

## Caracterização das fibras da palmeira e do resíduo de fundição para produção de briquetes

### *Characterization of palm fibers and FOUNDRY RESIDUE for briquettes production*

Taise Azevedo de Sousa<sup>1</sup>

Alexandre Fernandes Habibe<sup>2</sup>

Daniella Regina Mulinari<sup>3</sup>

#### Palavra-chave:

briquete,  
fibra da palmeira  
resíduo de fundição  
teor de umidade

#### 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) 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.

#### 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 Fibers  
Foundry Residue  
Moisture Content*

1 Mestranda do Mestrado Profissional em Materiais (MEMAT/UniFOA)

2 Reitor do UniFOA

3 Docente do Mestrado Profissional em Materiais (MEMAT/UniFOA)

## 1. 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<sup>1-3</sup>.

Desta forma, alternativas energéticas tem sido estudado de diversos pesquisadores. E dentre as alternativas energéticas, a biomassa tem sido uma das alternativas aos combustíveis fósseis pelas suas características ambientais, renováveis a cada plantio, baixo preço, abundância e com um potencial de produção no limite das terras cultiváveis que o planeta oferece<sup>4</sup>. Entre os tipos de biomassa mais promissores e que tem maiores níveis de energia e baixo preço, estão os lignocelulósicos, oriundos de árvores nativas ou plantadas<sup>5</sup>.

Uma das biomassas que tem ganhado destaque são as fibras provenientes da palmeira real australiana, a qual é um subproduto da indústria do palmito. A agroindústria brasileira do palmito é responsável pela maior produção mundial de palmito envasado, gerando como consequência, toneladas de resíduos no meio ambiente<sup>6</sup>.

Desse modo, as empresas passaram a investir na busca de novas técnicas e tecnologias para o reaproveitamento deste resíduo e a considerar também a variável ambiental em suas estratégias de produção.

E uma das alternativas para o melhor aproveitamento dos resíduos é a briquetagem, consistindo num processo de trituração e compactação que utiliza elevadas pressões para transformar os referidos resíduos metálicos e vegetais em blocos denominados de briquetes, estes apresentam elevado potencial de geração de calor (energia) quando comparado aos resíduos *in natura*<sup>7</sup>. Por esse processo, materiais de pequeno ou quase nenhum valor agregado podem ser transformados em um produto de elevado valor para máquinas a vapor, forjas, culinária e outras aplicações, permitindo recuperar grande parte dos fins considerados como rejeito do processo de beneficiamento de carvão<sup>8</sup>.

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. Além disso, 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<sup>9,10</sup>.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de umidade das fibras provenientes da palmeira real australiana, bem como a composição (EDS) das mesmas e o teor de cinzas, para posteriormente utilizá-la para a produção de briquete. Também foi avaliado a capacidade de reaproveitamento do resíduo ferroso de fundição para obtenção de briquetes auto-redutores. Estes além de proporcionarem uma contribuição ao meio ambiente reduzem o custo da carga metálica, principalmente em fornos à indução e cubilot que são amplamente utilizados em fundições brasileiras. Almejando a melhoria da cultura em relação ao quesito reciclagem de resíduos industriais e certificados de qualidade.

## 2. Materiais e Métodos

### Obtenção das matérias-primas

As fibras provenientes da palmeira real australiana foram moídas, secas em estufa a 60 °C e peneiradas em peneiras de 10, 20 e 40 mesh. Este procedimento foi adotado, pois o diâmetro do briquete a partir de biomassa deverá ter diâmetros entre 70 mm a 100 mm. Outras dimensões com diâmetros de 28 mm a 65 mm são usadas em estufa, fogão de alimentação automática, grelha e churrasqueira<sup>11</sup>.

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.

### Caracterização das matérias-primas

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.

Para obter informações quanto à morfologia e composição das fibras, bem como do resíduo de ferro fundido, foram obtidas micrografias 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. As amostras foram fixadas em um suporte com auxílio de uma fita de carbono autocolante dupla face e submetidas ao recobrimento metálico com ouro.

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.

Também foi determinado o teor de umidade das fibras em uma estufa à 100 °C, considerando cinco amostras, utilizando a equação 1.

$$TU(\%) = \frac{Ms - Mu}{Mu} \times 100, \quad (1)$$

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

Foi realizada a caracterização química das fibras da palmeira in natura empregando a metodologia analítica para bagaço de cana desenvolvida por Rocha et al<sup>12</sup>, afim de quantificar o teor de lignina, pois a mesma atua como aglomerante das partículas da madeira<sup>11</sup>. 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<sup>13</sup>. Os hidrolisados obtidos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando uma coluna Aminex HPX-87H em um cromatógrafo Shimadzu LC-10AD.

