

DESENVOLVIMENTO DE BRIQUETES AUTORREDUTORES COM RESÍDUO DE FUNDIÇÃO E FIBRA DA PALMEIRA

T. A. Sousa¹; D. R. Mulinari^{1,2}

1 - Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, Volta Redonda – RJ.

2 -Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Resende – RJ.

RESUMO

O presente trabalho consiste no aproveitamento das fibras da palmeira e resíduo de fundição para a produção de briquetes. A avaliação do potencial de aproveitamento da fibra da palmeira pode ser uma alternativa para diminuir o espaço ocupado por estes resíduos no aterro sanitário, e desta forma aumentar a vida útil do mesmo. O briquete produzido com este resíduo surge também como alternativa para fornecimento de energia preservando as florestas nativas ou plantadas com espécies exóticas. No entanto, na geração de energia a partir da biomassa vegetal, um parâmetro que deve ser controlado é o teor de umidade uma vez que, quanto menor o teor de umidade maior será a produção de calor por unidade de massa, sendo que a presença de água representa poder calorífico negativo, pois parte da energia liberada é gasta na vaporização da água e se o teor de umidade for muito variável, poderá dificultar o processo de combustão, havendo necessidade de constantes ajustes no sistema. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de umidade das fibras provenientes da palmeira, bem como a composição (EDS- Espectroscopia de Energia Dispersiva) das mesmas e o teor de cinzas e lignina, para posteriormente utilizá-la para a produção de briquete. O resíduo de fundição apresentou características necessárias, para a mistura com a fibra. O percentual de carbono na fibra permite a

aglomeração da mesma a o resíduo na tentativa de formação de briquete. O teor de umidade das fibras de 18,3%, a qual permitirá a aglomeração.

Palavra chave: briquete, fibra da palmeira, resíduo de fundição, teor de umidade.

ABSTRACT

This paper concerns about the utilization of the palm fibers and iron residue for the briquettes production. The evaluation of the utilization potential of the palm fibers means a path to reduce the gap taken by these residues on the sanitary landfill, in order to increase their useful life. The briquettes which are produced from these residues take form as an alternative for the energy generation, preserving so the native as the planted forests with exotic species. Therefore, the generation of energy from vegetables biomass, a parameter to be controlled is the moisture content since the lower the moisture content the greater the heat production per unit mass. Thus, the objective of this study was to evaluate the moisture content of the palm fibers, composition, ash and lignin content for subsequent use it for briquette production. The residue iron showed the characteristics necessary for mixing with the fiber. The percentage of carbon fiber allows the clustering of the same residue in an attempt to form briquettes and the fibers presented 18.3% moisture content, which allow agglomeration.

Keywords: briquette, palm fiber, foundry residue, moisture content.

INTRODUÇÃO

Energia, economia e sustentabilidade são três fatores fundamentais para a sobrevivência da humanidade. E o aquecimento global causado pelo efeito estufa e produzido pelo excesso de carbono na atmosfera devido à queima dos combustíveis fósseis, tem gerado uma preocupação por alternativas energéticas que atendam à demanda humana sem causar a poluição e as mudanças climáticas (SILVEIRA, 2008).

Durante a Conferência da ONU realizada em Estocolmo em 1972, aumentou-se significativamente a preocupação da sociedade, com os desequilíbrios econômico, social e ambiental. Foi o marco da idéia de desenvolvimento sustentável; este concilia o desenvolvimento a partir da exploração dos recursos produtivos, com a preservação ambiental. Almejando uma melhoria para as futuras gerações, com a consciência de produção menos poluente e impacto mínimo no ecossistema. O conceito de desenvolvimento sustentável visa uma produção de materiais ecológicos de baixo custo e redução do consumo de energia, bem como a perpetuação de um ambiente saudável (CENBIO, 2011).

E dentre as alternativas energéticas, a biomassa tem sido uma das alternativas aos combustíveis fósseis pelas suas características ambientais, renováveis a cada plantio, de baixo preço, farta e com um potencial de produção no limite das terras cultiváveis que o planeta oferece (CENBIO,2011). Entre os tipos de biomassa mais promissores e que tem maiores níveis de energia e baixo preço, estão os lignocelulósicos, oriundos de resíduos agroquímicos (BRIQUETES, 2011).

1. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar a capacidade dos resíduos de ferro fundido e das fibras da palmeira para a produção do briquete foi necessário caracterizar as matérias-primas. O fluxograma da Figura 3.1 descreve um esquema geral simplificado das etapas que foram desenvolvidas neste projeto.

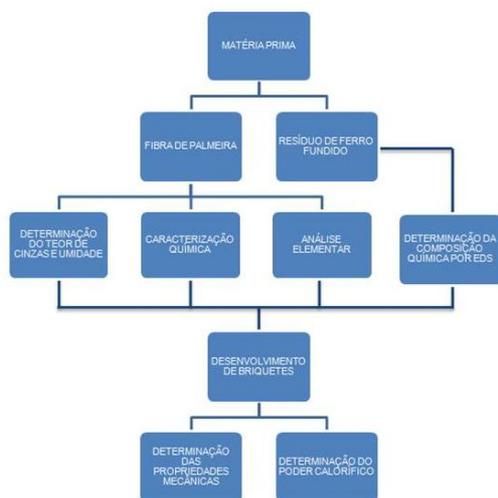


Figura 3.1: Fluxograma das etapas de análise.

1.1. Obtenção das matérias-primas

1.1.1. Fibras naturais

As fibras provenientes da palmeira real australiana foram gentilmente fornecidas pela Empresa Terra Marajó. Primeiramente as fibras foram cortadas, secas em estufa a 60°C em seguida foram peneiradas em uma peneira de

10, 20 e 40 mesh, conforme evidenciado nas Figuras 3.2 e 3.3.



Figura 3.2: (a) Fibras da palmeira e (b) Triturador.



Figura 3.3: Peneiras granulométricas.

Este procedimento foi adotado, pois o diâmetro do briquete a partir de

biomassa deverá ser quando de madeira para queima em caldeiras, fornos e lareiras é de 70 mm a 100 mm e com comprimento de 250 mm a 400 mm. Outras dimensões com diâmetros de 28 mm a 65 mm são usadas em estufa, fogão de alimentação automática, grelha e churrasqueira (GENTIL, 2008).

1.1.2. Resíduo de pó de jateamento de ferro fundido

O resíduo de ferro fundido foi oriundo de fundição da Empresa BR Metals e proveniente da atividade de jateamento virabrequins. Nesta atividade o resíduo é controlado pelo meio ambiente e descartado em caçambas e posteriormente armazenado em bags, onde são retirados periodicamente por empilhadeiras e destinado ao setor de descarte de resíduos. Foi feito um levantamento prévio dos resíduos gerados na fábrica e analisados para posterior mistura. Este resíduo foi peneirado em uma peneira de 100 mesh.

1.2. Caracterização das matérias-primas

1.2.1. Microscopia eletrônica de varredura

As micrografias foram realizadas em um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM5310 acoplado ao EDS, disponível no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE, operando de 15 a 20 kV, usando elétrons secundários, a fim de obter informações quanto à morfologia e composição das fibras. As amostras foram fixadas em um suporte com auxílio de uma fita de carbono autocolante dupla face e submetidas ao recobrimento metálico com ouro (fibras e resíduo de ferro fundido).

A composição química das matérias primas é de suma importância para a produção do briquete, para posterior cálculo da composição química dos briquetes e adequação da mesma, de forma que atendam a necessidade de substituição parcial das cargas metálicas nos fornos cubilot ou indução. Desta forma, a composição química das matérias primas foi obtida por uma análise qualitativa por EDS.

1.2.2. Determinação do teor de umidade das fibras

O teor de umidade das fibras da palmeira foi determinado utilizando uma estufa à 100 °C (ABNT NBR 8112), considerando cinco amostras, utilizando a equação 3.1.

$$TU(\%) = \frac{Ms - Mu}{Mu} \times 100, \quad (3.1)$$

Onde: TU é o teor de umidade das fibras, Mu e Ms correspondem as massas das fibras úmidas e secas.

