

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Potencial dendroenergético da espécie *Peltophorum Dubium* (spreng.) Taub. (canafístula) para produção de biocombustíveis sólidos ¹

Caroline Thaís Eckert ², Elisandro Pires Frigo³, Kenia Gabriela dos Santos², Reinaldo Apareciso Bariccatti⁴, Samuel Nelson Melegari de Souza⁵, Késia Damaris de Azevedo Frigo²,
Rayssa Fernanda dos Santos⁶

¹ Aceito para publicação no 1º Trimestre de 2015

² Mestrandas em Engenharia de Energia na Agricultura- Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
carolt.eckert@gmail.com, keniagabriela.santos@gmail.com,
kesia.damaris@gmail.com

³ Professor Dr. no Departamento de Engenharias e Exatas na Universidade Federal do Paraná- UFPR, epfrigo@gmail.com

⁴ Professor Dr. no Departamento de Química na Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, bariccatti@yahoo.com.br

⁵ Professor Dr. no Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, samuel.souza@unioeste.br

⁶ Acadêmica do curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná- UFPR, rayssa_fer@hotmail.com

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da madeira de espécie *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula) para geração de combustíveis sólidos, como alternativa de suprimento a setores industriais, nos formatos de pelete, briquete e fluff (maravalha). Determinou-se as características da madeira como a umidade, compostos voláteis e cinzas. A madeira obteve baixa quantidade de umidade e cinzas, assim como alto poder calorífico, contabilizando-a como uma boa alternativa florestal para suprimento energético.

Palavras Chave: Carbonização, densificação de biomassa, biocombustíveis.

**POTENTIAL OF WOOD ENERGY SPECIES PELTOPHORUM DUBIUM
(SPRENG.) TAUB. (CANAFÍSTULA) FOR THE PRODUCTION OF SOLID
BIOFUELS**

Abstract: This study aimed to evaluate the quality of the wood species *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula) for generation of solid fuels as an alternative supply to industries in the pellet, briquette and fluff (shavings) formats. Determined the characteristics of wood as moisture, volatiles, fixed carbon and ash. The wood obtained low humidity and ash, and high calorific value, counting it as a good alternative for forest energy supply.

Keywords: Carbonization, wood densification, biofuels.

Introdução

A árvore da espécie *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula), pertencente à família Leguminosae, nativa no domínio da Floresta Estacional Semidecidual, caracterizada por ser uma planta rústica e de rápido crescimento, no entanto, não tendo presença principal no dossel, apenas secundariamente, obstante a isso, possui desenvolvimento em várias regiões brasileiras (DONADIO E DEMATTÊ, 2000).

De acordo com o trabalho de Shimizu e colaboradores (1987) relataram sobre o desenvolvimento da Canafístula em distintos locais brasileiros, verificando que no município de Toledo, localizado na mesorregião oeste do estado do Paraná, reúne as melhores condições ambientais para o crescimento da árvore, até os três anos de idade (em torno de 5,17m de altura, no período estudado). Em outro ensaio experimental, Nicodemo et al. (2009) avaliaram a taxa de sobrevivência acumulada de distintas espécies, em que a Canafístula obteve 90% de sobrevivência implantada na região sudeste brasileira.

A madeira dessa espécie é caracterizada como resistente, empregada especialmente na construção civil e marcenaria. Outra destinação é a geração energética, em que apresenta menores problemas relacionados à poluição, quando comparada a fontes fósseis, tendo em vista que possui reduzidas concentrações de enxofre (BRITO, 2007).

Dentre os processos de produção de energia provindas da madeira, está a carbonização, em que a madeira é parcialmente queimada. Os aspectos mais interessantes da

biomassa, para esse propósito, são a densidade e o poder calorífico superior, sendo a densidade da Canafístula, considerada alta, $0,87 \text{ g.cm}^{-3}$, e que está positivamente correlacionada ao conteúdo calorífico da madeira, de $4.755 \text{ kcal.kg}^{-1}$ (Quirino et al., 2005), tornando-se uma madeira atrativa para o procedimento energético citado.

