

## SUMÁRIO

Estudo do uso de factices em *hot melt* OS

Comparativo entre processos de fundição em areia e por centrifugação para válvulas esfera API 6d

Eletrodos obtidos a partir da metalurgia do pó

Simulação de um servomotor com núcleo na forma de bloco maciço construído por metalurgia do pó

Desenvolvimento de um estator-protótipo segmentado obtido por metalurgia do pó

Avaliação da transferência de calor da base de injetor de adesivo de uma máquina de montagem de calçados

Avaliação de derivados das partes aéreas de acácia negra na cosmecêutica capilar

Características e avaliação da ativação de carvão de Acácia Negra

## Estudo do uso de factices em *hot melt PSA*

Juliana Sperb – Feevale <sup>1</sup>

Vanusca Dalosto Jahno – Feevale <sup>2</sup>

Palavras-chave: Adesivo. *Hot melt PSA*. *Factis*. Fonte renovável.

### 1. INTRODUÇÃO

Nas indústrias que utilizam processos de colagem é cada vez mais frequente o uso da tecnologia de adesivos termofusíveis, também denominados adesivos *hot melt (HMA)*. De uma forma geral estes adesivos se apresentam na forma sólida e são aquecidos no momento uso para que se tornem líquidos e possam ser aplicados sobre as peças que se deseja colar. Os adesivos *hot melt* que apresentam *tack* permanente são denominados *hot melt pressure sensitive adhesive (HMPSA)*, ou seja, adesivos sensíveis a pressão.

O objetivo deste presente trabalho é avaliar o material *Factis P-20R*, em duas diferentes proporções (uma parte e três partes de *factis* sobre 100 partes da formulação padrão) em uma fórmula de *hot melt PSA*, atualmente já comercializada para indústrias de colchões, verificando a viabilidade de uso através da manutenção das propriedades físicas e de colagem.

### 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1. Adesivos *Hot Melt PSA*

Adesivos sensíveis à pressão, *pressure sensitive adhesives (PSA)*, de acordo com o *Pressure Sensitive Tape Council (PSTC)* são uma categoria distinta de adesivos que apresentam na sua forma seca (filme livre de solvente ou água) forte e permanente *tack* a temperatura ambiente e que adere a diferentes tipos de superfície com o mero contato promovido pela simples pressão de um dedo ou mão. Diferenciam-se dos adesivos de contato, pois podem ser usados sendo aplicados em apenas um dos substratos, nos dois substratos ou ainda em um suporte, com é o caso de fitas adesivas (PETRIE,2007). Originalmente estes adesivos eram fabricados em solução, através do uso de

<sup>1</sup> Bacharel em Química / ULBRA (2005/2). Aluna do Mestrado em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade Feevale

<sup>2</sup> Doutora em Medicina e Ciências da Saúde / PUCRS (2009). Pesquisadora e Professora na Feevale. Atua no Mestrado em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e no Mestrado em Qualidade Ambiental.

solventes. Nos anos 70, em função do aumento do custo dos solventes e do início das restrições regulatórias, relacionadas ao uso de solventes, a indústria migrou para *PSAs* base água (emulsão) e para 100% sólidos, denominados *Hot melt PSA (HMPSA)* (SKEIST, 1989).

Os *HMPSAs* apresentam um amplo mercado de aplicação como em fitas adesivas (para fechamento de embalagens, curativos, materiais de escritório) (SKEIST, 1989), no mercado calçadista (colagem de palmilhas, dublagem de forros) (COELHO, 200-0) e no mercado de estofados e colchões (para colagem de espumas).

Os factices são produtos da vulcanização de óleos vegetais insaturados, virgens ou provenientes de frituras, especialmente tratados, que podem ser usados em formulações de borrachas, numa ampla gama de artefatos, tais como: borrachas de apagar, fios, cabos, mangueiras, luvas, guarnições, vedações, etc (PROGOMME 20--; SCHMITT et al, 2006).

### 3. METODOLOGIA

A parte experimental deste trabalho consistiu na preparação das amostras e a caracterização destas através de suas propriedades físicas, determinadas através de ponto de amolecimento e viscosidade Brookfield, e suas propriedades relativas à colagem caracterizadas por: *Loop Tack*, *Peel Test 180°*, *Holding Power* e *Shear Adhesive Failure Test (SAFT)*.

O Factis P-20R, fornecido pela empresa Progomme, trata-se de um pó moído, na cor ocre, que possui teor de extrato cetônico de 24% +/- 4, teor de cinzas < 3% e teor de enxofre livre de 1,5% +/- 0,5. Já as matérias-primas da formulação padrão de *HMPSA* tratam-se de 2 tipos de borrachas termoplásticas do tipo SIS, resina de breu WW, resina terpeno-fenólica, óleo mineral naftênico, antioxidante primário fenólico e antioxidante secundário a base de fosfito, comumente usados em formulações deste tipo de adesivo.

Para a preparação das formulações, foram pesados, em recipientes metálicos de aproximadamente 200 mL, o óleo mineral naftênico, mistura de antioxidantes (primário e secundário) e a quantidade do factis em avaliação (1 e 3 partes), menos para a preparação do padrão (branco). Esta mistura foi aquecida em banho de aquecimento referência Oxy 213-1, entre 150 – 170° C, por 10 minutos. Após este período, foi adicionada a blenda de dois tipos de SIS e aguardou-se 30 minutos até completa homogeneização. Ao final, adicionou-se lentamente a de resina de breu e a resina terpeno-fenólica até completa homogeneização. A adição lenta das resinas é importante

para que não ocorra uma queda brusca de viscosidade do adesivo.

Os experimentos foram preparados em duas vias para dispor de quantidade de material suficiente para a realização dos testes. As duas vias foram avaliadas por ponto de amolecimento e viscosidade Brookfield como forma de verificar a reprodutibilidade.

#### 4. ANÁLISE

Todos os experimentos apresentaram resultados de viscosidade Brookfield e de ponto de amolecimento dentro da faixa de especificação do produto atual (Quadro 1), porém as amostras contendo Factis P-20R apresentaram alteração de odor e coloração, o que impedem seu uso na indústria de colchões.

Os resultados de avaliação das propriedades de colagem foram avaliados por ANOVA com nível de confiança de 95% e posterior aplicação de *post hoc*, com método de Tukey, para verificar a variação dos valores das amostras contendo Factis em relação a formulação padrão.

Considerando-se que os factices são baseados em óleos vegetais, se esperava que as formulações contendo o mesmo apresentassem queda de força coesiva (redução do Holding Power), aumento de tack e redução de viscosidade, efeitos estes geralmente relacionados com óleos plastificantes, porém os resultados obtidos não comprovaram esta hipótese.

O experimento contendo 1 parte de factis (FAC1) foi o que apresentou menor variação em relação ao padrão apresentando menor tempo no *Holding Power*. O experimento FAC 3 apresentou redução de tack no teste de Loop Tack e aumento de resistência no teste de Holding Power em relação ao padrão. A não variação no teste de SAFT, entre todos os experimentos, provavelmente está relacionada com a não variação do ponto de amolecimento, visto que ambas as avaliações são baseadas no aquecimento do adesivo e submissão do mesmo a um peso constante.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As formulações contendo Factis P-20R apresentaram pequenas variações nas propriedades de colagem em relação ao padrão, porém o forte odor de enxofre e a coloração escura comprometem seu uso em formulações de adesivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO, Luís José. **Adesivos para Calçados: Produtos e Aplicações**. Novo Hamburgo: Assintecal, [200-0]. 83 p.

PETRIE, Edward M. **Handbook of Adhesives and Sealants**. 2. ed. Nova Iorque: McGraw-hill, 2007. 1048 p.

PRESSURE SENSITIVE TAPE COUNCIL - PSTC. **Glossary**. Disponível em: <<http://www.pstc.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3336>>. Acesso em: 28 mar. 2012.

PROGOMME INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **FACTIS: Produtos Vulcanizados de Óleos Vegetais Seleccionados e Especialmente Tratados**. Triunfo, [20--]. 3 p.

SCHMITT, M. A. et al. **Reaproveitamento de óleo/gordura de fritura na fabricação de factis para utilização em indústria de borracha** In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17., 2006, Foz do Iguaçu. **Anais...** [s.l.]: Cbecimat, 2006. p. 9216 - 9227. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-412-023.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2011.

SKEIST, Irving. **Handbook of Adhesives**. 3. ed. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold Co, 1989

## COMPARATIVO ENTRE PROCESSOS DE FUNDIÇÃO EM AREIA E POR CENTRIFUGAÇÃO PARA VÁLVULAS ESFERA API 6D

André Rasador<sup>a</sup>, Douglas Gasparetto<sup>b</sup>, Eduardo Luis Schneider<sup>c</sup>

**Palavras chaves:** Fundição com Molde em Areia, Fundição Centrifuga, Seleção de Processos, Propriedades Mecânicas

### 1. INTRODUÇÃO

Diversas tecnologias e processos são desenvolvidos na indústria, com emprego de materiais que representem menor risco de falha no processo de operação de seus produtos. Desenvolvem-se normas para aperfeiçoamento e intensificação de testes de validação de vida útil do produto acessório válvula industrial como a NBR15827 (1) (2). A cada condição de aplicação atual da válvula esfera industrial faz com que haja o desenvolvimento de componentes e processos alternativos capazes de serem menos suscetíveis a falhas, sendo aplicados testes para eliminar riscos de vazamentos de produtos que são aplicados em áreas críticas, que ao falharem podem causar sérios danos operacionais e ambientais.

