



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

Caracterização física termica de biomassa local

Thiago Voigtlander Pereira¹ Omar Seye²

UFGD-FAEN, C. Postal 533, 79804-970 Dourados-MS, E-mail: thiagovp95@hotmail.com

¹Bolsista CNPq do Programa Jovens Talentos para a Ciência

²Orientador

RESUMO

Este trabalho consiste na avaliações experimentais e estimativas do poder energético de biomassas residuais da região do Mato Grosso do Sul. Foram obtidos dados experimentais para a análise imediata de acordo com a norma ABNT NBR 8112 de 1986 (Carvão Vegetal – Análise Imediata). Os dados de Poder Calorífico e de Análise Elementar foram obtidos através de formulas de correlações com a Análise Imediata. Para a obtenção dos dados presentes neste trabalho foram utilizados diversos instrumentos do Laboratório de Engenharia de Energia da Universidade Federal da Grande Dourados, sendo esses uma Estufa, um forno mufla, um moinho de facas, um dessecador, cadinhos, pinças e material de proteção. Foram obtidos dados de Teor de Umidade (%), Teor de Material Volátil (%), Teor de Cinzas (%), Teor de Carbono Fixo (%), Teor de Material Orgânico (%), Análise Elementar (%) e Poder Calorífico (kJ/kg).

Palavras-chave: Biomassa, Energia Renovável, Biocombustível, Caracterização Energética.

1. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia limpa e renovável é perseguida por instituições de pesquisa em todo o planeta. Dentre elas, a biomassa vem ganhando grande destaque por conta da grande quantidade de energia que pode gerar e também pelo seu baixo custo e quase nenhum impacto ambiental.

Biomassa é considerada qualquer tipo de material orgânico que tenha como sua origem um processo biológico, portanto biomassa se refere tanto a produtos de origem animal quanto vegetal. O que faz com que ambos recebam o mesmo nome se dá ao fato de que a matéria orgânica tem origem direta ou indireta do processo de fotossíntese. Atualmente o termo biomassa é mais utilizado referindo-se a produtos energéticos e matérias-primas de tipo renovável que tenham como origem matéria orgânica. (Seye, 2011)

Um tipo de biomassa que é muito utilizada é a biomassa residual, esse tipo se refere as biomassas que são resíduos ou subprodutos de origem de atividades e processos humanos. Um exemplo é o bagaço de cana que é resíduo do processo de extração do caldo de cana, o bagaço pode ser utilizado para produção de energia para a própria usina que realiza esse processo.

O Mato Grosso do Sul, possui um grande número de atividades rurais e industriais. O estado é o quinto maior produtor de cana de açúcar do país, o

sexto maior na produção de soja e é o terceiro maior produtor de milho safrinha. Por conta disso, há uma grande variedade de biomassa residual que são geradas que podem ser utilizadas para a produção de energia (IBGE, 2013).

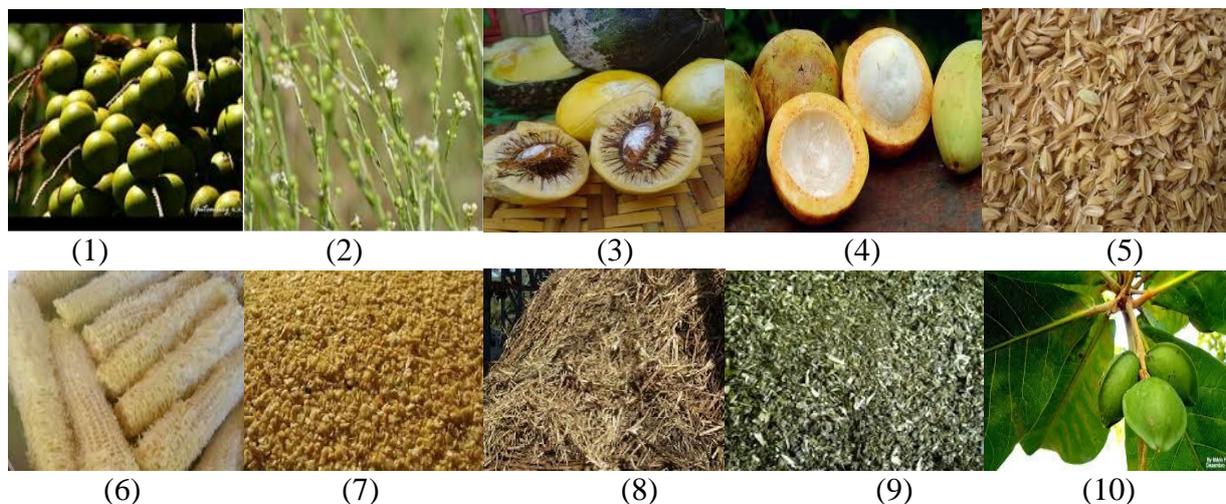
Entretanto, é necessário que seja feito um estudo a respeito dos vetores energéticos resultantes do processo de conversão da biomassa, para verificar se as mesmas podem ser utilizadas como fontes de energia.

