

ANÁLISE IMEDIATA DO CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO NA REGIÃO DO ALTO-TURI/MA E SUA POSSÍVEL APLICAÇÃO EM ALTO-FORNO PARA PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA.

Thaylan P. ARAÚJO (1); José S. C. VIEIRA (2); Jeovan A. de ARAÚJO (3); Josimar A. de ARAÚJO (4); Deivison F. dos ANJOS (5);

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão/ Campus Zé Doca, Rua da Tecnologia, 215, e-mail: araujothaylan@yahoo.com.br

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão/ Campus Zé Doca, Rua da Tecnologia, 215, e-mail: sebastiaocidreira@ifma.edu.br

(3) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão/ Campus Zé Doca, Rua da Tecnologia, 215, e-mail: araujo_jeovan@yahoo.com.br

(4) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão/ Campus Zé Doca, Rua da Tecnologia, 215, e-mail: araujo_josimar@ymail.com.br

(5) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão/ Campus Zé Doca, Rua da Tecnologia, 215, e-mail: fereriradeivison@yahoo.com.br

RESUMO

O Brasil vem destacando-se na produção de biomassa e desperta o interesse internacional. Atualmente é o maior produtor mundial de carvão vegetal. O setor siderúrgico consome 85% desse insumo onde é utilizado com a função de termorredução. Parte da produção é processada em fornos rudimentares, sem controle da temperatura de carbonização que aliada às suas propriedades intrínsecas resultam em um produto com propriedades indesejadas que o impede de ser aplicado na siderurgia para produção de ferro gusa. A redução da resistência mecânica e a elevada taxa de friabilidade são responsáveis pela geração de finos. O excesso de finos injetados no alto-forno pode obstruir a passagem de ar quente para a combustão dificultando a redução dos minérios de ferro durante a produção de ferro gusa. O controle de suas propriedades imediatas qualifica o carvão vegetal para ser empregado na siderurgia. O objetivo deste trabalho é investigar a dinâmica da cadeia produtiva do carvão vegetal no município de Zé Doca (MA) e sua possível aplicabilidade no processamento de ferro gusa. As amostras foram coletadas em pontos distintos de carvoejamento. A análise imediata revelou que o teor de umidade encontrado é típico de um carvão ideal para a siderurgia. O elevado teor de cinzas contribuiu significativamente para a redução do poder calorífico. A falta de controle durante o processamento resultou em um produto com baixa resistência mecânica e, a implantação de novas tecnologias deve ser levada em consideração para torná-lo apto ao setor siderúrgico.

Palavras-chave: biomassa, carvão vegetal, resistência mecânica, siderurgia, ferro gusa.

1 INTRODUÇÃO

A biomassa é uma antiga fonte energética de grande influência no cotidiano humano. Na pré-história, a lenha era utilizada de forma rudimentar. O carvão vegetal foi largamente utilizado durante a Revolução Industrial ocorrida entre os séculos XVIII e XIX (MELO, 2000).

Os combustíveis renováveis vêm ganhando importância no cenário energético. Estas fontes de energia alternativa possuem potencial para suprir a grande demanda com competitividade e pouco impacto ambiental, seguramente, é forte candidato para ocupar o lugar dos combustíveis fósseis (NETTO et al., 2006).

Devido a sua localização geográfica, o Brasil vem despontando como um grande produtor de biomassa. A demanda mundial por fontes alternativas de energia tem crescido significativamente nos últimos anos e desperta o interesse internacional pelo potencial brasileiro (ALVES, 2010).

O Brasil ocupa atualmente o posto de maior produtor mundial de carvão vegetal, este insumo ocupa uma posição de destaque na economia nacional. Segundo dados publicados por Netto et. al. (2006) são consumidas cerca de 33 milhões de toneladas por ano. O setor industrial responde por quase 85% do consumo de carvão vegetal do país. Na siderurgia é utilizado, simultaneamente, como redutor e fornecedor de calor para a combustão de minérios de ferro no processo produtivo de ferro gusa, aço e ferro-liga. MINISTÉRIO DA INFRA- ESTRUTURA (1990); BROTEL et. al. (2007); FONTE et. al.(2004).