Para a utilização em processos de combustão, faz-se necessário o uso da madeira em estado bruto ou que sofra algum procedimento de densificação, em que distintos fragmentos ou partículas de biomassa são condensados formando produtos como, briquetes, peletes e fluffs (BRITO, 2007).

A densificação da biomassa apresenta diversas vantagens, como o aumento do conteúdo calorífico do material por unidade de volume, facilidade na manipulação, transporte e armazenamento, além da homogeneidade de forma e a granulometria (YAMAJI, et al., 2013). Possuem menores teores de umidade em comparação com a lenha (até 12%, enquanto que a lenha possui mais de 20%), aumentando sua capacidade de disponibilidade energética (PARIKKA, 2004).

Os peletes são fragmentos condensados em um tamanho mais reduzido, em comparação com os briquetes. O processo de peletização consiste em comprimir a matéria-prima sobre uma matriz perfurada com o auxílio de rolos, e dependente da forma do rolo de compressão, que criará o molde do pelete (FERREIRA, 2013).

E o fluff, também nominado como maravalha, é a biomassa fragmentada, mas que não possui processo de condensação, tendo baixa densidade, e variabilidade de umidade. São tipicamente utilizados em processos de combustão industriais, em caldeiras, onde não são necessárias adaptações do material (SILVA, 2013).

No relatório IEA (2003) para o ano de 2050, tem-se como perspectiva um aumento de até 15% na demanda mundial de combustíveis a partir de biomassa sólida, constituindo um aumento na produção e no consumo, não estando apenas como alternativa para países em desenvolvimento.

Neste ensaio experimental analisou-se a biomassa da Canafístula com a finalidade de viabilização do uso desta madeira para a produção de combustíveis sólidos, como o briquete, peletes e fluffs. Efetuando quantificações de suas especificidades e determinando a funcionalidade da mesma, acentuando distinções entre duas metodologias, ASTM (D3172, D3173, D3174 e D3175) baseada na quantificação de características do carvão e do coque, e

ASTM (E870-82) caracterizando a madeira especificamente para produção de combustíveis madeireiros.

Materiais e Métodos

Local de estudo

O experimento foi executado no Laboratório de Química Orgânica da Universidade Federal do Paraná, na cidade de Palotina, e em seguida, replicado, no Laboratório de Biocombustíveis da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Cascavel, com coordenadas: Latitude 24° 17' 02" Sul e Longitude 53° 50' 24" Oeste e 24° 57' 21" Sul 53° 27' 18" Oeste, respectivamente.

A madeira analisada foi obtida em uma propriedade rural da localidade de Palotina, com 3 anos de idade, amostrada aleatoriamente e em triplicata, com um peso médio de 1,0000 g, sendo submetidas a análises imediatas e de poder calorífico. Estando localizada no perímetro pertencente a Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012).

Análises imediatas - ASTM

A metodologia empregada para umidade, compostos voláteis, cinzas, foram de Análise Imediata para Carvões em Madeiras de Alta Densidade, com o método ASTM Standart (D3172, D3173, D3174 e D3175) e a Análise Imediata para biomassa e resíduos, utilizando o método ASTM (E870-82).

Análise do poder calorífico

O poder calorífico é a quantidade de energia por unidade de massa liberada na oxidação de um determinado combustível. Considerado como o parâmetro mais importante para decidir e comparar a eficácia de qualquer combustível (KUMAR, et al., 2011).

A bomba calorimétrica utilizada para esta análise foi a de modelo E2K da marca TÜV Rheinland, sendo que mensura o aumento da temperatura do recipiente com uma massa constante, volume e pressão em um ambiente isotérmico. O aumento de temperatura é proporcional à energia liberada, produzindo a energia específica (com peso é conhecido). O valor calorífico bruto obtido é então relacionado a calibração, e o poder calorífico de uma amostra. Obtendo valores em MJ/kg, e atuando em uma temperatura que varia de 0 a 12 °C acima da temperatura ambiente, e com pressão de 30000 kPa.

Resultados e discussão

Análise imediata de carvões e madeiras de alta densidade. ASTM (D3172 a D3176)

Umidade

Utilizando o método ASTM (D3172 até D3176) para Análise Imediata de carvões e madeiras de alta densidade, analisaram-se amostras de madeira de Canafístula que forneceram dados sobre as frações em peso de umidade, voláteis e cinzas.