O objetivo deste trabalho é, por meio de análises experimentais, estabelecer quais são as características e reais potencialidades energéticas de algumas biomassa residual presentes no Mato Grosso do Sul, sendo essas a casca de pequi, o farelo de crumbe, a casca de bocaiúva, a casca de bacuri, a casca de arroz, o sabugo de milho, o farelo de soja, o bagaço de cana, a torta de girassol e a casca de sete copas.

2. METODOLOGIA

2.1. AMOSTRAS DE BIOAMASSA

As biomassa estudadas são todas ou nativas do estado do Mato Grosso Sul ou produzidas em grande escala no estado. Todas as amostras utilizadas neste estudo são do Laboratório de Engenharia de Energia da UFGD. As imagens abaixo mostram as biomassa *in natura*.



Imagens: (1)Bocaiúva (2)Crambe (3)Pequi (4)Bacuri (5)Casca de Arroz (6)Sabugo de Milho (7) Farelo de Soja (8)Bagaço de Cana (9)Torta de Girassol (10)Sete Copas

2.2. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados são todos do Laboratório de Engenharia de Energia da UFGD. Os equipamentos utilizados para realização do análise imediata. Para o tritramento das amostras foi utilizado um moinho de facas SOLAB SI31, imagem 11. Para secagem foi utilizado uma estufa Spencer scientific 420-1d, imagem 12. Para a realização dos experimentos de material volátil e teor de cinzas, foi utilizada um forno mufla Novus N1100, imagem 13. Para o resfriamento das amostras sem a reabsorção de umidade foi utilizado dois dessecados, imagem 14. Para pesagem foi utilizado uma

balança de precisão Mark S3102 3100g (0.01 g), da Bell Engineering, imagem 15. Os cadinhos e material de proteção são mostrados na imagem 16.



(11)



(12)



(13)



(14)



(15)



(16)

2.3. PROCEDIMENTOS

A análise imediata foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 8112 de 1986 (Carvão Vegetal – Análise Imediata).

- Teor de Umidade

O teor de umidade representa a quantidade de água presente na biomassa. Ela pode ser fornecida em base úmida e base seca. Para se obter o teor de umidade é preciso secar os cadinhos na estufa por 60 minutos a $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Depois de secos os cadinhos, pesar e anotar a massa dos cadinhos secos, colocar 1 g de biomassa e levar de volta para a estufa e deixar secar por tempo previamente estudado. Após seco pesar e anotar a massa. O Teor de Umidade é calculado utilizando as seguintes fórmulas. Os resultados deste trabalho são apresentados somente em base úmida por ser mais utilizada em trabalhos científicos.

Base Úmida

$$TU_{bu} (\%) = \frac{M_{H_2O}}{M_{biomassa}} * 100$$

Base Seca

$$TU_{bs} (\%) = \frac{M_{H_2O}}{M_{biomassa_seca}} * 100$$

Legenda: TU_{bu} é o teor de umidade em base umida. TU_{bs} é o teor de umidade em base seca. M_{h_2o} é a massa de água presente na biomassa. $M_{biomassa}$ é a massa da biomassa antes da secagem. $M_{biomassa_seca}$ é a massa da biomassa após a secagem.