O Brasil produz cerca de 20 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal por ano, sendo quase toda a produção obtida em fornos de alvenaria (MORAIS, 2006), (COUTINHO e FERRAZ, 1988). Entretanto, uma menor parcela é produzida, por meio de medas e caeiras, processos ineficientes quanto ao domínio sobre a carbonização ou pirólise da lenha, que aliados a heterogeneidade do carvão vegetal, resultam em um produto final com propriedades físicas e químicas variadas e indesejáveis, principalmente, ao setor siderúrgico.

Dentre os principais problemas relacionados ao controle do processo produtivo do carvão vegetal, destacam-se a redução da resistência mecânica e elevada taxa de friabilidade. Estes parâmetros são responsáveis pela geração de resíduos finos durante a produção, transporte e alimentação dos alto-fornos. O excesso de finos quando injetados no alto forno podem obstruir a passagem de ar quente na zona de combustão do alto-forno especificamente nas ventaneiras, dificultando a redução dos minérios de ferro durante a produção de ferro-gusa.

O município de Zé Doca-MA destaca-se na atividade agroindustrial, em especial no setor madeireiro devido sua localização geográfica, em função disto atividade de carvoejamento é bastante difundida e complementa o orçamento familiar de agricultores e agricultoras da região.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E/OU TRABALHOS RELACIONADOS

No processamento do ferro gusa o carvão vegetal desempenha a função de termoredutor (GOMES, 2006). Tal característica contribui significativamente para um bom rendimento de um alto forno, gerando um produto final com excelentes propriedades.

As propriedades fundamentais para o carvão vegetal ser empregado no setor siderúrgico são: resistência mecânica, umidade, teor de cinzas materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico. Cada um destes parâmetros desempenha um importante papel na produção de ferro gusa (GOMES, 2006).

A alimentação do alto forno é realizada em camadas alternadas de minérios de ferro, carvão vegetal e fundentes. A resistência mecânica do carvão vegetal deve ser suficiente para não gerar finos e comprometer o rendimento do alto forno. O teor de umidade do carvão vegetal é inversamente proporcional ao seu poder calorífico. Quanto menor for a quantidade de água contida neste insumo, maior será o seu poder de queima. O teor de umidade ideal do carvão vegetal na siderurgia reside na faixa de 6 a 8% conforme a estação do ano seja seca ou chuvosa respectivamente.

Segundo Gomes (2006), o carvão vegetal apropriado para o setor siderúrgico deve ser constituído físico-quimicamente de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 - Características ideais para o carvão siderúrgico

Parâmetros	Valores ótimos (%)
Umidade	< 8%,
Teor de cinzas	1 a 2%,
Carbono fixo	75 a 80%.

Fonte: Adaptado de Gomes (2006)

O Estado do Maranhão é o 3º maior produtor brasileiro de carvão vegetal, contribuindo com 16,9 % da produção nacional (UHLIG et. al., 2008). Além disso, este Estado é cotado como maior produtor de ferro-gusa da região nordeste brasileira, os municípios maranhenses que ocupam maior destaque na produção deste insumo são: Açailândia e Santa Inês, cidades estas, cortadas pela Estrada de Ferro Carajás, responsável pelo transporte de minérios de ferro e manganês, extraídos no Complexo Mineralógico de Carajás, localizado no sudeste do Estado do Pará. Vale ressaltar que a região do Alto Turí maranhense situa-se a 30 Km de Santa Inês e neste contexto inclui-se o município de Zé Doca, principal cidade da região do Alto Turí, daí a necessidade de manter controle sobre a produção de carvão vegetal deste município para atender a demanda do pólo guseiro de Santa Inês.