1.2.3. Caracterização química das fibras

A lignina atua como aglomerante das partículas da madeira (GENTIL, 2008). A lignina solidificada na superfície faz que o briquete resista à umidade, justificando a não utilização de produtos aglomerantes como cola, resina, cera ou amido (ALARU *et al.*, 2011). Portanto, foi realizada a caracterização química das fibras da palmeira in natura empregando a metodologia analítica para bagaço de cana desenvolvida por Rocha *et al* (1997) e validado por Gouveia *et al.*, 2009.



Figura 3.4: Equipamento de análise elementar: Vario Micro Cube.

1.3. Briquetes

1.3.1. Preparação dos briquetes

O processo de aglomeração das matérias-primas para briquetagem foi realizado em briquetadeira do tipo de rolos na empresa RENOVA. Utilizou-se 2,6 kg de fibra de palmeira real australiana com granulometria de 100 mesh, onde foi preparada a mistura como evidenciado na Tabela 3.1.

Tabela 1.1: Materiais utilizados na composição do briquete.

Materiais	%
Resíduo Metálico	88
Melaço	4
Cal Hidratada	4
Fibra Redutora	4
Total	100

1.3.2. Obtenção do briquete

De acordo com a Tabela 3.1 com as proporções para confecção dos briquetes, sendo 88% em massa de resíduo metálico e os 12 % dos demais

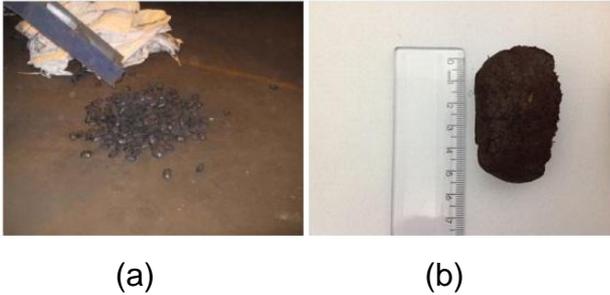


Figura 3.5: (a) Confecção dos briquetes; (b) Briquete obtido na RENOVA.

1.4. Caracterização dos briquetes

1.4.1. Ensaio de compressão

A avaliação dos briquetes foi analisada por meio de ensaios de compressão em um equipamento para medição de ponto de ruptura à compressão fabricado pela empresa Peso Real Ltda., localizado na Empresa Renova, em São Paulo. Os ensaios foram realizados com 3 tipos de preparação dos briquetes aplicando-se hidraulicamente pressão onde foram registrados os picos de ruptura:

1. Briquete de resíduo de aço rolamento sem agente redutor;

constituintes, pode-se efetuar a aglomeração a frio dos materiais em briquetadeira no grupo Renova-SP. Os briquetes foram confeccionados com 50 mm de comprimento e 25 mm de largura.

2. Briquete do resíduo do aço rolamento com 2% de carvão vegetal como agente redutor;

3. Briquete do resíduo do aço rolamento com 2% de fibra de palmeira real australiana como agente redutor.

1.4.2. Determinação do poder calorífico

O poder calorífico superior foi determinado em um calorímetro digital, modelo IKA C-200, conforme a norma NBR 8633 (ABNT, 1984). No departamento de engenharia química/UFLA.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1. Microscopia eletrônica de varredura

A Figura 4.1 elucida a morfologia das fibras da palmeira, nas quais apresentam uma superfície lisa, estrutura porosa e oca com formas cilíndricas.

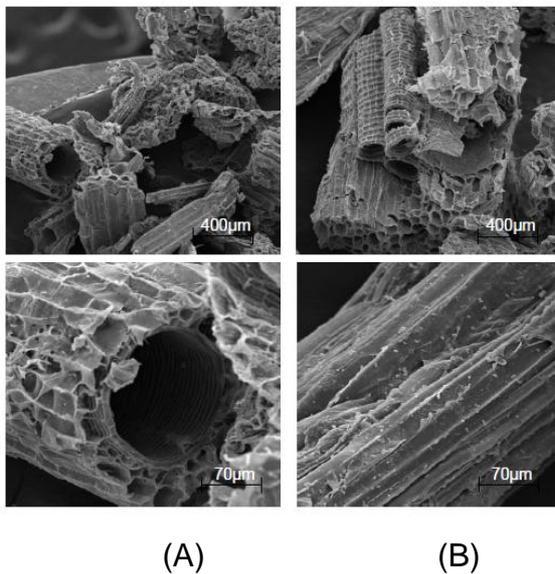


Figura 4.1: MEV das fibras da palmeira.