- Teor de Material Volátil

O teor de material volátil representa a parte da biomassa que volatiliza a temperaturas altas. Para obter o teor de material volátil é necessário secar os cadinhos novamente. Depois de secos colocar 1g de biomassa já seca em cada cadinho e levar a mufla a $900\pm 10^\circ C$ e deixar 3 minutos eles na tampa da mufla e depois 7 dentro da mesma. Depois do processo, deixar os cadinhos resfriarem em um dessecador para não reabsorberem umidade. Pesá-los e anotar a massa. O teor de material volátil é calculado utilizando a seguinte fórmula.

$$MV(\%) = \frac{M_{MV}}{M_{biomassa_seca}} * 100$$

Legenda: MV é o teor de material volátil. M_{MV} é a massa da biomassa após o experimento de material volátil. $M_{biomassa_seca}$ é a massa da biomassa após a secagem.

- Teor de Cinzas

O teor de cinzas representa a massa da biomassa que não sofre combustão. O teor de cinzas é obtido colocando um 1g de biomassa seca em cadinhos já secos e levando o conjunto à mufla a $700\pm 10^\circ C$ e deixar lá por 60 minutos. Passando os 60 minutos, retirar os cadinhos da mufla e deixá-los resfriar dentro do dessecador para não reabsorverem umidade. Após o processo, pesá-los e anotar a massa. O teor de cinzas é obtido utilizando a seguinte fórmula.

$$TC(\%) = \frac{M_{cinzas}}{M_{biomassa_seca}} * 100$$

Legenda: TC é teor de cinzas. M_{cinzas} é a massa da biomassa após as cinzas. $M_{biomassa_seca}$ é a massa da biomassa após a secagem.

- Teor de Carbono Fixo

O Teor de carbono fixo não contém parte experimental direta, mas ele precisa das outras análises para que possa ser calculado. Ele é obtido através da seguinte fórmula.

$$CF(\%) = 100 - (TC + MV)$$

Legenda: CF é o teor de carbono fixo. TC é o teor de cinzas. MV é o teor de material volátil.

- Teor de Material Orgânico

O Teor de material orgânico, assim como o teor de carbono fixo, não possui parte experimental direta. Ele é obtido através da seguinte fórmula.

$$MO(\%)=100-(TC)$$

- Poder Calorífico

O poder calorífico representa a quantidade de energia produzida com a queima da biomassa. Ele é obtido utilizando uma bomba calorimétrica. Quando este trabalho foi feito, a bomba calorimétrica do laboratório de Engenharia de Energia da UFGD ainda não estava instalada. Por conta disso, o poder calorífico foi obtido através de correlações com a análise imediata encontradas na literatura (PARIKH, 2005). As fórmulas de correlações estão abaixo.

$$(1) PC(MJ / kg) = 0,3536(CF) + 0,1559(MV) - 0,0078(TC)$$

$$(2) PC(MJ / kg) = 76,56 - 1,3(MV + TC) + 0,00703(MV + TC)^2$$

$$(3) PC(MJ / kg) = 354,3(CF) + 170,8(MV)$$

$$(4) PC(MJ / kg) = 0,196(CF) + 14,119$$

$$(5) PC(MJ / kg) = -10814,08 + 313,3(CF + MV)$$

- Análise Elementar

A análise elementar determina a porcentagem da massa que representa um elemento químico. Quando foi realizado este trabalho, a UFGD não tinha o equipamento para a realização da análise elementar. Portanto ela foi obtida por meio de correlações com a análise elementar encontradas na literatura (PARIKH, 2007). As fórmulas de correlações estão abaixo.

$$C(\%)=0,637(CF)+0,455(MV)$$

$$H(\%)=0,052(CF)+0,062(MV)$$

$$O(\%)=0,304(CF)+0,476(MV)$$

Legenda: C é a porcentagem de Carbono. O é a porcentagem de oxigênio. H é a porcentagem de hidrogênio

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1, mostra os resultados de análise imediata das 10 biomassas obtidos experimentalmente. Cada dado é resultado de uma média de 10 experimentos.