Defeitos de sanidade interna podem ser minimizados pela fundição centrifuga, resultando numa probabilidade de incidência menor, de acordo com estudos realizados. Pretende-se estudar o comportamento do material centrifugado ASTM A 216 Gr WCB, verificando as características resultantes deste processo com relação à peça fundida tampa de 6"600#, aplicável a válvula industrial tipo esfera de uso nas indústrias de óleo e gás (3). Pretende-se estudar o comportamento com relação às características de propriedades mecânicas, e de sanidade para verificação de presença de defeitos na superfície e no interior dos materiais no processo de fundição em areia e centrifuga, com os critérios estabelecidos pela norma do produto válvula com a norma ASME 16.34 (4) (5).

### 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo de fundição vem obtendo estudos cada vez mais aprofundados, desenvolvendo-se novas técnicas de avaliação dos produtos fundidos. Os aços podem ser fundidos sob diversos processos, seja fundição em areia, por cera perdida, por fundição centrifuga ou outros processos de fundição. Cada qual possui particularidades com características resultantes projetadas de acordo

<sup>a</sup>Mestrando, Tecnologia de Mat. e Proc. Industriais – FEEVALE – Gerente SGQ – Grupo Micromazza

<sup>b</sup>Mestrando, Eng. PPGE3M - Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS

<sup>c</sup>Prof., Dr., Programa de Pós Graduação – Tecnologia de Mat. e Proc. Industriais -FEEVALE

com as necessidades de cada produto. Este estudo concentrou-se nos processos fundição por centrifugação e fundição em areia.

Os componentes fundidos de aço adquirem características visuais, dimensionais, propriedades mecânicas de microestruturas de acordo com cada processo empregado. Verificam-se por meio de estudos afirmações referentes a propriedades de compactação e mecânicas resultantes do processo de fundição centrífuga, as quais são adquiridas em função de movimentações de rotação axial que proporcionam uma maior compactação do metal fundido após seu resfriamento (6). Há estudos de determinadas ligas tais quais para liga Al-Si e compósitos, com diferenciais de acumulação de partículas sendo capazes de gerar diferenciais para materiais que exigem resistência de dureza superficial mais elevada e resistência a desgaste (7). Comparações para liga Al-Si aplicada a pistões de motor, onde se aumento de força de ruptura, tensão de ruptura e alongamento do material, resistência a fadiga, podendo ser obtidos diferenciais para determinadas características de produto (8).

### **3. METODOLOGIA**

Visando a eliminação de risco de falha no produto válvula esfera, se estabeleceu as características, variáveis de estudo, ensaios e critérios de aceitação para estudar o comportamento dos processos de fundição em areia e fundição por centrifugação. Realizada análise de 16 amostras de cada processo para ensaios mecânicos retiradas ao longo da seção transversal da peça. Ensaios metalográficos de amostra retirada de um dos corpos de prova e mesma seção, sendo ensaios de sanidade realizados na peça em sua forma integral. Ensaios de radiografia e líquido penetrante foram realizados de forma integral na peça .

### **4. ANÁLISE**

A Tabela 01 apresenta os resultados encontrados em ensaios preliminares para realização de comparativo de propriedades mecânicas resultantes dos dois processos estudados.

Tabela 1 – Propriedades mecânicas resultantes dos processos

Composição Química		i	n			i	r	o	u	
Especificado (Máximo)	.30	.60	.00	.04	.045	.50(a)	.50(a)	.20(a)	.20(a)	.03(a)
Encontrado	.21	.37	.71	.02	.01	.05	.49	.01	.01	.02
Propriedades Mecânicas					E(Mpa)	R(Mpa)	Alongamento (%)		Redução de Área %	
Especificado (Mínimo)					50	50-620	24		35	
Fundido por Centrifugação	Média				50,03	55,32	29,41		64,78	
	Desvio Padrão				.36	2,12	1,59		3,37	
	Coeficiente Variação (%)				.67	.18	5,39		5,21	
Fundido em Areia	Média				45,23	38,92	28,03		58,26	
	Desvio Padrão				0,45	5,78	3,53		4,56	
	Coeficiente Variação (%)				1,72	.50	12,59		7,82	
Diferenças da Fund. Centrifuga para Fundição por Centrifugação (Base Média dos Resultados) (%)					.39	.95	4,70		10,07	

Fonte: Relatório de Ensaio de Corrida de Fundição Micromazza

Verifica-se uma redução de área maior para o fundido por centrifugação com resultado 10,86% superior, com demais propriedades mecânicas superiores resultantes com coeficiente de variação considerável para fundido em areia. O desvio Padrão e Coeficiente de Variação do centrifugado estabelecem uma condição mais estável. Ensaios de metalografia realizados em 0,01mm não sendo possível observar indicações significativas. Ensaios de sanidade superficial revelaram defeitos superficiais no fundido em areia com 3 indicações com dimensões entre prof.2,5mm x larg.30mm x comp.14mm e fundido por centrifugação 01 indicação com dimensão prof.3mm x comp. 11mm x larg. 19mm. Para sanidade interna com aplicação de RX não foram verificadas incidências de defeitos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificado que não há para ensaios metalográficos e de sanidade interna diferencial significativo. Constatado defeitos superficiais, considerados normais com relação a área total da peça. As propriedades superiores do fundido por centrifugação de pesquisa de literatura não foram confirmadas para liga ASTM A 216 Grau WCB, havendo porém homogeneidade no resultado dos ensaios mecânicos fundido por centrifugação, consideravelmente superiores a do fundido em areia o que indica menor probabilidade de defeitos de estrutura de material.

Verifica-se necessidade de estudos mais aprofundados para verificar se homogeneidade na estrutura do material fundido por centrifugação pode ser convertida para melhores resultados na vida útil do produto, com indicação de ensaios de fadiga para próximo estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Russo, E, et al.** *A Realidade Virtual na Industria de Exploração e Produção de Petróleo*. São Paulo - SP : Mania de Livro, 2004.
2. **NBR 15827.** *Válvulas industriais para instalações de exploração, produção, refino e transporte de produtos de petróleo - Requisitos de projeto e ensaio de protótipo*. Rio de Janeiro : ABNT, 2011.
3. **ASTM A 216/216M.** *Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High-temperatura service*. Washington : ASTM, 2008.
4. **API 6D** *Specification for Pipeline Valves* Washington API - American Petroleum Institute 2008
5. **ASME 16.34.** *Valves Flanged, and Welding*. New York : ASME, 2009.
6. **Metals - ASM Handbook.** *Metallography and Microstructures. ASM HANDBOOK*. EUA : ASM, 2004. Vol. 9.
7. **T.P.D. Rajan, R.M. Pillai e B.C. Pai.** *Characterization of centrifugal cast functionally graded aluminum-silicon carbide metal matrix composites*. Thiruvananthapuram - India : ScienceDirect, 2010.
8. **G. Chirita, D. Soares e F.S. Silva.** *Advantages of the centrifugal casting technique for the production of structural components with Al-Si alloys*. Guimarães, Portugal : ScienceDirect, 2006. Artigo Científico.

## ELETRODOS OBTIDOS A PARTIR DA METALURGIA DO PÓ

**Franciele Weschenfelder, UFRGS<sup>1</sup>**

**Diogo Kaoru Ito, UFRGS<sup>2</sup>**

**Sérgio Deitos Bittencourt, UFRGS<sup>3</sup>**

**Philippe Pauletti, UFRGS<sup>4</sup>**

**Leandro Pelegrini, UFRGS<sup>5</sup>**

**Moises de Mattos Dias, FEEVALE<sup>6</sup>**

**Lirio Schaeffer, UFRGS<sup>7</sup>**

**Palavras-chave:** Baterias. Eletrodos. Porosidade. Ferro. Níquel

### 1. INTRODUÇÃO

Baterias são conjuntos de pilhas agrupadas em série ou em paralelo, cada pilha é constituída de dois eletrodos e um eletrólito, arrançados de maneira a produzir energia elétrica. Uma importante aplicação, para estes componentes são os sistemas isolados de geração de energia, onde as baterias são uma parte vulnerável do sistema, visto que não são projetadas para este tipo de aplicação. Analisando estes fatores, o objetivo deste trabalho é confeccionar eletrodos a partir da metalurgia do pó, posteriormente modificando materiais e verificando a melhor configuração encontrada para estas aplicações.