O material insolúvel retido no papel de filtro proveniente da etapa de hidrólise ácida para caracterização química foi lavado com aproximadamente 1,5 L de água destilada, para remoção de ácido residual (até pH 7), a seco em estufa à temperatura de 105°C até massa constante. A porcentagem de lignina insolúvel em meio ácido foi calculada em relação à massa de material lignocelulósico seco descontando-se a massa de cinzas presentes na lignina.

Os materiais resultantes da etapa de determinação de lignina insolúvel foram colocados em cadinhos de porcelana previamente calcinados e tarados. Em seguida, esses materiais foram calcinados, inicialmente a 400°C e depois por mais 2 h a 800°C. Após a calcinação, os cadinhos foram resfriados em dessecador e a massa de cinzas determinada. A massa real de lignina Klason foi calculada descontando-se a massa de cinzas.

A quantidade de lignina solúvel foi determinada pela medida de absorvância a 280 nm em um espectrofotômetro UV-visível Perkin Elmer modelo Lambda 25. Uma alíquota de 5 mL do hidrolisado obtido da etapa de hidrólise ácida para caracterização química dos materiais lignocelulósicos foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, juntamente com 50 mL de água destilada e 2 mL de NaOH 6,5 N (pH final próximo a 12). Após agitação, completou-se o volume com água destilada e essa mistura resultante foi analisada no espectrofotômetro. A equação 2 abaixo foi utilizada para determinar a concentração de lignina solúvel no hidrolisado:

$$CLig = (A_{280nm} - \epsilon_{HMF} \cdot CHMF - \epsilon_{Furf} \cdot CFurf)$$

A

(2)

Onde:  $C_{Lig}$ : Concentração de lignina solúvel no hidrolisado (g/L);  
 $A_{280nm}$ : Absorbância do hidrolisado em 280 nm;  
 $\epsilon_{HMF}$ : Absortividade do hidroximetilfurfural ( $114 \text{ L}\cdot\text{g}^{-1}$ );  
 $\epsilon_{Furf}$ : Absortividade do furfural ( $146,85 \text{ L}\cdot\text{g}^{-1}$ );  
 $C_{HMF}$ : Concentração de hidroximetilfurfural no hidrolisado (g/L);  
 $C_{Furf}$ : Concentração de furfural no hidrolisado (g/L);  
 $A$ : Absortividade da lignina para o bagaço de cana-de-açúcar ( $19,6 \text{ L/g}$ )<sup>12</sup>.

Furfural e hidroximetilfurfural foram determinados por CLAE, em uma coluna LiChrospher 100 RP-18, utilizando-se acetonitrila/água 1:8 (v/v) com 1% á ácido acético como fase móvel, a uma vazão de  $0,8 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ . O hidrolisado obtido foi previamente diluído com água na razão de 1:100, filtrado em membrana de diâmetro de poro de  $0,45 \mu\text{m}$  (Millipore), e injetado com uma válvula Rheodyne. Os compostos foram detectados a 276 nm, em um detector UV/Visível Shimadzu SPD-10. As concentrações de furfural e hidrometilfurfural foram determinadas

a partir de curvas de calibração obtidas com os compostos puros.

### 3. Resultados e Discussão

#### Microscopia eletrônica de varredura

A Figura 1 elucidada a morfologia das fibras da palmeira, as quais apresentam uma superfície lisa, mas porosa e com formas cilíndricas.

