

Caracterização energética do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* plantados no oeste do Pará.

Juliane da Silva Sampaio ¹; Iara Nobre Carmona ²; Saulo Ranon Souza Coelho ¹; Victor Hugo Pereira Moutinho ¹; Fernando Wallase Carvalho Andrade ^{1,3}

¹ Laboratório de Tecnologia da Madeira / Universidade Federal do Oeste do Pará; ² Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira / Universidade Federal de Lavras; ³ Dep. Ciência Florestal / Universidade Estadual Paulista.

Resumo: Há ausência de informações sobre as características energéticas do carvão de eucaliptos plantados na região Amazônica. Não há pesquisas que definam parâmetros adequadas para estes novos materiais visando os principais indicadores de qualidade energética. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização energética do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* proveniente de plantio na região de Monte Alegre, no oeste do estado do Pará. Foram utilizadas amostras de madeira de árvores de *Eucalyptus urograndis* com nove anos, carbonizadas a 500°C e a 1,7°C.min⁻¹. Avaliou-se o rendimento gravimétrico em carvão, densidade aparente, poder calorífico superior e teores de carbono fixo, materiais voláteis, cinzas. Verificou-se a existência de potencial da espécie baseando-se nas características avaliadas.

Palavras-chave: *Eucalyptus urograndis*, plantios, parâmetros de qualidade.

Energetic characterization of charcoal of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* planted in western Pará.

Abstract: There is no information on the energetic characteristics of eucalyptus coal planted in the Amazon region. There are no studies that define suitable parameters for these new materials aiming at the main indicators of energy quality. The objective of this work was to perform the energy characterization of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* charcoal coming from planting in the region of Monte Alegre, western Pará State. Wood samples from *Eucalyptus urograndis* trees at nine years of age, carbonized at 500°C and at 1.7°C.min⁻¹. It was evaluated the gravimetric yield in coal, apparent density, higher calorific value and fixed carbon contents, volatile materials, ashes. The existence of potential of the species was verified based on the characteristics evaluated.

Keywords: *Eucalyptus urograndis*, plantations, quality parameters.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal do mundo, tendo a madeira de *Eucalyptus* como principal matéria prima (FAO, 2014). Os plantios de eucalipto ocupam 5,56 milhões de hectares no Brasil, área representativa de 71,9% do total de florestas plantadas no país (IBA, 2017). Entre os anos de 2009 a 2013, houve um aumento de 28% em relação ao número de plantios na região norte do País (IBA, 2013), em função de fatores como preço da terra, atendimento de demanda de novas fábricas de celulose e indústrias siderúrgicas instaladas na região e maior proximidade com o mercado norte americano e europeu. Entretanto, a qualidade da matéria

prima e dos seus produtos oriundos é desconhecida.

Alguns autores já avaliaram as características energéticas do carvão vegetal de espécies do gênero *Eucalyptus* plantados na região sudeste do Brasil (Jesus et al., 2017; Dias Júnior et al., 2015; Moutinho et al., 2016). Entretanto, não há literatura suficiente relacionando diferentes parâmetros de carbonização e a madeira de *Eucalyptus* plantada no norte do país, o que pode acarretar, por exemplo, no uso de parâmetros de carbonização inadequados para estes novos materiais.

Na Amazônia oriental, tem ocorrido crescimento da demanda por carvão vegetal visando atender os fornos de beneficiamento de minérios, principalmente ferro gusa. Segundo Santos (2010), o Brasil é o maior produtor mundial de ferro gusa a carvão vegetal, sendo o Estado do Pará, no ano de 2007, o segundo maior produtor desse minério, representando 36% da produção nacional, atrás apenas do estado de Minas Gerais, com 56,6% da produção brasileira. As empresas da região amazônica dispõem de poucos estudos a respeito de espécies de eucalipto plantadas nesta área, principalmente as destinadas para fins energéticos, e as informações existentes dificilmente são divulgadas. Assim, pesquisas referentes a essas espécies com potencial para produção de carvão vegetal são essenciais para o sucesso da atividade na região.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização energética do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* proveniente de plantio na região de Monte Alegre, no oeste do estado do Pará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material testado é proveniente de plantio de *E. urophylla* x *E. grandis* com idade aproximada de 9 anos, em espaçamento 2,0 m x 2,5 m, pertencente à empresa CALTARÉM, localizada no Km 29 da PA 423, Serra Tajurí, gleba Mulata sob as coordenadas 1°45'38" S 54°01'43" W, situado na cidade de Monte Alegre, região oeste do Pará.