### 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A bateria de Edison foi projetada no início dos anos 1900, para ser usada em veículos elétricos, a bateria de Edison saiu da cena na metade da década de 70. Atualmente, apenas um pequeno número de empresas fabricam baterias de níquel-ferro, usadas principalmente para armazenar a eletricidade excedente de painéis solares e turbinas eólicas [1].

<sup>1</sup>Engenheira de energias renováveis. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [franciele.weschenfelder@ufrgs.br](mailto:franciele.weschenfelder@ufrgs.br)

<sup>2</sup>Engenheiro de Materiais. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [diogo.ito@ufrgs.br](mailto:diogo.ito@ufrgs.br)

<sup>3</sup>Mestre em Engenharia de Materiais. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [sergio.bittencourt@ufrgs.br](mailto:sergio.bittencourt@ufrgs.br)

<sup>4</sup>Engenheiro eletricitista. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [philippe.pauletti@ufrgs.br](mailto:philippe.pauletti@ufrgs.br)

<sup>5</sup>Mestre em Engenharia de Materiais. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [leandro.pelegrini@ufrgs.br](mailto:leandro.pelegrini@ufrgs.br)

<sup>6</sup>Prof. Dr. Eng. Depto. Eng. Eletrônica. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Feevale. [moisesdias@feevale.br](mailto:moisesdias@feevale.br)

<sup>7</sup>Prof. Dr. - Ing. Coordenador do Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), Depto. de Metalurgia, PPGEM

Edison criou a bateria de níquel-ferro como uma alternativa barata para a corrosiva bateria de chumbo-ácido. Seu projeto básico consiste em dois eletrodos - um cátodo feito de níquel e um ânodo feito de ferro - mergulhados em uma solução alcalina (hidróxido de potássio). É importante considerar que ambos, níquel e ferro, são elementos abundantes na Terra e relativamente não-tóxicos [1].

A bateria de Edison (Níquel-Ferro) é uma bateria muito forte, que é tolerante ao excesso de carga (sobrecarga, sobredescarga e curto-circuito) e pode ter vida muito longa, mesmo se assim tratada. Ela é frequentemente usada em situações de backup, onde possa ser continuamente carregada e pode durar mais de 40 anos. [2]

### 3. METODOLOGIA

A primeira etapa do trabalho é a modificação do processo de fabricação, utilizando para o mesmo metalurgia do pó, pois com este processo é possível obter um material com porosidade elevada, controlando fatores como pressão de compactação, temperatura e tempo de sinterização, tamanho e forma das partículas do pó, etc [3].

Com um material poroso, a condutividade dos elétrons será maior, logo a eficiência da bateria será melhorada. Um outro aspecto que a ser melhorado por este novo método de fabricação de eletrodos é a diminuição do peso final da bateria, o que seria de suma importância para aplicação desta bateria no carro elétrico, por exemplo.

A matriz utilizada foi a apresentada na Figura 1, contendo uma área superficial de  $24 \text{ mm}^2$ , o objetivo é obter uma espessura mínima para que seja possível a diminuição do peso da bateria, e também, a reação seja facilitada, diminuindo a resistência ao transporte do eletrólito.

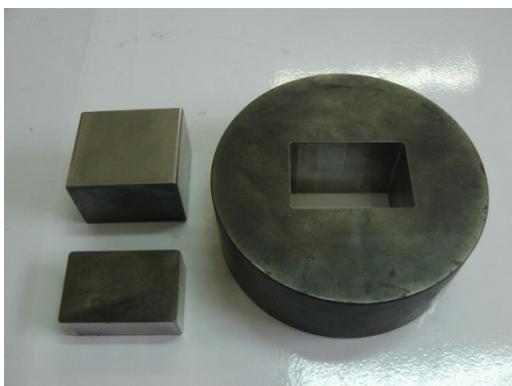


Figura 1 – Matriz utilizada

As peças a serem obtidas terão o formato, visualizado na Figura 2, e passarão por diversos testes eletroquímicos e mecânicos. Após a obtenção das melhores características dos eletrodos tradicionais de Ferro e Níquel, pretende-se obter ligas destes materiais, com o intuito de melhorar as

características desta bateria para aplicação em sistemas isolados de geração de energia e também no carro elétrico.

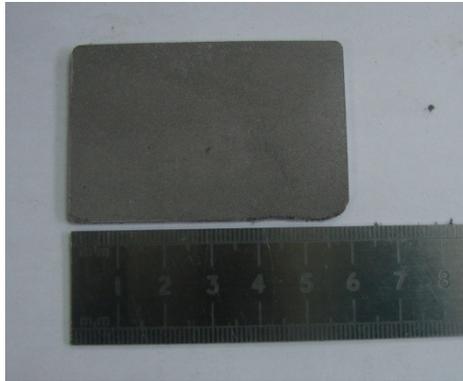


Figura 2 – Peça obtida

#### 4. ANÁLISE

No momento, o trabalho encontra-se em estágio inicial, com baixas pressões de compactação obteve-se peças com uma altura média de 2 mm, sendo objetivo diminuir ainda mais este valor. Observou-se, Figura 3, que com uma pressão de compactação de 100 MPa, a peça ainda não possuía boa resistência.



Figura 3 – Peça com problemas

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de novos materiais para aplicação em baterias se torna imprescindível em uma época de crescimento em pesquisa na área de energias renováveis. Uma composição de material que torne a bateria capaz de resistir a carregamento contínuo, completo descarregamento, etc. tornará o desenvolvimento deste tipo de tecnologia mais acessível.

## Referências

[1] **Bateria de Thomas Edison volta a interessar os cientistas.** Disponível em: [http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news/lqes\\_news\\_cit/lqes\\_news\\_2012/lqes\\_news\\_novidades\\_1646.html](http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2012/lqes_news_novidades_1646.html). Acesso em: 30/07/2012

[2] **Bateria de Níquel Ferro.** HomePage Associação Armazenamento Permanente das Energias Renováveis. Disponível em: <http://www.nickel-iron-battery.com/>. Acesso em: 25/07/2012

[3] CHIAVERINI, V., **Metalurgia do Pó**, 3a ed., São Paulo, ed. ABM, 1992.

[4] GRUPO SETORIAL DE METALURGIA DO PÓ. **A Metalurgia do Pó: alternativa econômica com menor impacto ambiental.** São Paulo: Metallum Eventos Técnicos e Científicos, 2009. 320 p.

## SIMULAÇÃO DE UM SERVOMOTOR COM NÚCLEO NA FORMA DE BLOCO MACIÇO CONSTRUÍDO POR METALURGIA DO PÓ

Sérgio Deitos Bittencourt<sup>1</sup>

Leandro Pelegrini<sup>2</sup>

Diogo Kaoru Ito<sup>3</sup>

Philippe Pauletti<sup>4</sup>

Franciele Weschenfelder<sup>5</sup>

Moises de Mattos Dias<sup>6</sup>

Lirio Schaeffer<sup>7</sup>

### Resumo

Este trabalho tem por objetivo o estudo das propriedades de ligas ferromagnéticas obtidas por Metalurgia do Pó para a construção de núcleos de Máquinas Elétricas Rotativas, usualmente, montados a partir de chapas de aço laminadas. Na caracterização do material foram traçadas curvas de histerese e de magnetização. Nas simulações do servomotor, compararam-se os resultados entre os núcleos de chapas laminadas e dos sinterizados em blocos únicos, com a utilização de software de elementos finitos. Os resultados da liga Fe1%P apresentaram valores próximos de torque e densidade de fluxo em relação aos do núcleo laminado, demonstrando que os materiais estudados podem se constituir em alternativa para a construção de núcleos de Máquinas Elétricas especiais, como servomotores e minimotores.

**Palavras-chave:** Servomotores; Sinterizados; Chapas laminadas; Elementos Finitos.

<sup>1</sup>Mestre em Engenharia de Materiais. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [sergio.bittencourt@ufrgs.br](mailto:sergio.bittencourt@ufrgs.br)

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia de Materiais. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [leandro.pelegrini@ufrgs.br](mailto:leandro.pelegrini@ufrgs.br)

<sup>3</sup>Engenheiro de Materiais. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [diogo.ito@ufrgs.br](mailto:diogo.ito@ufrgs.br)

<sup>4</sup>Engenheiro eletricista. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [philippe.pauletti@ufrgs.br](mailto:philippe.pauletti@ufrgs.br)

<sup>5</sup>Engenheira de energias renováveis. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica - UFRGS. [franciele.weschenfelder@ufrgs.br](mailto:franciele.weschenfelder@ufrgs.br)<sup>6</sup> Prof. Dr. Eng. Depto. Eng. Eletrônica. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Feevale. [moisedias@feevale.br](mailto:moisedias@feevale.br)

<sup>7</sup>Prof. Dr. - Ing. Coordenador do Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), Depto. de Metalurgia, PPGEM - UFRGS. [schaeffer@ufrgs.br](mailto:schaeffer@ufrgs.br)

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, foram confeccionados corpos de prova sinterizados utilizando pó de ferro com diferentes percentuais de fósforo (1, 2 e 3%), com a finalidade de analisar suas propriedades magnéticas. As propriedades de interesse estudadas para aplicação em Núcleos de Máquinas Elétricas foram permeabilidade magnética, indução de saturação, retentividade e coercitividade obtidas a partir das curvas de Histerese e Magnetização. Na sequência do trabalho foi simulado em software de elementos finitos FEMM 4.2. o servomotor SWA-40 da WEG Motores. O corte transversal do núcleo e as propriedades magnéticas dos corpos de prova foram inseridos no software, na forma de bloco maciço. Os resultados da liga Fe1%P apresentaram valores próximos de torque e densidade de fluxo em relação aos núcleos de chapas laminadas, demonstrando que os materiais estudados podem se constituir em alternativa viável para a construção de núcleos de Máquinas Elétricas Rotativas de aplicação especial, como servomotores e minimotores.