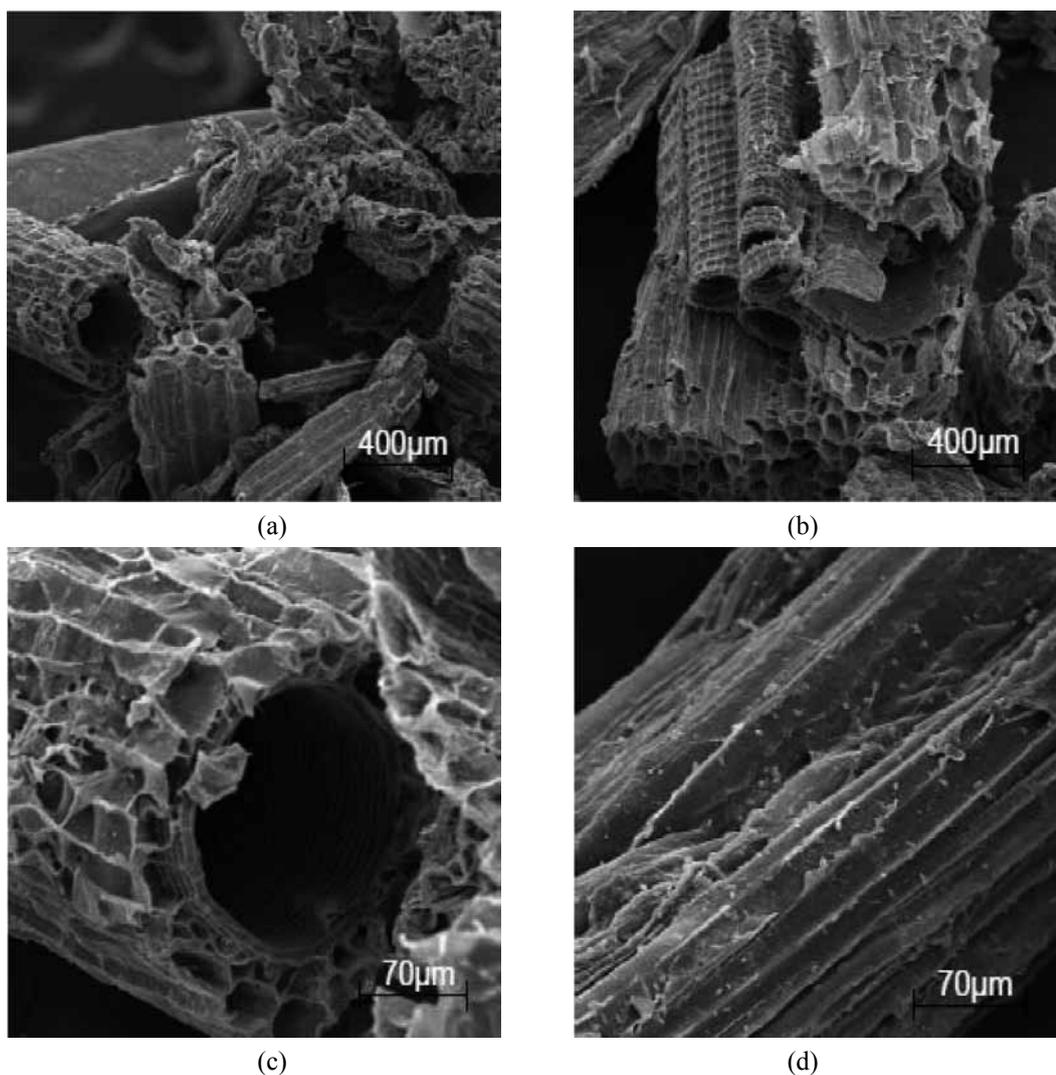


Figura 1. MEV das fibras da palmeira.

A análise realizada por energia dispersiva, EDS, determinou a composição química elementar da fibra, a qual apresentou 39,52% de Carbono e 60,48% de Oxigênio. A Figura 2 evidencia o EDS das fibras. A quantidade de carbono foi satisfatória, pois quanto maior o teor de carbono fixo

maior o calor gerado. Esta análise foi importante, pois foi detectado a ausência de nitrogênio e enxofre, indicando que o processo de gaseificação do briquete resultará em um gás livre de  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$ , gases ácidos que podem produzir corrosão no equipamento, bem como poluir a atmosfera.

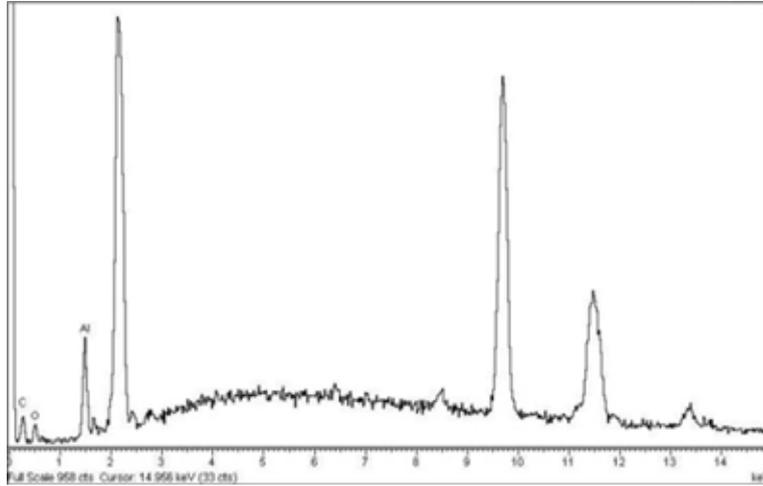


Figura 2. EDS das fibras da palmeira.