Tabela 1: Resultados da análise imediata

		Teor de umidade (%)	teor de voláteis (%)	teor de cinzas (%)	teor de carbono fixo (%)	Material orgânico (%)
1	pequi	6,62	81,67	1,78	16,55	98,22
2	crambe	8,00	76,74	7,14	16,12	92,86
3	bocaiuva	7,40	74,92	3,51	21,57	96,49
4	bacuri	9,33	74,04	5,53	20,43	94,47
5	casca de arroz	9,00	64,10	18,30	17,60	81,70
6	sabugo de milho	7,00	88,87	2,00	9,13	98,00
7	farelo de soja	9,30	80,00	6,40	13,60	93,60
8	bagaço de cana	10,08	80,42	5,71	13,87	94,29
9	torta de girassol	8,00	75,50	5,83	18,67	94,17
10	7 copas	9,50	70,43	3,71	25,86	96,29

Quanto ao teor de umidade, foram encontrados dados na literatura somente para a casca de arroz, sabugo de milho, farelo de soja e para o bagaço de cana. Para a casca de arroz foram encontrados valores de 7,9% (DINIZ, 2005) e 10,61% (MORAIS et al, 2005), para o sabugo, o valor encontrado foi de 17,1% (LIMA, 2004), para o farelo de soja, 6,3% (WERTHER et al, 2000) e para o bagaço de cana 8,2% (KATYAL, 2003). Isso mostra que, com exceção do farelo de soja, os valores de teor de umidade estão próximos, essa diferença no farelo de soja pode estar relacionada as diferenças nas amostras, como o tipo de soja, o ambiente onde foi plantada, o ambiente onde foram feitos os experimentos, etc. Um alto teor de umidade é prejudicial para a biomassa pois quanto maior a quantidade de umidade mais energia vai ter que ser utilizada para retirar a mesma. O trabalho Seye et al (2008) mostra que um teor de umidade de até 14% gera nenhuma ou muito pouca dificuldade no processo de combustão. Levando isso em conta todas as biomassas analisadas estão dentro deste limite.

Dados encontrados na literatura mostraram para a casca de arroz valores de teor de voláteis de 63,3% (NOGUEIRA, 2007) e 64,24% (MORAIS et al, 2011), para o sabugo de milho foi encontrado 87,4% (DEMIRBAS, 2004), para o farelo de soja o valor encontrado foi de 69,6% (WERTHER et al, 2000) e para o bagaço de cana foram encontrados 79,70% (ROCHA, 2004) e 83,10% (KATYAL, 2003). Isso mostra que o teor de material volátil obtido também se mostrou próximo dos valores encontrados na literatura. Lewandowski (1997) apud Klautau (2008) mostra que o material volátil interfere diretamente na facilidade de se queimar uma biomassa, pois quanto maior o teor de voláteis maior será a reatividade e consequentemente a ignição.

O teor de cinzas, quando muito alto, pode gerar problemas quanto a manutenção, além de comprometer o processo de combustão, pois as cinzas representam a parte da biomassa que sobra após a queima. Vale et al (2011) determina que os valores acima de 7% comprometem o processo de combustão, e dentre as biomassas estudadas somente a casca de arroz se mostrou muito acima deste valor, isso pode se dar por conta do alto teor de silício presente na casca de arroz. Na literatura foram encontrados valores de teor de cinzas para a casca de arroz de 17,1% (DINIZ, 2005) e 20,6% (NOGUEIRA, 2007), para o sabugo 1,1% (DEMIRBAS, 2004), para o farelo de soja 5,1% (WERTHER et al, 2000) e para o bagaço de cana 4,2% (KATYAL, 2003). Mostrando que os valores obtidos experimentalmente estão próximos do da literatura.

O teor de carbono fixo representa a porcentagem da biomassa após a retirada da umidade, das cinzas e do material volátil. Demirbas (2004) encontrou um valor de 16,7% para a casca de arroz, quanto ao sabugo de milho, Paula et al (2011) apresenta um valor de 18,32%. Para o farelo de soja foi encontrado 19% (WERTHER et al, 2000) e para o bagaço de cana 12,7% (KATYAL, 2003).