A análise realizada por energia dispersiva, EDS, determinou a composição de forma qualitativa da fibra, a qual apresentou 39,52% de Carbono e 60,48% de Oxigênio. A Figura 4.2 evidencia o EDS das fibras. A quantidade de carbono foi satisfatória, pois quanto maior o teor de carbono fixo maior o calor gerado.

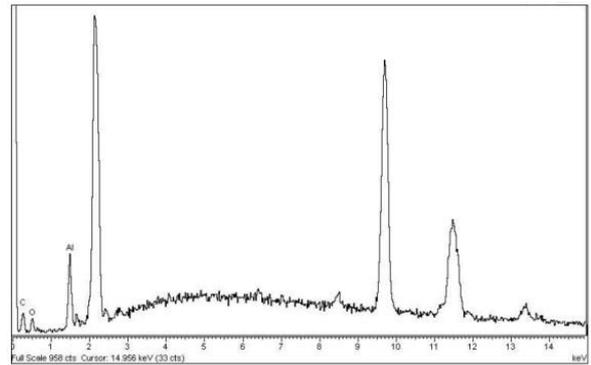


Figura 4.2: EDS das fibras da palmeira.

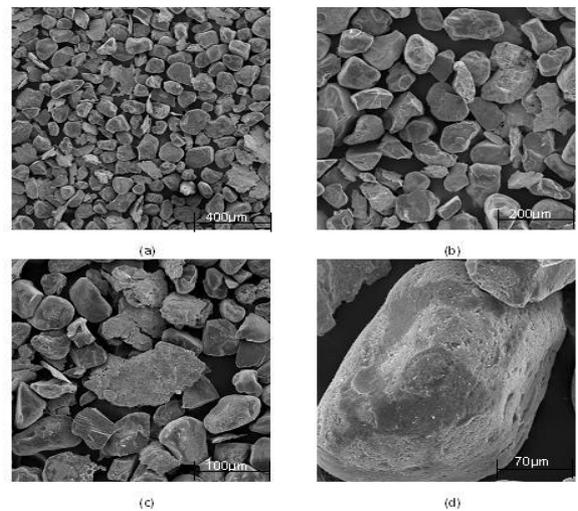


Figura 4.3: MEV do ferro fundido em diferentes aumentos.

A Figura 4.3 evidencia o aspecto do ferro fundido.

Analisando o EDS do ferro fundido (Figura 4.3), foi possível determinar a composição química elementar e caracterizá-lo como ferro fundido nodular, onde pode-se verificar pelo formato poroso da microestrutura em MEV, a qual apresentou 26% de Ferro, 12% de

Magnésio, 14% de Silício e 6% de Carbono.

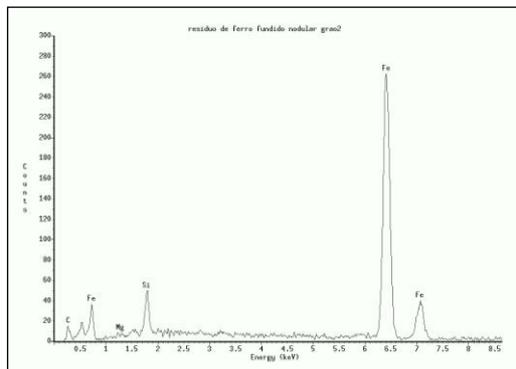


Figura 4.4: EDS do ferro fundido.

O ferro metálico, elemento este que não depende da presença do oxigênio para se agregar à massa metálica da corrida processada, contendo no máximo 10 a 12% de óxido de ferro, sendo o FeO o que aparece em maior percentual. A fim de recuperarmos o ferro existente no óxido, adicionamos na mistura carbono na forma de carvão vegetal, com granulometria máxima de 50 mesh, que na presença de temperatura e ao longo do tempo provoca a redução do óxido de ferro presente, levando-nos a obter um metal com alto teor de ferro metálico.