A Figura 3 evidencia o aspecto do ferro fundido.

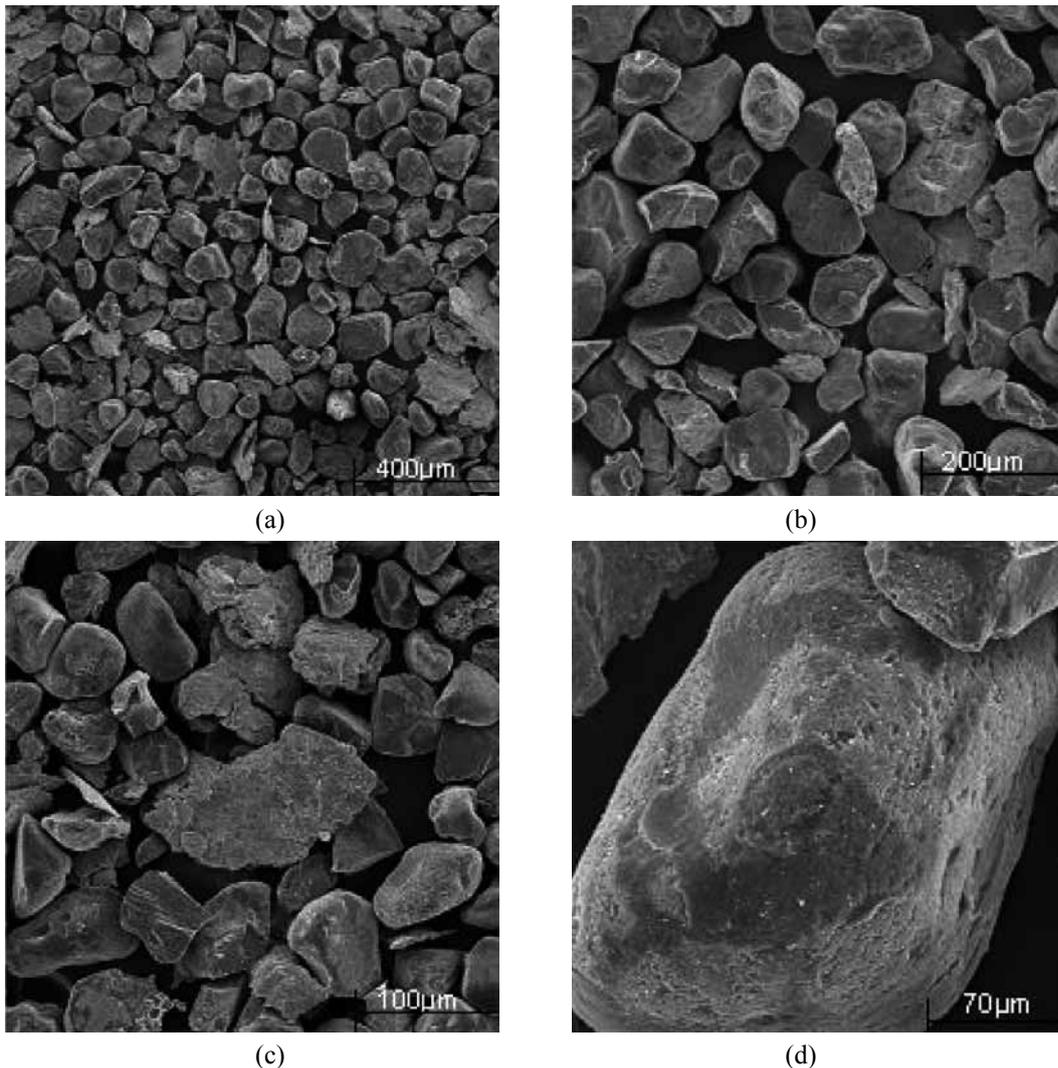


Figura 3. MEV do ferro fundido.

Analisando o EDS do ferro fundido (Figura 4), foi possível determinar a composição química elementar do mesmo, a qual apre-

sentou 26% de Ferro, 12% de Magnésio, 14% de Silício e 6% de Carbono.