## 2 PROPRIEDADES MAGNÉTICAS

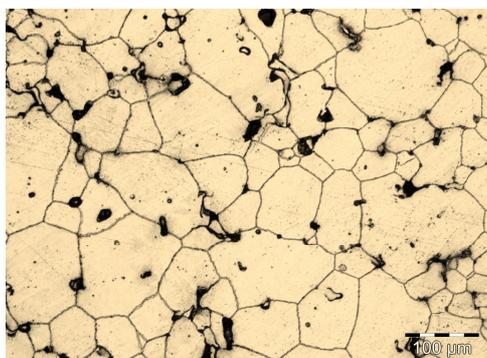
Para obtenção das curvas de histerese e magnetização, foi utilizada a norma ASTM A773/A 773M-01. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos.

**Tabela 1:** Propriedades Magnéticas das ligas estudadas

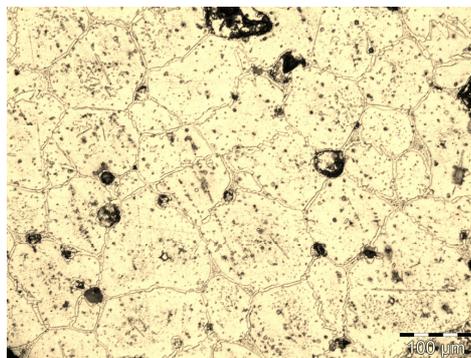
Ligas	Indução de saturação (T)	Magnetismo remanente (T)	Força coercitiva (A/m)	Permeabilidade Magnética Relativa
<b>Ferro Puro</b>	1,19	0,9	448,2	1852,6
<b>Fe1%P</b>	1,25	0,96	215,8	2766,1
<b>Fe2%P</b>	1,36	1	207,9	4198,7
<b>Fe3%P</b>	0,98	0,5	210,7	919,4

## 3 MICROESTRUTURA DOS CORPOS DE PROVA

As Figuras 1 e 2 apresentam o comportamento das microestruturas com a adição de fósforo:



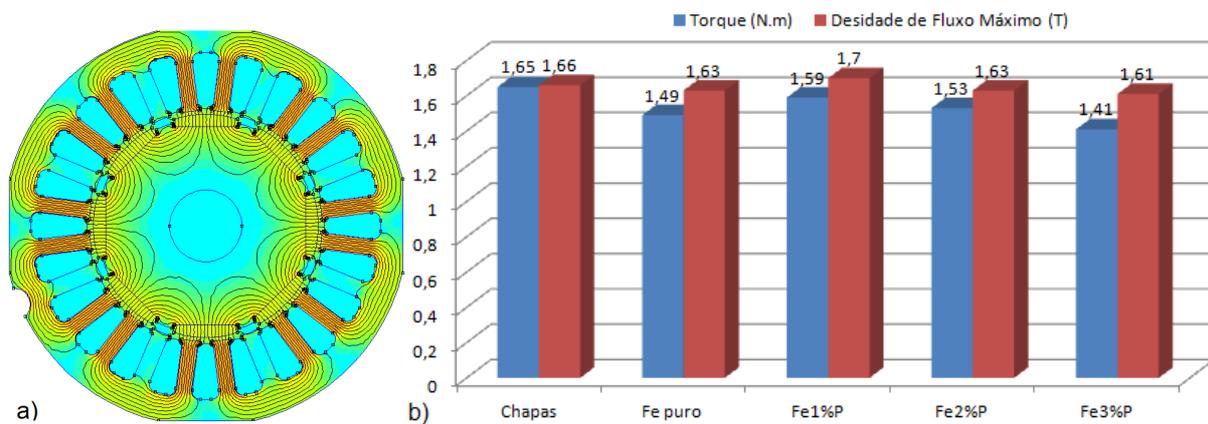
**Figura 1** - Metalografia da liga Fe2%P



**Figura 2** - Metalografia da liga Fe3%P

## 4 SIMULAÇÕES DO SERVOMOTOR

No estator foi utilizada a metodologia de bobinagem em série para um motor de oito polos, sendo 42 espiras com fio AWG 20 por ranhura. A corrente nominal utilizada, conforme dados do motor, foi de 2A. No rotor os ímãs foram dispostos, alternadamente, em relação as suas polaridades [1]. As simulações mostraram, como exemplo, as linhas de campo expostas na Figura 3(a) para o núcleo de Fe1%P sinterizado. Foram obtidos os resultados de torque e os picos da densidade de fluxo magnético no motor [2], conforme apresenta a Figura 3(b).



**Figura 3 - (a) Fluxo magnético com Fe1%P - (b) Comparativo entre as ligas estudadas**

## 5 CONCLUSÃO

Conforme pode ser observado nas microestruturas, o aumento da concentração de P ao Fe proporciona crescimento dos grãos, além dos mesmos se apresentarem mais homogêneos devido à formação de fase líquida transiente. Até a concentração de 2% de P, são observados contornos de grãos finos. Isto acarreta propriedades magnéticas superiores às demais ligas estudadas, pois microestrutura formada por ferrita sem a presença de grãos com contornos grosseiros é a mais indicada para melhores propriedades em materiais ferrosos magnéticos macios. A liga Fe3%P apresentou redução de suas propriedades, devido à formação de contorno de grão grosseiro, pela formação de fase líquida persistente na sinterização.

Nas simulações realizadas estaticamente por elementos finitos no software FEMM 4.2., o torque instantâneo e o fluxo magnético no núcleo de Fe1%P resultaram em valores próximos aos obtidos com as chapas laminadas. O núcleo de Fe1%P apresentou torque instantâneo de 1,59 N.m e fluxo magnético de 1,70 T e o núcleo de chapas de aço laminadas, respectivamente, 1,65 N.m e 1,66 T. Os resultados encontrados no desenvolvimento de materiais magnéticos sinterizados forneceram dados consistentes que indicam a possibilidade de aplicação em núcleos de máquinas elétricas.

## REFERÊNCIAS

- [1] BARBOZA, J. S.; CERVA, L. L.; DIAS, M. M.; LEWIS, J. A.; SCHAEFFER, L. Estudo Comparativo de Ligas Magnéticas Através de Simulação por Elementos Finitos, 18º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2008. 14p.
- [2] MEEKER, D. Finite Element Method Magnetics. User's Manual, v. 4.2, 2010. 158 p.

## DESENVOLVIMENTO DE UM ESTATOR-PROTÓTIPO SEGMENTADO OBTIDO POR METALURGIA DO PÓ

Diogo Kaoru Ito (UFRGS)<sup>1</sup>

Leandro Pelegrini (UFRGS)<sup>2</sup>

Sérgio Deitos Bittencourt (UFRGS)<sup>3</sup>

Philippe Pauletti (UFRGS)<sup>4</sup>

Franciele Weschenfelder (UFRGS)<sup>5</sup>

Moisés de Mattos Dias (FEEVALE)<sup>6</sup>

Lírio Schaeffer (UFRGS)<sup>7</sup>

### Resumo

Atualmente, para a construção dos núcleos (rotores e estatores) são utilizadas pacotes de chapas empilhadas de aço isoladas eletricamente. O processo de obtenção de ligas magnéticas através metalurgia do pó (M/P) é uma alternativa para a produção desses núcleos, principalmente para aplicação em altas frequências. No entanto, nos processos convencionais de compactação e sinterização, o tamanho da peça é um fator limitante, uma vez que as potências requeridas para compactação são proporcionais a sua área transversal.<sup>[1]</sup> Foi desenvolvido um estator conciliando as técnicas de sinterização por fase líquida e o design de peças segmentadas para contornar essa desvantagem.