3 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é investigar a dinâmica do processo produtivo de carvão vegetal no município de Zé Doca (MA), pois, sendo este situado a 70 km do município de Santa Inês (MA), um dos pólos produtores de ferro gusa, torna-se necessário o estudo da aplicabilidade do carvão produzido no referido município em alto-fornos siderúrgicos, e com isso identificar os principais problemas, econômicos, sociais e ambientais desta atividade agro-industrial que ocupa destaque na economia da cidade, a fim de implantar metodologias eficazes que possam ser desenvolvidas pelos agentes da cadeia produtiva desta biomassa, de modo ecologicamente correto, contribuindo de maneira efetiva para o crescimento sócio-econômico da região.

4 METODOLOGIA

4.1 Amostragem

Foram coletadas cinco amostras de carvão vegetal produzido em diferentes pontos na cidade de Zé Doca, município do Estado do Maranhão. Para fins de controle, os pontos de amostragem foram denominados de A, B, C, D, e E. Após a coleta, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Processamento de Biocombustíveis do IFMA-Campus Zé Doca. As amostras foram trituradas e peneiradas usando-se peneira com malha de abertura 0,25mm. Posteriormente empregou-se a técnica de quarteamento para reduzir as amostras suficiente para retirada de alíquotas representativas na faixa de 1 a 2 gramas conforme recomenda a NBR-8112 (MB1857) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Este procedimento foi análogo para todas as amostras.

4.2 Análise imediata do carvão estudado

A caracterização imediata foi realizada em triplicata. As amostras foram pesadas em uma balança analítica de precisão 0,001g, marca BIOPRECISA, modelo FA-2104N. A determinação do teor de umidade foi realizada em uma estufa para esterilização e secagem, marca Brasdonto, modelo 2 a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. O teor de

matéria volátil e de cinzas foi determinado em um forno mufla, modelo N480D da Magno Ltda., conforme sugere o Guia de prática de análise imediata de combustíveis sólidos (PINHEIRO, 2010).

4.3 Determinação de resistência mecânica

O módulo de ruptura à temperatura ambiente (MOR-TA) dos corpos de prova foi determinado pelo método flexão em três pontos. Para tal utilizou-se um equipamento de ensaios mecânicos, marca MTS, modelo 810, com célula de carga 5 kN. Durante a determinação desta propriedade, utilizaram-se procedimentos descritos por VIEIRA (2007). O módulo de ruptura foi calculado pela equação 1.

$$\text{MOR} = (3/2 (F_{\text{max}} * L / b * h^2)) / 9,81 \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde: F_{max} : força de ruptura (N); b (cm) e h^2 (cm²): são largura e altura do corpo de prova respectivamente; L (cm): é a distância entre os pontos de apoio.

4.4 Determinação do poder calorífico

O Poder Calorífico, foi determinado pela equação 2, conforme descrito por Adad (1982).

$$\text{PC} = (82 C + a V) \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde: PC = Poder Calorífico, C = % Carbono Fixo, V = % Materiais Voláteis, a = Coeficiente que varia com a qualidade do carvão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise imediata do carvão é extremamente importante quando o insumo estudado se destina à adequação da produção de ferro gusa. A Tabela 2 apresenta sucintamente os resultados obtidos ao longo da rota de caracterização do carvão investigado. Nela observa-se que os teores de umidade e poder calorífico tendem a um comportamento inversamente proporcional indicando que o acréscimo de água na amostra resulta na tendência de decréscimo do poder calorífico da mesma. De modo análogo a resistência mecânica relaciona-se com o teor de umidade, neste caso pode-se inferir que a água residual deposita-se nos poros da amostra contribuindo para a redução da sua resistência mecânica.

Os resultados revelados neste trabalho apresentaram valores similares entre si, conforme é mostrado na Figura 1.

Tabela 2 – Caracterização imediata do carvão estudado.