Para este estudo, foram utilizadas amostras de quatro árvores, sendo que para cada uma foram retirados discos de 50 mm de espessura e de diferentes alturas do fuste (base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100%).

De cada disco foram retirados corpos-de-prova de 20 mm x 20 mm x 40 mm (T x R x L) isentos de defeitos, que foram acondicionados até umidade de equilíbrio em sala de climatização a 65±5% de umidade relativa e 21±3°C de temperatura. Posteriormente, estes foram secos em estufa a 103±2°C até massa constante e pesados em balança de precisão para determinação da massa seca. No total, foram utilizados cinco corpos-de-prova.

Os corpos-de-prova, logo após secos, foram inseridos em retorta cilíndrica de metal inox e submetidas à carbonização em forno elétrico (mufla) com temperatura controlada. A temperatura utilizada foi 500°C e taxa de aquecimento de 1,7°C.min⁻¹. O tempo de permanência na temperatura final foi de 30 minutos para cada repetição.

Antes e após a carbonização, a massa das amostras foi determinada em balança analítica de precisão de 1 mg (Shimadzu, modelo AUY220) para cálculo do rendimento gravimétrico em carvão (Eq 1), que indica o percentual de madeira que efetivamente foi convertido em carvão vegetal.

$$) \times 100 \quad (\text{Eq 1}),$$

em que, R_{GC} é rendimento gravimétrico do carvão em %, e M_{Cs} e M_{Ms} são as massas de carvão e de madeira em g, respectivamente.

A densidade aparente do carvão, que mede a relação de massa sobre um determinado volume na umidade de equilíbrio, foi calculada utilizando-se o método de determinação do volume por imersão em mercúrio, com aferição da temperatura em cada medida para correção da densidade do mercúrio (Eq 2). A massa das amostras foi obtida em balança de precisão logo antes da aferição do volume, conforme NBR 7190 (ABNT, 1997).

$$(\text{Eq 2}),$$

Em que, $DA_{(Hg)}$ é a densidade aparente em (g/cm³), M_{CHg} e T são a massa do carvão imerso em mercúrio (g) e a temperatura do mercúrio em (°C), respectivamente.

Após a carbonização e determinação do rendimento e densidade aparente, o material foi triturado e passado em peneira de 60 mesh e aclimatado em ambiente com temperatura de 20°C±2°C e umidade relativa de aproximadamente 60%.

Para caracterização da composição química imediata, foram obtidos teores percentuais de umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo utilizando-se triplicata, de acordo com as diretrizes da norma D1762-84 (ASTM, 2013).

O poder calorífico superior foi determinado também em triplicata para cada tratamento, em bomba calorimétrica adiabática (IKA, modelo C2000) pelo método de Berttelot, que consiste na combustão do material em um ambiente fechado, na presença de oxigênio e sob pressão de 3 MPa.

Após a realização das análises os dados foram organizados em planilhas de onde foram obtidos as médias e o desvio padrão.

3. RESULTADOS

Os dados referentes à caracterização energética do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* estão presentes na Tabela 1. Em termos de rendimento gravimétrico em carvão, percebe-se que a espécie apresenta potencial para a produção de carvão vegetal. O rendimento gravimétrico na temperatura e taxa de aquecimento utilizados girou em torno de 35%.

Tabela 1. Valores de média e desvio padrão entre parênteses das variáveis avaliadas no carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Parâmetros	RGC (%)	DA (g.cm ⁻³)	PCS (kcal.kg ⁻¹)	TCF (%)	TMV (%)	TCZ (%)
500/1,7	35,37 (0,90)	0,32 (0,034)	7803 (63,85)	77,78 (1,12)	22,65 (1,15)	0,16 (0,01)

Onde: RGC (Rendimento gravimétrico em carvão); DA (Densidade Aparente); PCS (Poder calorífico Superior); TMV (teor de materiais voláteis); TCZ (teor de cinzas); TCF (teor de carbono fixo).