**Palavras-chave:** Metalurgia do pó; sinterização por fase líquida; estator; peça segmentada.

### 1. INTRODUÇÃO

O pó de Fe utilizado foi o ASC 100.29 fornecido pela Hoganas, assim como o pó de Fe<sub>3</sub>P. Optou-se pelo desenvolvimento do Estator-Protótipo Segmentado utilizando 1% de P (em massa) misturado ao pó de Fe. Após a sinterização, as peças foram usinadas por eletrofió, para se obter as ranhuras e o correto acoplamento entre os encaixes. Peças segmentadas são amplamente utilizadas na construção civil, como por exemplo concretos pré moldados, pavimentação de peças segmentadas, pontes de estruturas segmentadas pré-moldadas. <sup>[2, 3, 4, 5, 6]</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro de materiais, mestrando em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/ UFRGS. [diogo.ito@ufrgs.br](mailto:diogo.ito@ufrgs.br)

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/ UFRGS. [leandro.pelegrini@ufrgs.br](mailto:leandro.pelegrini@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/ UFRGS, Doutorando em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/ UFRGS. [sergio.bittencourt@ufrgs.br](mailto:sergio.bittencourt@ufrgs.br)

<sup>4</sup> Engenheiro eletricista, mestrando em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/ UFRGS. [philippe.pauletti@ufrgs.br](mailto:philippe.pauletti@ufrgs.br)

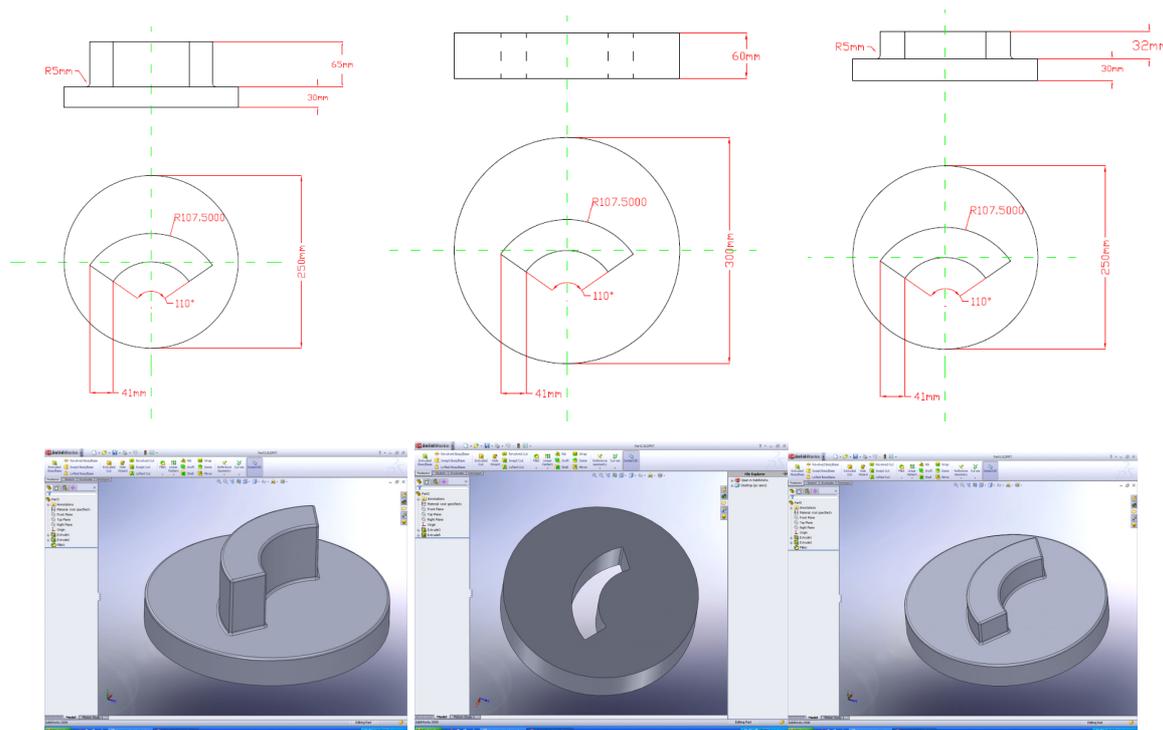
<sup>5</sup> Engenheira de Energias Renováveis e Ambiente, mestranda em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/ UFRGS. [franciele.weschenfelder@ufrgs.br](mailto:franciele.weschenfelder@ufrgs.br)

<sup>6</sup> Prof. Dr. Eng. Depto. Eng. Eletrônica. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Feevale. [moisesdias@feevale.br](mailto:moisesdias@feevale.br)

<sup>7</sup> Prof. Dr. - Ing. Coordenador do Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), Depto. de Metalurgia, PPGEM - UFRGS. [schaeffer@ufrgs.br](mailto:schaeffer@ufrgs.br)

## 2. CONSTRUÇÃO DA MATRIZ E PUNÇÕES

Devido a elevada pressão utilizada na compactação ( $4 \text{ ton/cm}^2$ ), optou-se pela construção do anel do estator em 4 partes. Desta forma, as peças foram projetadas com pouco mais de  $\frac{1}{4}$  do estator. Para construção da matriz e dos punções, para a obtenção das peças segmentadas, foi utilizado os softwares *Solidworks* e *Auto Cad*.



Figuras 1 - Desenho da Matriz e dos Punções.

## 3. OBTENÇÃO DAS PEÇAS SEGMENTADAS

A mistura dos pós foi realizada em um misturador tipo duplo-cone durante 30 minutos a 22 rpm. Como lubrificante sólido foi inserida 0,75% (em massa) de estearato de zinco sobre a mistura total. Para a compactação das peças segmentadas foi utilizada uma prensa hidráulica manual. Posteriormente sinterizou-se as peças em atmosfera de Argônio, com uma taxa de aquecimento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ . e patamar  $1150^\circ\text{C}$  (por 1 hora), temperatura na qual há a formação de fase líquida. A fase líquida é formada pela reação eutética do ferro com o  $\text{Fe}_3\text{P}$  durante o processo de sinterização a temperaturas superiores a  $1050^\circ\text{C}$  com atmosfera não oxidante, proporcionando desse modo, uma melhor distribuição do elemento de liga no ferro além do aumento de densidade, que podem ser lenta ou difícil de ocorrer no Fe-alfa, quando não há a presença de fase líquida.<sup>[7]</sup>



Figura 2 – Compactação; Peça a Verde; Peça Sinterizada respectivamente.

#### 4. USINAGEM POR ELETROFIO E MONTEGEM DOS SEGMENTOS

Para o desenvolvimento das ranhuras e dos encaixes de acoplamento, utilizou-se inicialmente o software *Solidworks* e posteriormente usinados pelo processo de eletrofilio para a obtenção final das partes segmentadas.

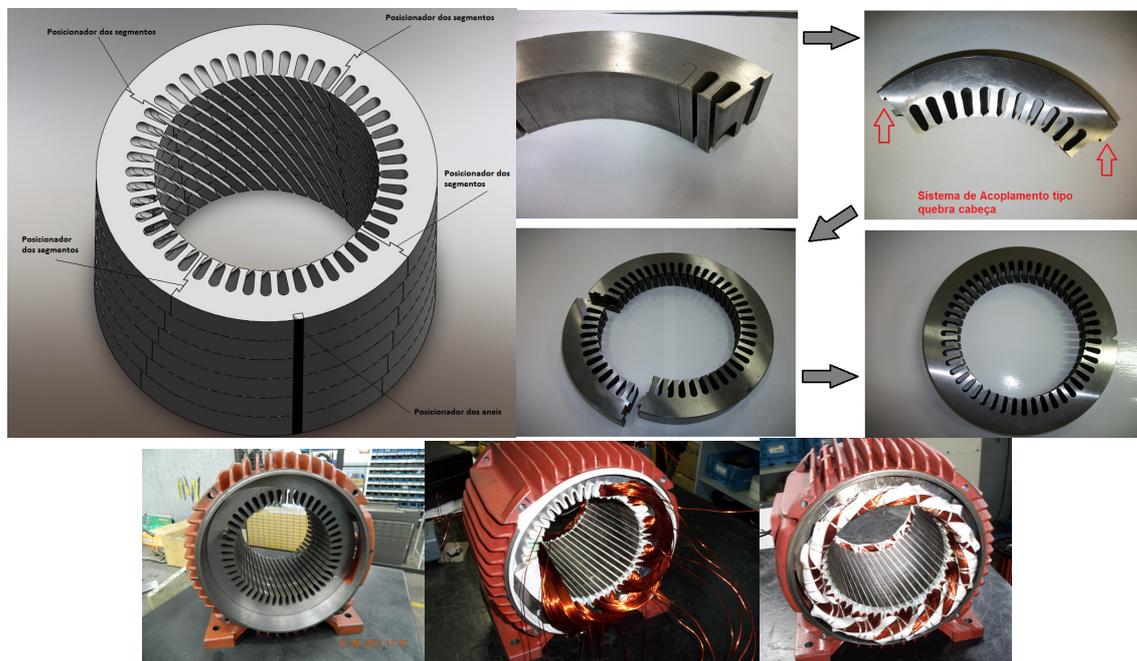


Figura 3 – Desenho do estator; usinagem e montagem do estator segmentado.