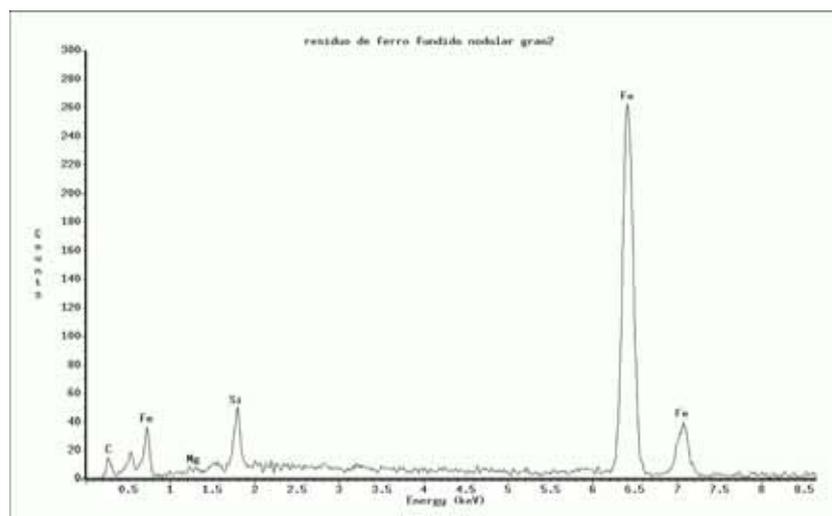


Figura 4.4: EDS do ferro fundido.

#### Determinação do teor de umidade

O valor determinado do teor de umidade das fibras da palmeira foi  $18,3 \pm 2$ , ou seja, relativamente baixo. 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 que é de 30 a 40<sup>14</sup>. De

acordo com Gentil<sup>11</sup> pode-se afirmar que a fibra da palmeira poderá ser utilizada para a produção de briquetes. Gentil<sup>11</sup> 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.

#### Caracterização química das fibras

A Tabela 1 elucida a composição química das fibras da palmeira.

Tabela 1. Composição química das fibras da palmeira.

Componentes	Fibra
Celulose	47,8 ± 5,2
Hemicelulose	23,7 ± 3,1
Lignina	25,9 ± 2,4
Cinzas	1,8 ± 0,3
<b>TOTAL</b>	<b>99,2</b>

A análise da composição química das fibras da palmeira evidenciou o teor de lignina poderá promover a colagem entre as partículas adensadas. Segundo, Gentil<sup>11</sup> 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. Os aglutinantes são utilizados quando o material a ser aglomerado não possui resistên-

cia 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. Neste trabalho a lignina facilitará a colagem, mas serão estudados outros aglutinantes, de acordo com sua função na mistura, os quais podem ser do tipo: matriz, filme ou aglutinantes químicos.

#### 4. 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 a o resíduo na tentativa de formação de briquete autorredutor; O teor de umidade das fibras de 18,3%, a qual permitirá a aglomeração.

#### 5. Referências Bibliográficas

- 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.
- SILVEIRA, Mônica Silva. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador – BA**. 2008. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - UFBA, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- 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.
- CENBIO, Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em <<http://www.cenbio.org.br>>. Acesso em 19 jun. 2011.
- BRIQUETES, Briquetes no Brasil. Disponível em < [http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_briquete.asp](http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_briquete.asp)> Acesso em 30 set. 2011.
- VASCONCELLOS, G. F. **Biomassa- A eterna energia do futuro**. Editora SENAC, São Paulo, 2002.
- MOTA, Emília Gonçalves. **Utilização do linter hidrolisado como fonte de energia**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, 2009.
- CETEM, Centro de Tecnologia Mineral. Disponível em <[www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2007-072-00.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2007-072-00.pdf)> Acesso em 03 set. 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.
- GENTIL, Luiz Vicente Borcony. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- 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.**
- ALARU, M.; KUKK, L.; OLT, J.; MENIND, A.; LAUK, R.; VOLLMER, E.; ASTOVER, A. Lignin content and briquette quality of different fibre hemp plant types and energy sunflower. **Field Crops Research**, v.124, p.332–339, 2011.
- BIOMAX. Disponível em <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquetagem.html>> Acesso em 30 set. 2011.

---

#### Endereço para Correspondência:

Daniella Regina Mulinari - [daniella.mulinari@foa.org.br](mailto:daniella.mulinari@foa.org.br)  
Mestrado Profissional em Materiais (MEMAT/UniFOA)