2.2. Determinação do teor de umidade

O valor determinado do teor de umidade das fibras da palmeira foi de $18,3 \pm 2$. A umidade de um material está

relacionada com o seu teor de água, no caso do briquete o valor de 10 a 12% de umidade é considerado baixo em relação à lenha convencional (BIOMAX, 2011). Analisando-se a Tabela 2.2 com o valor encontrado observa-se a fibra da palmeira poderá ser utilizada para a produção de briquetes. Gentil (2008) também sugere um teor de umidade igual ou menor de 25% como adequado para a combustão. Teores elevados de umidade demandam muita energia para secar a lenha, diminuindo a quantidade de energia disponível para a secagem da serragem.

2.3. Caracterização química das fibras

Na Tabela 4.1 podemos analisar a composição dos componentes da fibra de palmeira.

Tabela 4.1: Composição química das fibras da palmeira.

Componentes	Fibra
Celulose	$47,8 \pm 5,2$
Hemicelulose	$23,7 \pm 3,1$
Lignina	$25,9 \pm 2,4$
Cinzas	$1,8 \pm 0,3$
TOTAL	99,2

A análise da composição química das fibras da palmeira evidenciou o teor de $25,9 \pm 2,4$ lignina que pode promover a colagem entre as partículas adensadas. Segundo, Gentil (2008) a lignina solidificada na superfície faz que o briquete resista à umidade facilita a colagem, justificando a não utilização de produtos aglomerantes como cola, resina, cera ou amido. Os aglutinantes são utilizados quando o material a ser aglomerado não possui resistência à compressão e ao impacto, após a compactação. Além de permitirem uma maior adesão das partículas finas, os aglutinantes podem aumentar ou diminuir as propriedades coqueificantes do material a ser briquetado.

2.4. Análise Elementar das fibras

A partir dos resultados obtidos pela análise elementar (Tabela 4.2), foi possível confirmar que o percentual de enxofre elemento deletério foi relativamente baixo e o percentual de carbono foi considerado ideal para a confecção do briquete e atuação no processo de redução

Tabela 4.2: Análise Elementar das fibras.

Análise Elementar				
	N	C	H	S
Fibra	1,35	41,21	5,48	0,15
	1,32	42,75	5,62	0,14
Média	1,34	41,98	5,55	0,14

2.5. Caracterização dos briquetes

2.5.1. Determinação do poder calorífico

A Tabela 4.3 demonstra o acréscimo do poder calorífico em relação a diferentes valores de massa, sabe-se que ocorre a liberação da energia pelo processo exotérmico antes do total aquecimento das fibras. A queima e processo de redução favorece o aumento de carbono onde este combinado com oxigênio formam o dióxido de carbono e permitem a liberação do Fe metálico.

Tabela 4.3: Análise do Poder calorífico

Briquete Palmeira Real Australiana		
Massa	Poder Cal.	Média
0,3614	1426	1488 ± 57,2
0,2866	1498	
0,2775	1539	

2.5.2. Ensaio de compressão

Analisando-se os resultados obtidos dos briquetes após o ensaio de compressão observou-se um incremento da resistência dos briquetes de palmeira real australiana quando comparados aos briquetes de carvão vegetal como agente redutor. O equipamento utilizado para o ensaio tem capacidade de 9807 N localizado na empresa Renova –SP, a medida foi executada no mesmo dia de produção e 20 dias depois. O briquete de resíduo de aço sem agente redutor apresentou resistência à compressão de $55,1 \pm 6 \text{ kgf/cm}^2$, o briquete de resíduo de aço com carvão vegetal como agente redutor apresentou $61,2 \pm 5,1 \text{ kgf/cm}^2$ de resistência a compressão contra $59 \pm 10,5 \text{ kgf/cm}^2$ do briquete de resíduo de aço mais fibra de palmeira real australiana.

Pode-se observar que o briquete de resíduo de aço com fibra de palmeira real australiana apresentou valores para o ensaio de compressão próximos ao briquete com carvão como agente redutor, o qual é comercializado, conforme Figura 4.5. Deve-se levar em consideração para a variação alta do desvio padrão do briquete com fibra de palmeira a proporção de fibra utilizada que foi de 4%.