#### 5. CONCLUSÃO

Peças segmentadas são amplamente utilizadas o setor de construção civil. Com a utilização de algumas técnicas como sinterização por fase líquida, juntamente com técnicas de design e construção de peças segmentadas, o tamanho das peças obtidas por M/P podem ser contornados. Dessa maneira, peças de grandes dimensões podem ser produzidas por M/P utilizando algumas técnicas de engenharia e dessa maneira diversificar suas aplicações. Porém, no setor metal-mecânica, essas peças devem aplicadas como componentes estáticos e que os esforços não sejam intensos ou drásticos.

## REFERÊNCIAS

- [1] - CHIAVERINI, V., **Metalurgia do Pó**, 3a ed., São Paulo, ed. ABM, 1992.
- [2] – MULLER, R. M., **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**; Dissertação de Mestrado; Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2005.
- [3] - NUNES, L. A., **Piso Ecológico em Pavimentos Urbanos: Proposta de Processo e Produto**; Dissertação de Mestrado; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ; 2009.
- [4] – GODINHO, D. P., **Pavimento Intertravado: Uma Reflexão Sob a Ótica da Durabilidade e Sustentabilidade**; Dissertação de Mestrado UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS; 2009.
- [5] - JUNIOR, I. J. A., **Pavimento Intertravado Como Ferramenta de Moderação do Tráfego nos Centros Comerciais de Travessias Urbanas - Estudo de Caso Guaiúba, CE**; Dissertação de Mestrado UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ; 2007.
- [6] – ROSEBLUM, A., **Pontes em estruturas segmentadas pré-moldadas protendidas: análise e contribuições ao gerenciamento do processo construtivo**; Dissertação de Mestrado Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2009.
- [7] - NEERAV VERMA; DR. A. UPADHYAYA, **Effect of Phosphorus addition as sintering activator in Sinter-Hardened alloy steels**; Department of Materials and Metallurgical Engg, Indian Institute of Technology, 13 Abril 2007.

# **AVALIAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR DA BASE DE INJETOR DE ADESIVO DE UMA MÁQUINA DE MONTAGEM DE CALÇADOS**

Pier Alfredo Scheffel, FEEVALE.

Fernando Konarzewski Dientsmann, FEEVALE.

Angela Beatrice Dewes Moura, FEEVALE.

## **PALAVRAS CHAVES**

Transferência de calor. Avaliação de processo. Simulação. Termografia.

## **INTRODUÇÃO**

A indústria calçadista brasileira vem enfrentando nos últimos anos novos desafios para manter-se competitiva no mercado mundial. Dentre eles pode-se citar o representado pela troca de um modelo de produção em larga escala pela produção baseada em lotes menores, com uma maior variedade de modelos e linhas (FENSTERSEIFER, 1995, apud BORBA; SCHNORR, 2006). Em vista desta situação, o segmento calçadista brasileiro passou a produzir calçados com maior valor agregado, competindo em mercados que não eram tão privilegiados pelo modelo produtivo anterior (HENRIQUES, 1999).

A indústria calçadista além de produzir calçados com maior valor agregado também começou a investir em uma melhora produtiva dos seus processos, visando com isso eliminar os desperdícios. Para alcançar êxito, nesta preposição, foi necessário delimitar objetivos com os fornecedores de máquinas e equipamentos, quanto a eficiência energética dos mesmos.

Dentro deste contexto a Indústria de Máquinas ERPS Ltda. para manter-se competitiva no mercado, iniciou estudos em suas máquinas para identificar os principais pontos de consumo de energia elétrica, e se é possível melhorar o desempenho dos mesmos. Uma das máquinas produzidas é a de montar bicos, e ela utiliza aquecimento elétrico em alguns dos seus componentes. Dentre os componentes tem-se o conjunto do injetor de adesivo termoplástico, que é responsável pelo aquecimento e posterior aplicação do adesivo termoplástico na palmilha do calçado, que é um dos processos realizado pela máquina de montar bicos na montagem da parte frontal do calçado.

Com base no exposto anteriormente, este trabalho trata do estudo térmico do conjunto do injetor de adesivo, e tem os seguintes objetivos:

Pier Alfredo Scheffel, Acadêmico do Mestrado Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade FEEVALE.

Prof. Dra. Angela Beatrice Dewes Moura, orientadora e coordenadora do curso de Engenharia Mecânica da Universidade FEEVALE

## OBJETIVO GERAL

Conhecer o comportamento térmico do conjunto do injetor de adesivo termoplástico, visando possíveis melhorias energéticas e aumento na competitividade destas máquinas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar um experimento com termopares na base de aquecimento do conjunto, com e sem injetor de adesivo termoplástico, para com isso obter-se um banco de dados destas informações. Realizar simulações numéricas na base de aquecimento do conjunto, com e sem injetor de adesivo termoplástico, para comparar com a análise experimental. Realizar imagens termográficas na base de aquecimento do conjunto, com e sem injetor de adesivo termoplástico, para visualizar os efeitos da transferência de calor.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A transferência de calor é fundamental para todos os ramos da engenharia. Assim como o engenheiro mecânico enfrenta problemas de refrigeração de motores, de ventilação, ar condicionado, etc., o engenheiro metalúrgico não pode dispensar a transferência de calor nos problemas relacionados aos processos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos, ou no projeto de fornos, regeneradores, conversores, etc (BEJAN, 2004).

Na indústria a otimização da transferência de calor ganha cada vez mais importância. Dentro deste contexto os fabricantes de máquinas para as indústrias calçadistas possuem um amplo campo de estudo, visando melhorar a *performance* de seus produtos (INCROPERA, 2003).

Na década de 1980 a simulação numérica tornou-se confiável e aceitável, auxiliando no desenvolvimento de novos produtos. Existem diversos programas comerciais disponíveis no mercado com base em diferentes métodos de soluções. No caso da simulação de problemas de transferência de calor um método utilizado é o de elementos finitos (MANDAI, 2010).

A Termografia Infravermelha, tal como é conhecida hoje, com Termovisores portáteis capazes de detectar e converter, em tempo real, a radiação infravermelha em imagens visíveis e com a possibilidade de medição de temperatura, só foi possível devido a diversos estudos e descobertas, das quais a mais importante, a descoberta da radiação infravermelha (SANTOS, 2006).

## METODOLOGIA

O estudo experimental foi realizado de forma a reproduzir as mesmas condições que são empregadas na máquina em situação de operação. Os equipamentos utilizados nos experimentos foram: dois termopares tipo “J”, dois controladores de temperatura marca COEL (HW 1430 e HW 1460), e duas resistências elétricas de 350 W. Foram verificadas as potências efetivas das duas

resistências, com um multímetro digital ET2030A marca Minipa.

Depois de montado o conjunto controlador e termopar, foi calibrado conforme NBR 13771. O controlador COEL HW 1430 conectado com o termopar 1, é responsável pelo controle da temperatura da base de aquecimento, realizando a energização e o desligamento das resistências elétricas. O controlador COEL HW 1460 conectado nos termopares 2 a 8, foi utilizado para as medições das temperaturas nas diferentes posições do conjunto do injetor de adesivo. Os controladores de temperatura foram regulados em 230°C, e o intervalo de coleta para cada experimento foi de 30 min (com leituras a cada 30 s).

O equipamento para realização da simulação foi um computador com processador Intel Core i3, CPU 2,27 GHz, com memória RAM de 3 GB, Windows Vista 7, 64 bits e, software Solidworks® (CAD 3D), além do pacote de simulação por volumes finitos (Simulation da Solidworks®). Na simulação, os dados de entrada, corresponderam aos mesmos da máquina em operação. Devido a complexidade de mensurar o coeficiente de película ( $h$ ) da convecção natural, para realização das simulações numéricas, foram investigados três coeficientes, que são eles: 6, 7 e 8 W/m<sup>2</sup>K.

As imagens termográficas foram realizadas no laboratório da Universidade Feevale, o equipamento utilizado foi uma câmara termográfica marca Flir, modelo T400 W/2, com o número de série 48802531. As sequências de imagens foram realizadas em um período de 15 min., com intervalo de 30 s. Também as imagens termográficas foram feitas na base de aquecimento sem injetor e com injetor de adesivo. O fator de emissividade utilizado para o aço SAE 1020 foi de 0,79 e, para o latão CLA, foi de 0,17.

## RESULTADOS INICIAIS

A análise prática do conjunto do injetor de adesivo, após as coletas de dados e, confecção dos respectivos gráficos, apresentou informações importantes, sobre a base de aquecimento. O desenho desta peça foi bem projetado, para concentrar as maiores taxas de calor, nos locais de maior relevância, que são as regiões de contato com o injetor de adesivo.

A base de aquecimento não possui qualquer tipo de isolamento com o meio, isso causa uma perda de potência das resistências. A perda para o ambiente é de aproximadamente 2,5%, da potência total das resistências elétricas, por radiação. Também é preciso considerar que havendo uma isolamento da base de aquecimento, será diminuída as perdas por convecção.

As simulações numéricas apresentaram algumas informações diferentes dos experimentos. Estes fatos precisam de um melhor estudo, para poder identificar as diferenças encontradas entre os termopares 3, 4, 5 e 6.