A primeira etapa do método foi a determinação da umidade presente na biomassa, em que o material foi submetido a estufa, durante 2 horas, com temperatura de 110°C. A umidade inicial da madeira acondicionada em ambiente ventilado e sob insolação varia até cerca de 12% (LOPES, et al., 2014).

A quantidade máxima de umidade em uma madeira para combustão em fornos está em torno de 65% a 70% em base úmida. Essa umidade constitucional permite que ocorram perdas de calor nos gases de combustão, formando vapor d'água (QUIRINO, et al., 2005). Alguns estudos demonstram que a condutividade térmica de um material no estado seco, é sempre menor do que quando o material está saturado, qualquer que seja a natureza do material (VOLOLONIRINA, et al., 2014).

O tamanho da amostra é mais significativo quando considera-se a umidade relativa da madeira, pois quanto menor for o fragmento de biomassa utilizada, menos umidade deve estar disposta para incorporação no material (LAMARCHE, et al., 2013).

A umidade analisada nas amostras foram de 0,1004g, 0,1009g e 0,1025g respectivamente, com uma média percentual de 10,12%, estando abaixo dos limites para carbonização.

Compostos voláteis

A fração de compostos voláteis foi liberada em aquecimento, ocorrendo a 950 °C, condicionando os compostos que possuíam baixo ponto de ebulição para que vaporizassem, restando apenas o carbono coque.

De acordo com Soares et al (2014) os compostos voláteis estão correlacionados positivamente pela presença de teores de oxigênio e hidrogênio, devido a presença de

extrativos oxigenados, além de que, a quantia de carbono presente nas amostras também está correlacionada com os materiais voláteis, portanto, quanto maior a quantidade de carbono e oxigênio, maior será a de compostos voláteis.

A quantia aferida de compostos voláteis foi de 0,0088 g, 0,0074 g e 0,0074 g, respectivamente à quantia de amostra umida inicial, tendo como valor médio percentual de 78% de compostos voláteis presentes na madeira analisada.

Cinzas

O teor de cinzas foi mensurado de acordo com o material restante no cadinho, após as análises termogravimétricas, em que o material permaneceu em uma mufla por 2 horas a 750 °C. A quantidade de cinzas obtida no fim do processo foi de 0,7%.

Em madeiras de climas temperados as cinzas são predominantemente constituídas por potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), enquanto que em madeiras tropicais podem ocorrer em maior quantidade outros elementos, como por exemplo, o silício (Si) (SILVA, 2010), destacando essa última tipologia climática como a analisada no experimento.

Os resultados obtidos demonstram um baixo Teor de Cinzas, sendo que a amostra foi quase totalmente consumida nos processos de carbonização, demonstrando a alta carga energética da madeira Canafístula.

Análise Imediata para biomassas e resíduos - Método ASTM (E870-82)

Umidade

E segundo o método ASTM (E870-82) para Análise Imediata para Biomassa e Resíduos, foram determinadas as quantidades de umidade e cinza presentes na amostra de Canafístula. As análises foram realizadas utilizando amostras de 1,6248 g, 1,8094 g e 1,8709 g, respectivamente.

Foram submetidas a aquecimento em estufa por 2 horas em 110 °C, com a finalidade de retirar e quantificar a umidade presente na amostra. Os resultados obtidos foram de 0,0705 g, 0,0980 g e 0,1087 g, respectivamente. Obtendo um valor médio percentual de 9,24% de umidade.

Para a extração dos compostos voláteis e de umidade que ainda estava presente na madeira, o material amostral foi submetido ao processo de carbonização na mufla, a 850°C por 6 minutos. As amostras foram mensuradas, resultando-se em 0,2122 g, 0,4307 g e 0,4723 g, resultando como uma porcentagem média de 79,29% de compostos voláteis e umidade residual.