4. DISCUSSÃO

Considerando-se os aspectos produtivos, geralmente, é desejável obter elevado rendimento gravimétrico em carvão vegetal, devido ao maior aproveitamento da madeira nos fornos de carbonização e, conseqüentemente, maior produção de energia e menores rendimentos em líquido e em gases não condensáveis, pois esses são coprodutos do processo de pirólise (PROTÁSIO et al., 2011). A densidade aparente é um parâmetro importante para a indicação da qualidade do carvão vegetal. A espécie utilizada neste estudo obteve carvão com densidade de 0,32 g.cm⁻³.

Uma das características fundamentais para se avaliar a qualidade da madeira e do carvão vegetal para utilização como insumo energético é determinada pelo poder calorífico. O Poder Calorífico do carvão da espécie estudada foi de 7800 kcal.kg⁻¹, corroborando com estudos como o de Santos (2008) que afirma que o poder calorífico do carvão vegetal ideal se encontra próximo de 7.500 kcal/kg. Pereira et al. (2000) encontraram valores para o poder calorífico superior do carvão de *Grevillea robusta* entre 6.626 e 8.088 kcal/ kg.

De modo geral, a partir da análise química imediata do carvão, observou-se valores médios de carbono fixo de 77%, para o teor de materiais voláteis 22%, e teor de cinzas de 0,16%. Sendo o carbono fixo referente à fração de carvão queimada no estado sólido, os valores encontrados indicam que o carvão de *E. urograndis* possui potencial energético. Frederico (2009) afirma que um alto teor de voláteis ocasiona a produção de muita fumaça, além da menor eficiência energética, o que não seria desejável para o carvão para uso doméstico. Os teores de cinzas observados neste trabalho estão de acordo com o limite apresentado por Santos (2008), que cita, para uso siderúrgico, teores inferiores a 1%.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a espécie *E. urograndis* apresenta carvão com características favoráveis para a geração de energia através da produção de carvão vegetal.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas (1997): NBR 7190 – Projetos de estruturas de madeira, Rio de Janeiro, 1997.

ASTM Standard D1762 – 84 (2013), Standard test method for chemical analysis of wood charcoal, Philadelphia, USA: American Society for Testing and Materials, 2013.

Dias Júnior AF, Brito JO, Andrade CR. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. *Revista Árvore*, v. 39, n. 6, p. 1127-1133, 2015.

FAO - Food and agriculture organization of the united nations. Produção mundial de carvão vegetal. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/853969/>. Acesso em: 06 agosto 2018.

Frederico PGU. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2009.

IBÁ - Indústria brasileira de árvores. Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores. Ano base 2013. Brasília, DF: IBA, 2014. Disponível em: Acesso em: 06 de agosto de 2018.

IBÁ - Indústria brasileira de árvores. Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores. Ano base 2016. Brasília, DF: IBA, 2014. Disponível em: Acesso em: 06 de agosto de 2018.

Jesus MS. et al. Caracterização energética de diferentes espécies de *Eucalyptus*. *Floresta*, v. 47, n. 1, p. 11-16, 2017.

Moutinho VHP, Filho MT, Brito JO, Ballari AW, Andrade FWC. Influence of the wood physical properties on the charcoal physical and mechanical properties. *Sci. For.*, v. 44, n. 111, p. 557-561, 2016.

Pereira, JCD, Schaitza EG, Baggio AJ. Propriedades físicas e químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Grevillea robusta*. Colombo: Embrapa Florestas, 2000.

Protásio TP, Bufalino L, Tonoli GHD, Couto AM, Trugilho PF, Guimarães Júnior M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, n. 66, p. 122-133, 2011.

Santos ID. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado [dissertação]. Brasília: Universidade Nacional de Brasília; 2008.

Santos LA. Estudo do controle da matocompetição em reflorestamento com eucalipto em Paragominas, estado do Pará [dissertação]. Paragominas: Universidade Federal Rural da Amazônia;

2010.