O comparativo entre as imagens termográficas e da simulação, permitiu visualizar e comparar o deslocamento da transferência de calor, em toda a base de aquecimento. Além disso, os dois tipos de imagens apresentaram coerência, o que valida o estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEJAN, Adrian. **Transferência de Calor**. 1. ed. Edgard Blücher. São Paulo, Brasil. 2004. 840 p.

BORBA, Gustavo Severo de; SCHNORR, Leonardo. **Setup: uma aplicação em indústrias calçadistas exportadoras do Vale do Rio dos Sinos**. Revista da FAE, Curitiba, v. 9, n. 2, p.63-77, jul./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.fae.edu/>>. Acessado em: 13 abr. 2012.

HENRIQUES, Luiz Felipe Restum. **A análise da competitividade da indústria calçadista do Vale dos Sinos: uma aplicação da metodologia de Michael Porter**. 1999. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Unicamp, Campinas, 1999. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000197457>>. Acessado em: 15 mai. 2012.

INCROPERA, Frank P. Dewitt, David P. **“Fundamentos de transferência de calor e massa”**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2003.

MANDAI, Julio. T. **Determinação dos Parâmetros para Crescimento de Trincas em Ligas Metálicas: Modelagem e experimentação**. Dissertação de mestrado em engenharia mecânica – Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: <[http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/8029/1/2010\\_JulioToshioMandai.pdf](http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/8029/1/2010_JulioToshioMandai.pdf)>. Acessado em 13 jun. 2012.

NBR 13771. **“Cabo e fio de compensação ou extensão para termopar - Calibração por comparação com instrumento padrão”** ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas 2008.

SANTOS, Laerte dos. **Termografia Infravermelha em Subestações de Alta Tensão Desabrigadas**. Extraído da dissertação de mestrado do autor. Disponível em: <[www.ebah.com.br/content/ABAAABFvIAB/termografia-monografia](http://www.ebah.com.br/content/ABAAABFvIAB/termografia-monografia)>. Acessado em 18 jun. 2012.

**AVALIAÇÃO DE DERIVADOS DAS PARTES AÉREAS DE ACÁCIA  
NEGRA NA COSMECÊUTICA CAPILAR**

Leonardo Consatti Enzweiler<sup>1</sup>

Manuela de Castro Taufer da Silveira<sup>2</sup>

Allan Nunes da Silva<sup>2</sup>

Claudia Trindade de Oliveira<sup>3</sup>

Angela Beatrice Dewes Moura<sup>3</sup>

Edna Sayuri Suyenaga<sup>3</sup>

Fernando Dal Pont Morisso<sup>4</sup>

*Acacia mearnsii*. Fitoquímica. Cosmecêutica. Microscopia eletrônica.

## INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do carvão vegetal tem, no estado do Rio grande do Sul, a *Acacia mearnsii* (Acácia negra) como uma de suas maiores matérias-primas. A casca é utilizada para a extração de taninos, mas as partes aéreas continuam sem uma aplicação que evite seu descarte. Por outro lado, a indústria de cosméticos vem crescendo vertiginosamente. Nesse sentido, é sabido que a utilização de produtos sintéticos comuns em formulações cosméticas podem gerar produtos de degradação com características tóxicas e assim, a utilização de produtos de origem natural nestas formulações, além de evitar efeitos tóxicos, representa o conceito de produto saudável. É neste contexto que se desenvolve este trabalho, apresentando como objetivo, ampliar a aplicação da planta ou de derivados da planta, com a preparação de uma formulação cosmética de aplicação capilar, contendo extrato das partes aéreas da Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.).

1 Aluno do Mestrado Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais

2 Alunos de Graduação do Curso de farmácia da Universidade Feevale

3 Doutoradas, professoras pesquisadoras da Universidade Feevale

4 Doutor, professor pesquisador da Universidade Feevale (orientador)

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O gênero *Acacia* compreende mais de 1300 espécie e a grande maioria delas é originária da Austrália (OLAJUYIGBE, 2011). No mundo, a

*Acacia mearnsii* (Acácia-negra) figura entre as seis espécies mais plantadas, com uma área estimada em 540.000 hectares (GRIFFIN, 2011). No Brasil, passou a ser cultivada em meados de 1918, no município de São Leopoldo e em 1930 surgiu o primeiro plantio com fins comerciais, no Município de Estrela (MULLER, 2006). Somente no Rio Grande do Sul, estima-se a área plantada 100.000 e 160.000 hectares, compondo maciços florestais que desempenham relevante papel socioeconômico em pequenas propriedades rurais (SANTANA, 2001; MULLER, 2006).

Inicialmente a Acácia-negra foi cultivada para a extração de taninos, mas além destes polifenóis, os extratos das plantas do gênero *Acacia* apresentam compostos de interesse farmacológico como flavonoides, alcaloides, ácidos fenólicos, polissacarídeos e saponinas (BECKER, 2002; OLAJUYIGBE, 2011). Particularmente, mas não relacionada somente ao gênero *Acacia*, existem registros de que extratos vegetais contendo saponinas eram utilizados como agentes de lavagem de cabelos por povos indígenas andinos (BECKER, 2002).

Neste sentido, cosméticos à base de ingredientes naturais são geralmente associados a um estilo de vida saudável e sua utilização é cada vez mais popular. Investigações têm sido realizadas recentemente para desenvolver xampus com base em ingredientes naturais e de origem natural. Formulações que utilizam matérias-primas completamente naturais são muito complexas e de difícil preparação e assim, o desafio está em selecionar o material natural que pode ter sua aplicação racionalmente justificada em formulações de cosméticos cuja funcionalidade é comparável com seus pares sintéticos (ARORA, 2011).

## METODOLOGIA

A partir do material vegetal seco e triturado, foi obtido o extrato hidroalcoólico bruto (EHA) através de imersão a frio, utilizando como meio extrator uma solução de etanol: água (4:1 v/v). Após 7 dias sob agitação ocasional o processo foi interrompido. A partir do extrato hidroalcoólico bruto realizou-se triagem fitoquímica.

O fracionamento do EHA foi realizado com éter de petróleo, diclorometano, acetato de etila e metanol, que foram evaporados em banho-maria a 60°C. A cromatografia em camada delgada foi realizada em cromatofolhas Merck de sílica 60 F254 com clorofórmio/acetato de etila/ metanol, em diferentes proporções.

Para a aplicação do extrato selecionado e posterior análise morfológica por microscopia eletrônica de varredura, foi preparada solução mãe com concentração de 20% e duas amostras de cabelo feminino sem tratamento químico foram selecionadas, uma sem nenhum tratamento e outra submetida a um tratamento térmico diário com “chapinha”. Assim, uma amostra de cada cabelo foi lavada com água; uma amostra foi lavada com acetato de etila e em seguida com água; uma amostra foi lavada com base neutra de xampu e em seguida com água; uma amostra foi lavada com base neutra de xampu contendo 2% de extrato secundário de acetato de etila e em seguida com água; uma amostra foi lavada com base neutra de xampu contendo 5% de extrato secundário de acetato de etila e em seguida com água; uma amostra foi lavada com xampu comercial e em seguida com água; uma amostra foi lavada com extrato secundário de acetato de etila puro e em seguida com água. Todas as lavagens duraram 5 minutos e a secagem foi realizada ao ar. As amostras foram metalizadas com procedimento padrão com uma fina camada de ouro. As análises morfológicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizadas em equipamento JOEL, Modelo JSM-6510LV, utilizando-se radiação de tungstênio da ordem de 5 kV e por detecção de elétrons secundários, no Laboratório de Estudos Avançados em Materiais da Universidade Feevale.

## **ANÁLISE**

O extrato hidroalcoólico bruto foi conduzido à triagem fitoquímica que revelou a presença de compostos fenólicos, majoritariamente. Ainda com respeito aos fenólicos, o extrato bruto foi testado frente à solução de gelatina a 10%, que revelou a presença de taninos. No mesmo extrato também foi identificada a presença de flavonoides, através da formação de cianidina. O fracionamento com solventes de diferentes polaridades e posterior cromatografia em camada delgada conduziram à seleção do extrato secundário obtido com acetato de etila aos testes com cabelos. Assim, numa primeira rodada de testes com o cabelo feminino tratado termicamente, a lavagem com água foi capaz de retirar grande parte da cutícula danificada. A lavagem com acetato de etila demonstrou habilidade para extrair o material gorduroso da superfície do cabelo. A base neutra expôs a exocutícula e a lavagem com base neutra incorporada com 2% de extrato secundário de acetato de etila demonstrou certa habilidade para abrir as escamas da cutícula dos fios. Quando a série de lavagens foi realizada com fios in natura, resultados semelhantes foram observados, mas as tendências de abertura das escamas da cutícula foram mais pronunciadas. Além disso, em ambas as séries de lavagens, as lavagens com água foram mais efetivas para a limpeza dos fios impregnados com base incorporada com

extrato, do que para o xampu comercial. Ainda, como esperado, a lavagem com água não foi tão efetiva para a lavagem dos fios impregnados com extrato puro.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As metodologias de impregnação e análise se apresentam adequadas e os resultados obtidos até agora são promissores. Serão desenvolvidos novos procedimentos analíticos a fim de se alcançar resultados mais específicos sobre a composição e ação do extrato sobre o córtex capilar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARORA, Pooja et al. International Journal of Pharmaceutical Sciences: Review and Research. British Journal Of Nutrition, v. 7, n. 1, p.41-46, 2011. Disponível em: <[www.globalresearchonline.net](http://www.globalresearchonline.net)>. Acesso em: 10 ago. 2012.