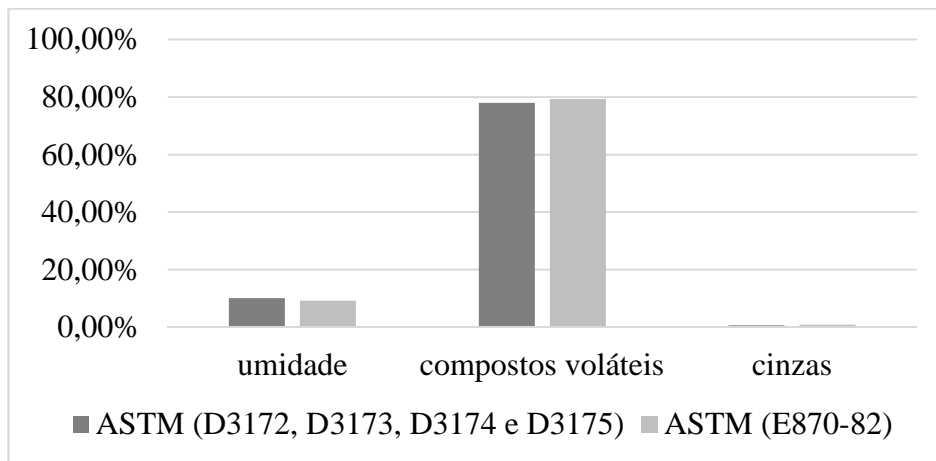
Cinzas

As cinzas foram calculadas de acordo com o material que permaneceu depositado no cadinho de referência, permanecendo em mufla por 2 horas a 750 °C.

De acordo com a aferição realizada, os resultados obtidos foram de 0,9% de cinzas em média para as amostras analisadas.

As características da Canafístula obtiveram um padrão em comparação com o primeiro método, portanto, independente do método, a madeira possui qualidades combustíveis (Fig. 1).

Figura 1: Comparação entre as Análises Imediatas ASTM (D3172, D3173, D3174 e D3175) e ASTM (E870-82)



Análise Calorimétrica

As análises calorimétricas foram realizadas em triplicata, utilizando uma bomba calorimétrica de modelo E2K, da marca TÜV. A quantidade amostral foi de 8,4476 g, 8,3737 g e 8,4436 g. Cada amostra que foi submetida a análise resultou em 4,174 Kcal/kg, 4,262 Kcal/Kg e 4,136 Kcal/Kg, respectivamente.

A média para o poder calorífico resultante foi de 4,190 Kcal/kg, estando um pouco abaixo do que foi estudado por Quirino et al (2005), com 4,755 Kcal/kg, mas sendo considerável para uma madeira de porte médio de 3 anos de idade.

Conclusões

A madeira obteve bons resultados quanto a sua combustibilidade, estando aliada as suas características de umidade e cinzas que foram comparativamente baixas em suas prospecções, e possuindo poder calorífico superior de 4,190 kcal/Kg, Além de que, a madeira possui caráter nativo em diversos estados brasileiros, podendo então, ser facilmente produzida e manipulada.

Os aspectos positivos de geração de energia a partir de combustíveis sólidos vem para suprir demandas crescentes do mercado industrial brasileiro, com tecnologias processuais

já conhecidas, e contabilizando com expectativas de aumento na exportação de derivados da madeira.

Como a biomassa sólida é vista como uma perspectiva de demanda energética para um futuro próximo, estudos que visem a implantação de tecnologias madeireiras, e a comercialização, estão em crescimento constante.

Referências

ASTM Standard. D3172 - **Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke.** 2007. DOI: 10.1520/D3172-07

ASTM Standard. D3173 - **Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke.** 2008. DOI: 10.1520/D3173-03R08

ASTM Standard. D3174 - **Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal.** 2010. DOI: 10.1520/D3174-11

ASTM Standard. D3175 - **Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke.** 2007. DOI: 10.1520/D3175-07

ASTM Standard. E870-82. **Standard Test Methods for Analysis of Wood Fuels.** 2006. DOI: 10.1520/E0870-82R06

BRITO, J.O. **O uso energético da madeira.** 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a14v2159.pdf> Visto em: 15/07/2014

DONADIO, N.M.M., DEMATTÊ, M.E.S.P. **Morfologia de frutos, sementes e plântulas de Canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. Ex Benth.) – fabaceae.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 22, nº 1, p.64-73, 2000. Disponível em: <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/2000/v22n1/artigo10.pdf> Visto em: 26/11/2014.