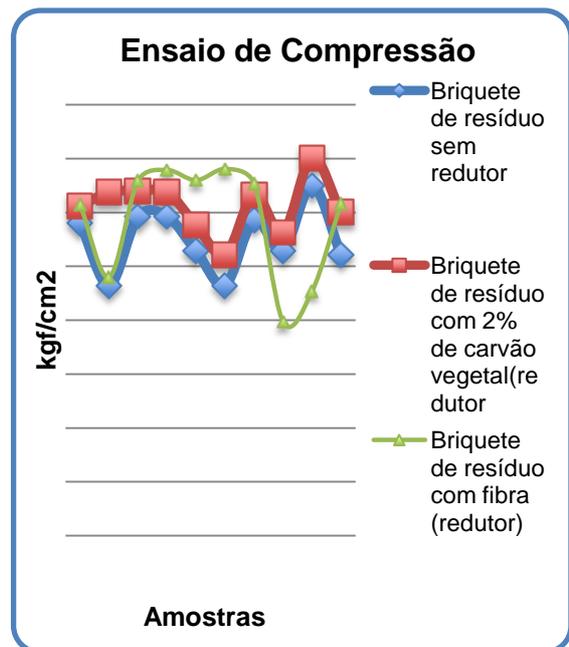


Figura 4.5: Ensaio de compressão comparativo entre briquete de fibra de palmeira e briquete comercialmente vendido Renova.

O comportamento do briquete de fibra de palmeira real australiana como agente redutor foi positivo para utilização no processo de fundição com o devido controle da composição química do mesmo e da inserção deste nos fornos de indução.

O ensaio de compressão foi essencial para analisar a resistência do briquete visto que o mesmo será inserido no meio da carga em fornos de indução e após adiciona-se a sucata de aço para realizar uma carga tipo sanduíche.

3. CONCLUSÕES

- Com base nos resultados levantados pelos métodos de ensaios pode-se concluir que:

- O resíduo de ferro fundido (pó) da empresa BRMETALS apresentou as características necessárias, para a mistura com a fibra;

- O percentual de carbono na fibra permite a aglomeração da mesma e o resíduo na tentativa de formação de briquete autorredutor;

- O teor de umidade das fibras de 18,3%, a qual permitirá a aglomeração;

- O briquete com palmeira real australiana apresenta propriedades similares ao briquete com carvão vegetal comercializado;

- O teor de lignina da fibra de palmeira real australiana facilitou a aglomeração do material;

- Foi desenvolvido um briquete com propriedades similares ao comercialmente vendido;

- No ensaio de análise elementar a média de 0,14 para teor de enxofre foi significativa para a confecção do briquete visto que teores acima de 0,20 seriam considerados deletérios;

- O teor de carbono da fibra de 41,28 juntamente com o percentual de carbono do resíduo foi primordial para o processo de autorredução;

- Pode-se observar que o briquete de palmeira real australiana apresentou valor significativo de resistência à compressão (59kgf/cm^2), quando comparados aos briquetes de carvão vegetal como agente redutor ($61,2\text{kgf/cm}^2$).

- Desta forma, considera-se que o produto obtido poderá ser empregado para substituição parcial na carga metálica em fornos de fundição.

4. REFERÊNCIAS

ALARU, M.; KUKK, L.; OLT, J.; MENIND, A.; LAUK, R.; VOLLMER, E.; ASTOVER, A. Lignin content and briquette quality of different fiber hemp plant types and energy sunflower. *Field Crops Research*, v.124, p.332–339, 2011.

AMAYA, A.; MEDERO, N.; TANCREDI, N.; SILVA, H.; DEIANA, C. Activated carbon briquettes from biomass materials. *Bioresource Technology*, v. 98, p.1635-1641, 2007.

ANDREJKO, D.; GROCHOWICZ, J. Effect of the moisture content on compression energy and strength characteristic of lupine briquettes. *Journal of Food Engineering*, v.83, p.116-120, 2007.

BIOMAX. Disponível em <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquetagem.html>> Acesso em 30 set. 2011.