AMOSTRAS	ANALISE IMEDIATA DO CARVÃO				PC (Kcal/Kg)	MOR* (Kgf/cm ²)
	Cinzas (%)	Materiais Voláteis (%)	Umidade (%)	Carbono Fixo (%)		
A	14,10 (± 0,21)	12,96 (± 0,87)	7,64 (± 0,14)	65,30 (± 1,01)	6831,73 (± 26,28)	69,17
B	10,25 (± 0,52)	19,79 (± 2,36)	5,06 (± 0,89)	65,43 (± 0,21)	7374,86 (± 67,04)	40,58
C	9,29 (± 0,24)	22,78 (± 2,39)	4,46 (± 0,24)	63,47 (± 0,70)	7513,48 (± 138,97)	13,62
D	13,15 (± 0,16)	24,38 (± 0,63)	5,24 (± 0,44)	57,30 (± 0,34)	7070,83 (± 27,31)	50,76
E	17,93 (± 1,14)	19,12 (± 0,36)	5,79 (± 0,23)	57,16 (± 0,97)	6566,2 (± 269,96)	105,32

O teor de cinzas atingiu uma taxa de variação de 9,29 a 17,93%, o teor de materiais voláteis variou de 12,96 a 24,38% e o teor de carbono fixo atingiu um patamar entre 57,30 e 65,43%. Estes valores estão contraditórios em relação aos resultados de trabalhos já divulgados. Os teores de cinzas e de materiais voláteis estão acima do esperado. Em contrapartida o percentual de carbono fixo situa-se abaixo do esperado. Tal comportamento pode estar relacionado à ausência de controle da temperatura de carbonização. Coutinho & Ferraz (1988), observou que o acréscimo na temperatura de carbonização pode ocasionar aumento do teor de cinzas que por sua vez pode influenciar na redução do poder calorífico do carvão vegetal.

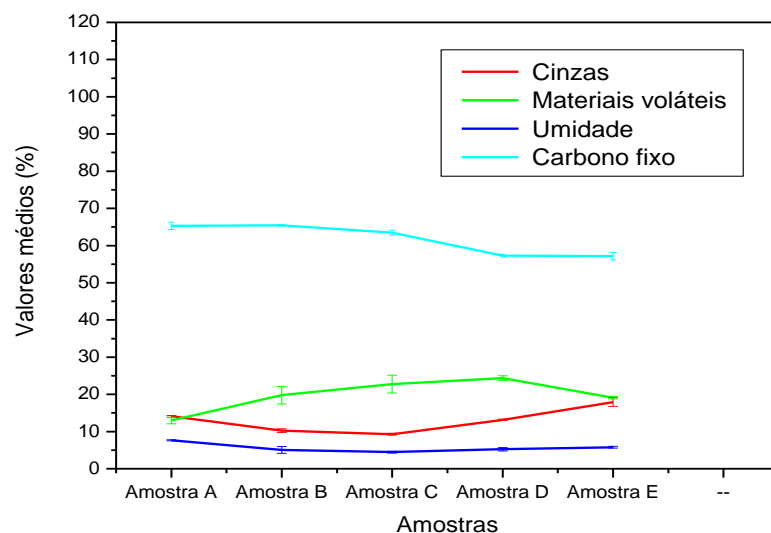


Figura 1 Caracterização imediata do carvão estudado.

Como era de se esperar, as amostras analisadas apresentaram baixa resistência mecânica, como mostram a Tabela 2 e a Figura 3 respectivamente.

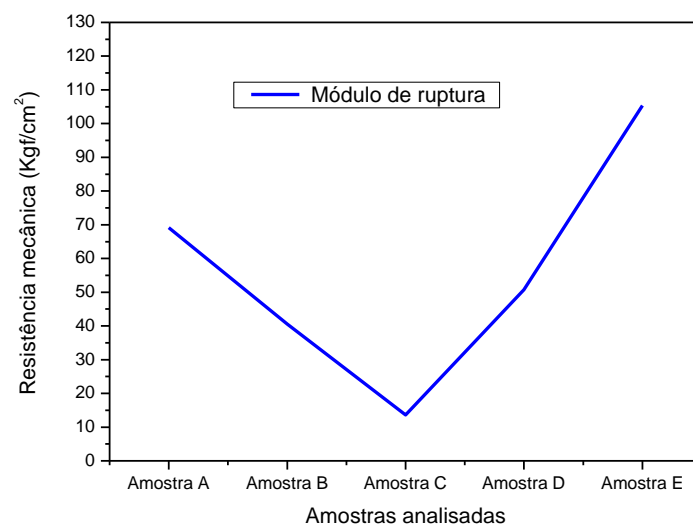


Figura 3 Resistência mecânica do carvão vegetal estudado.