FERREIRA, T. **Estudo experimental sobre a influência de diferentes tipos de peletes de Acacia e Cytisus (spp.) na eficiência térmica de uma caldeira doméstica de 20 kW.** Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Instituto Politécnico de Viseu. 2013. 13-142p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006.** 2012. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2ª Edição. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/lei11428_mata_atlantica.pdf Visto em 16/07/2014

IEA. International Energy Agency. **Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future.** OECD/IEA 2003. 173-224p.

KUMAR, K., PANDEY, K.K., CHANDRASHEKAR, N., MOHAN, S. **Study of age and height wise variability on calorific value and other fuel properties of Eucalyptus hybrid, Acacia auriculaeformis and Casuarina equisetifolia.** Biomass and Bioenergy. v 35, 2011, Pages 1339–1344. doi:10.1016/j.biombioe.2010.12.031

LAMARCHE, P., TAZEROUT, M., GELIX, F., KOHLER, S., MATI, K., PAVIET, F. **Modelling of an indirectly heated fixed bed pyrolysis reactor of wood: Transition from batch to continuous staged gasification.** Fuel. v.106, 2013, 118–128p. DOI: 10.1016/j.fuel.2012.12.005

LOPES, C.S.D., NOLASCO, A.M., TOMAZELLO FILHO, M., DIAS, C.T.S. **Avaliação da rugosidade superficial da madeira de *Eucalyptus sp* submetida ao fresamento periférico.** CERNE. v. 20 n. 3. 471-476P. 2014. DOI: 10.1590/0104776020142003875

NICODEMO, M.L.F., PORFIRIO-DA-SILVA, V., SANTOS, P.M., VINHOLIS, M.M.B., FREITAS, A.R., CAPUTTI, G. **Desenvolvimento Inicial de Espécies Florestais em Sistema Silvopastoril na Região Sudeste.** 2009. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37616/1/Desenvolvimento-inicial-de-especies.pdf> Visto em: 17/07/2014

PARIKKA, M. **Global biomass fuel resources.** Biomass and Bioenergy. v.27, 2004, 613–620p. DOI: 10.1016/j.biombioe.2003.07.005

QUIRINO, W. F., DO VALE, A. T., ABREU DE ANDRADE, A. P., SILVA ABREU, V. L., AZEVEDO, A. C. S. **Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos.** 2005. Renabio – Rede Nacional de Biomassa para Energia. Disponível em: <http://www.renabio.org.br/06-B&E-v1-n2-2004-173-182.pdf> Acessado em: 04/03/2013

SHIMIZU, J.Y., GARRIDO, L.M.A.G., GARRIDO, M.A., CARVALHO, P.E.R. CARPANEZZI, A.A. **Variações inter e intrapopulacionais em Canafístula.** 1987. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim14/shimizu1.pdf> Visto em: 17/07/2014

SILVA, A. **Aproveitamento de resíduos de madeira (maravalha) de Pinus e Bagaço de cana de Açúcar para produção de chapas de madeira aglomerado.** Curso de engenharia ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 17-43p. 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2465/1/LD_COEAM_2013_2_01.pdf Acessado em: 01/10/2014.

SILVA, M.E.C.M. Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais. Composição Química da Madeira. UTAD. 2010. 12-13p.

SOARES, V.C., BIANCHI, M.L., TRUGILHO, P.F., PEREIRA., A., HÖFLER, J. **Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.543-549, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000300017>>

VOLOLONIRINA, O., COUTAND, M., PERRIN, B. **Characterization of hygrothermal properties of wood-based products – Impact of moisture content and temperature.** Construction and Building Materials. v 63, 2014, 223–233p. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.04.014

YAMAJI, F.M., VENDRASCO, L. CHRISOSTOMO, W., FLORES, W.P. **Análise do Comportamento higroscópico de Briquetes.** Energia na Agricultura. Botucatu, vol. 28, n.1, p.11-15, 2013. ISSN: 1808-8759