BRECKER, Klaus et. al. The biological action of saponins in animal systems: a review. British Journal Of Nutrition, v. 88, n. , p.587-605, 2002.

GRIFFIN, A. R. et al. Global uses of Australian acacias – recent trends and future prospects. Diversity And Distributions, v. 17, p.837-847, 2011.

MULLER, Ivanor. Avaliação da Produtividade da Acacia mearnsii De Wild. (Acácia negra) em Função de Diferentes Espaçamentos. 2006. 133 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2006.

OLAJUYIGBE, O. O.; AFOLAYAN, A. J.. Phytochemical Assessment and Antioxidant Activities of Alcoholic and Aqueous Extracts of Acacia mearnsii De Wild. International Journal Of Pharmacology, v. 7, n. 8, p.855-861, 2011.

SANTANA, Dalva Luiz de Queiroz; SANTOS, Álvaro Figueredo Dos. Ocorrência de *Platypus sulcatus* em Acácia-Negra (*Acacia mearnsii*). Boletim de Pesquisa Florestal: Colombo, n. 42, p.153-158, 2001.

## CARACTERÍSTICAS E AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO DE CARVÃO DE ACÁCIA NEGRA

Nara Nilvania de Ávila, FEEVALE.  
Fernanda L. Pinto, FEEVALE  
Angela Beatrice Dewes Moura, FEEVALE.

### PALAVRAS CHAVES

Carvão Ativado. Adsorvente

### INTRODUÇÃO

O carvão vegetal ativado é um material carbonáceo predominantemente amorfo e caracterizado por possuir uma área superficial e porosidade desenvolvida, que lhe dá a capacidade de adsorver moléculas em fase líquida e gasosa (JAGUARIBE, 2005).

A produção de carvão ativado envolve duas etapas: a carbonização do material de partida e a ativação do produto carbonizado (JANKOWSKA, apud EDEN, MARIA FERNANDA, et al., 1991). A carbonização consiste de uma decomposição térmica do material carbonáceo, na ausência de ar, eliminando espécies não carbônicas e produzindo uma massa de carbono fixa com uma estrutura porosa rudimentar, onde muitos poros, extremamente finos e fechados, são formados nesta etapa. O propósito da ativação é aumentar o diâmetro destes poros e criar outros novos poros (BRADLEY; RAND, 1995, apud EDEN, MARIA FERNANDA, et al., 1991)

A ativação pode ser desenvolvida por meios físicos, pela utilização de CO<sub>2</sub>, ou vapor d'água a temperaturas acima de 700 °C, ou químicos. No caso da ativação química, a carbonização e a ativação são realizadas em uma única etapa pela execução da decomposição térmica do material bruto impregnado com certos agentes químicos, como ZnCl<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, hidróxidos de metais alcalinos. Este processo ocorre a temperaturas mais baixas (400-600 °C) (EL-HENDAWY et al., 2000; WIGMANS, 1989, apud EDEN, MARIA FERNANDA).

Esta pesquisa tem como objetivo testar o potencial de ativação de carvão vegetal com base em acácia negra, usando técnicas físicas e químicas que definem o poder de adsorção do material em estudo. Para atender tal objetivo, serão realizadas análises em distintos processos de carvão vegetal analisando a porosidade, número de iodo, índice de azul de metileno, índice de fenol e os resultados serão comparados com carvão vegetal ativado.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A determinação do NI pode ser obtida com base na norma NBR 12073 e em triplicata para cada carvão ativado. As moléculas de iodo fornecem informações sobre a área superficial constituída por poros menores de 2 nm. A escolha desta metodologia permite a obtenção de um índice representativo da quantidade de microporos presentes na amostra de carvão por meio de uma isoterma de adsorção, uma vez que seu tamanho pequeno propicia a infiltração em microporos.

## METODOLOGIA

Para a determinação do Número de Iodo foram analisadas as amostras de número 6, 9, 11 e 12 e seguido o procedimento da norma NBR 12073 onde seu objetivo é a determinação do número de iodo de carvão ativado.

AMOSTRAS DE CARVÃO VEGETAL				
Amostra	Temperatura	Tempo	Isoladas	Observações da amostra
6	300°C	60 min	Sim	Carvão
9	800°C	25 min	Sim	Carvão - queima com rampa de velocidade 30°C/min
11				Carvão comercial
12				Carvão Vegetal Ativado

Tabela 1: Amostras de Carvão Vegetal para análise – Fonte: autor

As amostras foram moídas e maceradas manualmente e após isto foram passadas em peneira ABNT n° 200, passaram por um processo de secagem em estufa durante 3 horas a uma temperatura de 130°C e após resfriamento em temperatura ambiente e em dessecador, as amostras foram pesadas em uma balança analítica com precisão de 0,0001g, e com estas, adicionado 10 ml de ácido clorídrico 1:5 e agitado até que toda amostra estivesse úmida, após isto foi colocado em ebulição por 30s, filtrado com papel filtro qualitativo, separados 20 ml da solução e rejeitados, usados os 50 ml do restante. Esta solução foi titulada com solução de tiossulfato de sódio 0,1N até que ficou com uma coloração levemente amarelada, após isto foi adicionado 2 ml de solução indicadora de amido 0,5% e continuada a titulação até ficar transparente.

O número de iodo é expresso em miligramas de iodo por grama de carvão ativado ( $\text{mgI}_2/\text{g}$ ) e para o cálculo usam-se as equações:

$$\frac{X}{M} = \frac{A - (2,2 \times B \times V_3)}{p}$$

Onde:  $X/M$  = número de iodo sem o fator de correção da normalidade do filtrado residual,  $A$  = normalidade da solução de iodo 0,1N multiplicada pelo fator de correção da solução e pó 12693,  $B$  = normalidade da solução de tiossulfato de sódio 0,1N multiplicada pelo fator de correção da

solução e por 126,93,  $V_a$  = volume total de tiosulfato de sódio 0,1N gasto na titulação em ml e  $P$  = massa da amostra de carvão ativado pulverizado em g.

Para o cálculo da normalidade do filtrado residual foi usado a equação:  $C = \frac{N_2 \times V_a}{50}$

50

Onde:  $C$  = normalidade do filtrado residual – deve ser obtido com aproximação de quatro casas decimais,  $N_2$  = normalidade da solução de tiosulfato e  $V_a$  = volume total da solução de tiosulfato de sódio 0,1N gasto na titulação em ml.

Para as amostras analisadas tivemos os seguintes resultados:

nº Amostra	1a.	2a.	3a.
6	0,04602	0,04731	0,04580
9	0,04705	0,04801	0,04799
11	0,04961	0,04873	0,04901
12	0,01019	0,01089	0,01102

Tabela 2: Normalidade do filtro residual ( C ) – Fonte: autor

Segundo NBR 11834, Carvão Ativado precisa atender algumas condições específicas, dentre elas o número de iodo, este deve ser no mínimo de 600mg de  $I_2/g$ , mas para o cálculo, a normalidade do filtro residual precisa estar na faixa de 0,0080 até 0,0335N, caso esteja fora desta faixa, o procedimento de análise deve ser repetido com aumento ou diminuição da massa de carvão. Analisando os valores da tabela encontrados em  $C$ , podemos considerar que as amostras de números 6, 9 e 11 não atendem as especificações da norma, isto é não podem ser consideradas ativadas, enquanto que o resultado da amostra de número 12 está dentro da faixa residual estipulado, e realmente faz sentido visto que é uma amostra de carvão vegetal ativado que foi analisada junto com a bateria de outras amostras para confirmar se o procedimento usado estava correto ou não.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JAGUARIBE, E. F., MEDEIROS, L. L., BARRETO, M. C. S. e ARAÚJO, L. P. (2005). “ **The performance of 4ctive carbons from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine.** “ Brazilian Journal of Chemical Engineering, 22 (1), 41-47.

Eden Cavalcanti de Albuquerque Júnior, Maria Fernanda Pimentel, Liliane Pequeno de Araújo, Renato José Reis Molica - II-073 - **OTIMIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÕES ATIVADOS A PARTIR DO MESOCARPO DO COCO VERDE**

JANKOWSKA, H.; SWIATKOWSKI, A.; CHOMA, J. **Active carbon**, Ellis Horwood Limited, 1991.

EL-HENDAWY, A.-N. A., SAMRA, S.E.; GIRGIS, B.S. **Adsorption characteristics of activated carbons obtained from corncobs.** Colloids and surfaces A: physicochemical and engineering aspects, v. 180, p. 209-221, 2001.