Vale frisar que a forma de alimentação do alto-forno e sua altura exigem maior controle do processo produtivo do carvão. Em Zé Doca-MA, particularmente a produção deste insumo ainda é de modo rudimentar e precisa urgentemente da implantação de tecnologias avançadas para garantir um melhor rendimento e um produto final com propriedades adequadas para aplicar o carvão vegetal no setor siderúrgico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da análise imediata realizada neste trabalho confirmam que o teor de umidade encontrado é típico de um carvão ideal para ser empregado na produção de ferro gusa (< 8%). Os teores de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo apresentaram valores médios diferentes para um carvão destinado à siderurgia. Este comportamento adverso pode ser resultante do processo rudimentar utilizado na produção do carvão vegetal em Zé Doca (MA).

O teor de cinzas influenciou os resultados, reduzindo significativamente os valores de poder calorífico das amostras analisadas. Sendo assim, a adequação do processamento do carvão vegetal visando fins siderúrgicos deve levar em consideração a implantação de tecnologias modernas, controle de umidade da lenha, da temperatura e tempo de carbonização e principalmente do processamento da madeira e das condições de armazenamento da matéria-prima.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Carvão Vegetal - Análise Imediata**. NBR-8112 (MB1857), Outubro 1986.

ADAD, J. M. T. **Controle Químico de Qualidade**; Rio de Janeiro; Guanabara Dois, 1982.

ALVES, W. S. et. al.; **Aproveitamento de resíduos gerados no processamento de carvão vegetal**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão / Campus Zé Doca, Zé Doca, 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INFRA ESTRUTURA. **Balanço energético nacional**, Brasília, 1990, 144p.

BROTEL, M.C.G; TRUGILHO, P.F; ROSADO, S.C.S; SILVA, J.R.M. **Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucaliptus**. Viçosa (MG), Revista Árvore, vol 31, n. 3, p 10-14, 2007.

COUTINHO, A.R; FERRAZ, E.S.B. **Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização**. IPEF, n. 38, p 33-37, abril, 1988.

FONTE, D. J. P; QUIRINO, W. F; PASTORE, F. J. **Aglutinantes para briquetagem de carvão vegetal**. 2004.

GOMES, M. T. M.; **Potencialidades de inserção do carvão vegetal em bolsas de mercadoria** (Dissertação de mestrado apresentada à comissão do Programa Pós Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, 2006).

MELO, V. de P. S. de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2000. **Produção de briquetes de carvão vegetal com alcatrão de madeira**. Orientador: Alexandre Santos Pimenta. Conselheiros: Benedito Rocha Vital e Osvaldo Ferreira Valente.

MORAIS, M.R, et al. **Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz útil a baixa pressão**. Anais... Manaus: Energia no Meio Rural, p 1-8, 2006.

NETTO, Genésio Batista Feitosa et al.. **Caracterização Energética de Biomassas Amazônicas**. An. 6. Enc. Energ. Meio Rural 2006. Disponível <<http://www.proceedings.scielo.br>> Acesso em 14 jun 2010.

PINHEIRO, P. C. da C. **Guia de Prática de Análise Imediata de Combustíveis Sólidos**. Disponível em: <<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/praticas/pratai.htm>. Acessado em: 11 de mar de 2010.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; **O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas**, Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, No. 2, 2.º Sem., pp. 67-85, USP, São Paulo – SP, 2008.

VIEIRA, J. S. C. **Influência do tratamento térmico nas propriedades termo-mecânica de um concreto refratário de alta alumina**. 2007, 166p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-graduação em engenharia de materiais, IFMA, 2007.