Os dados da tabela 2 apresentam os poderes caloríficos obtidos através das formulas de correlação com a análise imediata (PARIKH, 2005). O bagaço de cana, no estudo de Rocha (2002), apresentou um poder calorífico de 16,29 (MJ/kg). Para Rocha (2002) o valor encontrado para a casca de arroz foi de 15,29 (MJ/kg). Para Paula et al (2011) o farelo de soja representou um poder calorífico de 18,86 (MJ/kg). Segundo Rocha (2002), o sabugo de milho tem um poder calorífico de 15,65 (MJ/kg). O poder calorífico representa a quantidade de energia liberada em forma de calor durante a queima de determinada quantidade da biomassa.

Tabela 2: Poder calorífico obtido através de formulas de correlação com análise imediata

	Equação 1 (MJ/kg)	Equação 2 (MJ/kg)	Equação 3 (MJ/kg)	Equação 4 (MJ/kg)	Equação 5 (MJ/kg)	Média (MJ/kg)
pequi	18,57	17,03	19,81	17,36	19,96	18,55
crambe	17,61	16,98	18,82	17,28	18,28	17,79
bocaiuva	19,28	17,84	20,44	18,35	19,42	19,07
bacuri	18,72	17,63	19,88	18,12	18,78	18,63
casca de arroz	16,07	17,17	17,18	17,57	14,78	16,56
sabugo de milho	17,07	16,48	18,41	15,91	19,89	17,55
farelo de soja	17,23	16,72	18,48	16,78	18,51	17,55
bagaço de cana	17,40	16,74	18,65	16,84	18,73	17,67
torta de girassol	18,33	17,33	19,51	17,78	18,69	18,33
7 copas	20,10	18,82	21,19	19,19	19,35	19,73

A análise elementar representa a porcentagem de carbono, hidrogênio e oxigênio presentes na biomassa. McKendry (2002) afirma que a análise elementar está diretamente ligada ao poder calorífico de modo que quanto maior for a proporção de oxigênio e hidrogênio em relação ao carbono, menor será o poder calorífico, pois a energia nas ligações entre carbono e carbono é maior do que a entre carbono e hidrogênio e a entre carbono e oxigênio. A tabela 3 apresenta os valores da análise elementar obtidos através de formulas de correlação (PARIKH, 2007).

Tabela 3: Análise elementar obtido através de formulas de correlação com análise imediata

	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Oxigênio (%)
pequi	47,70	5,92	43,91
crambe	45,19	5,60	41,43
bocaiuva	47,83	5,77	42,22
bacuri	46,70	5,65	41,45
casca de arroz	40,38	4,89	35,86
sabugo de milho	46,25	5,98	45,08
farelo de soja	45,06	5,67	42,21
bagaço de cana	45,43	5,71	42,50
torta de girassol	46,25	5,65	41,61
7 copas	48,52	5,71	41,39

4.CONCLUSÃO

Embora ainda seja necessário realizar um estudo mais aprofundado para determinar com certeza, as biomassas analisadas mostraram ter potencial para serem utilizadas na produção de energia por meio da queima direta ou por meio da produção de carvão.

Todas as biomassas apresentaram um teor de umidade baixo, o que faz com que seja necessário uma quantidade pequena de energia para fazer a retirada dessa mesma umidade.

O teor de materiais voláteis obtidos experimentalmente para as biomassas são relativamente altos, o que faz com que tenham uma certa facilidade para se realizar a queima.

Com exceção da casca de arroz, todas as biomassas apresentaram um teor de cinzas dentro dos limites que não comprometem o processo de combustão. Entretanto isso não significa que a casca de arroz não possa ser utilizada, só significa que será necessário uma manutenção melhor, a locais no Brasil que realizam a queima direta da casca de arroz para a produção de energia.

Os poderes caloríficos obtidos são todos altos quando comparados com dados de biomassas residuais encontrados na literatura. Entretanto é necessário a realizar estudos experimentais para que seja possível determinar um poder calorífico mais correto para as biomassas.

