. Métodos dialíticos. In: Barros E; Manfro, R. C, Thomé, F. S; Gonçalves, L. F. S. *Nefrologia: rotinas, diagnóstico e tratamento*. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas; p. 272-8. 1999.

TRETINI, M. *et al*. *Qualidade de vida de pessoas dependentes de hemodiálise considerando alguns aspectos físicos, sociais e emocionais*. Texto e contexto Enfermagem, Florianópolis-SC. Jan./mar.vol.13, nº 001. p. 72-82.

VASCONCELOS, P. D. S. de. *Monitoramento da água de diálise: Um estudo de caso em uma clínica do município de Recife/ Patrícia Daniele Silva de Vasconcelos.* — Recife: P. D. S. de Vasconcelos, 2012.

VOGEL, Arthur. *Química analítica qualitativa.* 5. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.