BIOMACHINE. Briquetes. Disponível em: <http://www.biomachine.com.br/biomachine.asp> Acesso em 20 Set 2011.

BRIQUETES, Briquetes no Brasil. Disponível em <http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_briquete.asp> Acesso em 30 set. 2011.

BUZIN, P. J. W. K. Desenvolvimento de briquetes auto-redutores a partir de carepas de processamento siderúrgico para utilização em forno elétrico a arco. 2009. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CENBIO, Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em <<http://www.cenbio.org.br>>. Acesso em 19 jun. 2011.

CETEM, Centro de Tecnologia Mineral. Disponível em <www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2007-072-00.pdf> Acesso em 03 set. 2011.

ĐERČAN, B.; LUKIĆ, T.; BUBALO-ŽIVKOVIĆ, M.; ĐURĐEV, B.; STOJSAVLJEVIĆ, R.; PANTELIĆ, M. Possibility of efficient utilization of wood waste as a renewable energy resource in Serbia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.16, p.1516-1527, 2012.

GENTIL, L. V. B. Tecnologia e economia do briquete de madeira. 2008. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GODINSKII, N. A.; KUSHNAREV, N. N.; YAKHSHUK, D. S.; KOTENEV, V. I.; BARSUKOV, E. Y. Use of Iron-Carbon-Bearing briquets in electric steelmaking. Metallurgist, v. 47, p. 43-45, 2003.

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.657–661, 2009.

GOUVEIA, E. R.; NASCIMENTO, R. T.; SOUTO-MAIOR, A. M.; ROCHA, G. J. M. Validação de metodologia para a caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar. Química Nova, v. 32, p.1500-1503, 2009.

HUSAIN, Z.; ZAINAC, Z.; ABDULLAH, Z. Briquetting of palm fiber and shell from the processing of palm nuts to palm oil. Biomass and Bioenergy, v.22, p.505-509, 2002.

LOPES, C. H. Curso básico de Metalurgia. Barra do Piraí, Thyssenkrupp Fundições, 2006.

LUCENA, D. A.; Medeiros, R. D.; Fonseca, U. T.; Assis, P. S. Aglomeração de moinha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia. Tecnologia em Metalurgia e Materiais, v.4, p. 1-6, 2008.

MELO, V. P. S. Produção de briquetes de carvão vegetal com alcatrão de madeira. 2000. 64f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Salvador, 2000.

MOTA, E. G. Utilização do sinter hidrolisado como fonte de energia. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

PEREIRA Jr., V. B. Alternativas para a co-geração de energia de uma indústria de chapas de fibra de madeira, *Energia na Agricultura*, v.17, n.1, p.34-37, 2001.

RENOVA RECICLAGEM, A briquetagem no Brasil. Disponível em <http://www.gruporenova.com.br/reciclagem_atuacao.asp> Acesso em 30 set. 2011.

ROCHA, G. J. M.; SILVA, F. T.; ARAÚJO, G. T.; CURVELO, A. A. S. A Fast and Accurate Method for Cellulose and Polyoses by HPLC. In: Fifth Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components., 1997, Curitiba. Fifth Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components., 1997. v. 1. p. 3-8.

SANTOS, F. P. Meio Ambiente e Poluição. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/4753/meio-ambiente-e-poluicao>> Acesso 30 Set. 2011.

SAIDUR, R.; ABDELAZIZ, E. A.; DEMIRBAS, A.; HOSSAIN, M. S.; MEKHILEF, S. A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, p.2262-2289, 2011.

SILVA, A. P. Produção de briquetes dos carvões de casca, maravalha e serragem de eucalipto (*Eucalyptus pellita*), pirolisados às temperaturas máximas de 400 °C e 600 °C, 2007. 24f. Monografia (engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em salvador – BA. 2008. 164f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

VASCONCELLOS, G. F. Biomassa- A eterna energia do futuro. Editora SENAC, São Paulo, 2002.

ZAGO, E. S.; FROEHLICH, A. G.;
PELEGRINI, P. H.; SIFUENTES, M. A. O
processo de briquetagem como
alternativa de sustentabilidade para as

indústrias madeireiras do município de
Aripuanã-MT. IN: Congresso
Internacional de Administração, 2010.