A análise elementar das biomassas se mostrou muito boa, pois a porcentagem de carbono se mostrou relativamente maior em relação a de oxigênio e a de hidrogênio. Porém, do mesmo modo que os dados do poder calorífico, é necessário um estudo experimental para poder determinar corretamente os valores da análise elementar.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao FUNDECT pelo financiamento do projeto coordenado pelo professor Omar de título “*Obtenção e caracterização de carvão vegetal de farelo de crambe*” FUNDECT-MS N° 10/2011 (processo n° 23/200.755/2012). Agradecimentos também ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica “Jovens Talentos pela Ciência”. Os autores agradecem também à José Carlos Venturin e David Correia da Silva técnicos dos laboratórios de engenharia de energia da UFGD e também a própria universidade pelo uso dos laboratórios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMIRBAS, A., 2004, Combustion characteristics of different biomass fuels. Progress in energy and combustion science.

DINIZ, J., 2005, Conversão Térmica de Casca de Arroz à baixa temperatura: Produção de Bioóleo e Resíduo Sílico Carbonoso Adsorvente.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. CIDADES. Disponível

em<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=50&search=mato-grosso-do-sul>> Acessado de setembro a outubro de 2013.

KATYAL, S.; THAMBIMUTHU, K.; VALIX, M., 2003, Carbonisation of bagasse in a fixed bed reactor: influence of process variables on char yield and characteristics.

KLAUTAU, J. V. P., 2008, Análise Experimental de uma Forno a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos.

LIMA, G. B. G., 2004, Utilização de Biomassa na Secagem de Produtos Agrícolas via Gaseificação com Combustão Adjacente dos Gases Produzidos.

MCKENDRY, P., 2002, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass.

MORAIS, M. R.; SEYE, O.; FREITAS, K. T.; RODRIGUES, M.; SANTOS, E. C.S.; SOUZA, R. C. R., 2011, Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz utilizando baixa pressão de compactação. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/089.pdf>. Acesso em setembro de 2013.

NOGUEIRA, M. F. M. Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis – SC 2007.

PARIKH, J., CHANNIWALA, S.A., GHOSAL, G.K., A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. Fuel, n° 84, p. 487-494, 2005.

PARIKH J., CHANNIWALA S.A., GHOSAL G.K., A correlation for calculating elemental composition from proximate analysis of biomass materials. *Fuel*, nº 86, pp. 1710–1719, 2007.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of Residues from Plant Biomass for use in Energy Generation. *Cerne*, Lavras, v. 17, n. 2, p. 237-246, abr./jun. 2011.

ROCHA, J. D. Gaseificação da Biomassa: Histórico e Conceitos Básicos. In: *Tecnologia e Estado da Arte da Gaseificação de Biomassa*, Universidade do Amazonas, Manaus, 8 e 9 de abril de 2002.

ROCHA, J. D.; PÉREZ, J.M. M.; CORTEZ, L.A.B. Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa. Curso —Energia na Indústria de Açúcar e Alcool UNIFEI, Itajubá, 12-16 de julho de 2004.

SEYE, O., 2011, Apostila Energia da Biomassa: curso Engenharia de Energia. SEYE O, SOUZA RCR, BACELLAR AA, RAMOS DE SOUZA CD, DE MORAIS M. R. Caracterização do Caroço de Açaí como insumo para geração de Eletricidade via Gaseificação. In: *Proceedings: AGRENER GD 2008-7º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural*. Universidade de Fortaleza – Unifor: Fortaleza (CE); 23rd to 26th September 2008. Available from: <http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2008/Artigos/31.pdf>.

VALE, A.T; MENDES, R.M.; AMORIM, M.R.S.; DANTAS, V.F.S. Potencial Energético da Biomassa e Carvão Vegetal do Epicarpo e da Torta de Pinhão Manso (*Jatropha curcas*). *Cerne*, Lavras, v. 17, n. 2, p. 267-273, abr./jun. 2011.

WERTHER J.; SAENGER, M.; HARTGE, E. U.; OGADA, T.; SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. *Progress in energy and combustion science*. Alemanha: Pergamon, v.26, p. 1-27, 2000.