III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Efeito da temperatura máxima de carbonização em algumas propriedades do carvão vegetal de galhos de Manilkara huberi

Cezar Dias Cardoso Júnior[1]
Fernando Wallase Carvalho Andrade[2]

[1] Engenharia Florestal / IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA
[2] Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

EFEITO DA TEMPERATURA MÁXIMA DE CARBONIZAÇÃO EM ALGUMAS PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL DE GALHOS DE *Manilkara huberi*

Resumo: O carvão vegetal originado de florestas nativas e exóticas possui finalidades doméstica e industrial, sendo que fatores como a taxa de aquecimento e temperatura máxima de carbonização afetam em Nas propriedades do mesmo. Os galhos de maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev.) podem ser alternativa energética. O objetivo da pesquisa é avaliar a influência da temperatura máxima de carbonização nas propriedades do carvão vegetal de galhos de maçaranduba. Os corpos-de-prova foram carbonizados em mufla com taxa de aquecimento de 1.7°C.min^{-1}, tempo de residência de 30 min, sendo os tratamentos as temperaturas máximas de 300°C, 400°C e 500°C, após isso, obtenção da densidade aparente do carvão e friabilidade, ambos analisados no *software* "R". Os resultados obtidos apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) na densidade aparente e friabilidade entre as temperaturas 300°C e 500°C. Com isso, a temperatura 300°C apresentou melhor desempenho para utilização energética.

Palavras-chave: maçaranduba, densidade aparente, friabilidade.

EFFECT OF MAXIMUM CARBONIZATION TEMPERATURE ON SOME PROPERTIES FROM CHARCOAL *Manilkara huberi* BOUGHS

Abstract: The charcoal originated from native and exotic forests has domestic and industrial purposes, factors such as the rate of heating and maximum carbonization temperature affect the properties of charcoal. The boughs from Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev.) can be an energetic alternative. The objective of the research is to evaluate the influence of maximum carbonization temperatura on charcoal properties from Maçaranduba boughs. The specimens were carnized in muffle with a heating rate 1.7°C.min^{-1}, permanence time of 30 min, and the treatments were the maximum temperatures of 300°C, 400°C and 500°C, after which, the aparently density of the charcoal and friability, both analyzed in *software* "R". The results showed significant differences ($p<0,05$) in density and friability between 300°C and 500°C. Therefore, this temperature 300°C showed better perfomance for energy use.

Keywords: maçaranduba, aparently density, friability.

1. INTRODUÇÃO

O carvão vegetal, material originado da madeira, é uma alternativa energética aos combustíveis fósseis, sendo sua matéria-prima derivada de florestas nativas assim como espécies exóticas, por exemplo, as variedades de Eucaliptos (Silva et al., 2007; Eloy et al., 2015). A utilização do carvão vegetal para cocção de alimentos, lareiras, usinas termoelétricas, indústria farmacêutica, purificação de líquidos, dentre outras finalidades, demonstram a importância desse produto para sociedade (Souza et al., 2016).

O carvão vegetal é o principal produto da carbonização da madeira, sendo um importante insumo na balança comercial do Brasil, que é responsável por aproximadamente 33% da sua produção mundial, sendo utilizado principalmente no setor siderúrgico (Júnior et al., 2014).

O Brasil apresenta destaque pelo fato de possuir simultaneamente o papel maior consumidor e produtor de carvão vegetal, cerca de 84% de toda produção é encaminhada para siderúrgicas de ferro-gusa e ferro-liga, enquanto que, para setor doméstico e demais indústrias são destinados apenas 16% dessa produção (Brasil, 2013; Oliveira et al., 2017).

Existem fatores que afetam as características do carvão vegetal, como a temperatura máxima de carbonização e taxa de aquecimento (Vieira et al., 2009). Considerando o primeiro fator, esse influencia nas propriedades físico-mecânicas e também no balanço de massa do processo (Vieira, et al., 2013).

A qualidade do carvão vegetal pode ser determinada pela densidade da madeira de origem, sendo que existe uma relação entre ambas variáveis (Froehlich e Moura, 2014). Uma espécie caracterizada com alta densidade, resistência elevada é a espécie maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev.), com isso lhe garantem valorização no mercado nacional e internacional, assim, é uma das espécies mais procuradas na região amazônica (Castro e Carvalho, 2014).

Além da madeira do fuste, esta espécie também produz grande quantidade de resíduos florestais na forma de galhos, sendo estes de grandes dimensões. Na indústria madeireira os galhos são pouco valorizados, sendo aproveitado preferencialmente o fuste comercial para sua destinação final em formas de pranchas, bitolas, dentre outros.

Na Floresta Amazônica, a abundância de espécies arbóreas com alto valor volumétrico e comercial produzem resíduos essenciais para finalidades energéticas (Ribeiro et al., 2016). Com isso, uma alternativa energética viável seria utilização dos galhos de maçaranduba, possibilitando contribuir para um uso comercial adequado para esses resíduos.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa consiste em avaliar a influência da temperatura máxima na densidade aparente e friabilidade de galhos da maçaranduba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A espécie *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev foi coletada na área de manejo florestal localizado na Florestal Nacional do Tapajós – FLONA, km 67 da BR 163 (03°53’08” S e 54°55’16,7” W), situado no município de Belterra, estado do Pará.

Foram retirados pranchões centrais de galhos de 2 (duas) árvores da espécie em estudo, os quais foram desdobrados em sarrafos de 15 x 15 cm e encaminhados ao Laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM, situada na Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Tapajós. Além disso, foi coletado material botânico da espécie, o qual foi encaminhado ao herbário da Embrapa Amazônia Oriental para identificação.

O processo de desdobro, com a finalidade de obtenção de corpos-de-prova com dimensões de 2x2x4 (tangencial x radial x axial), ocorreu no Laboratório de Tecnologia da Madeira, posteriormente a esse processo, foram armazenados na sala de aclimatação (20°C±2°C; 60%±5% de umidade relativa), para estabilização da umidade a 12%.

As carbonizações foram realizadas em fornos de resistência elétrica (mufla) utilizando taxa de aquecimento 1.7°C.min^{-1}, com tempo de resistência na temperatura máxima de 30 min. Foram utilizadas temperaturas máximas de carbonizações (tratamentos): 300°C, 400°C e 500°C.

Foi determinada a densidade aparente do carvão vegetal de acordo com Vital (1984), e a resistência mecânica ao impacto do carvão (friabilidade), por meio do ensaio de tamboramento com base na Norma MB 1375 (ABNT, 1980).

Os valores de friabilidade foram classificados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do Carvão Vegetal em relação a Friabilidade

Classificação do Carvão Vegetal	Perdas em Partículas
Muito Friável	Superior a 30%
Bastante Friável	25% a 29%
Medianamente Friável	15% a 24%
Pouco Friável	10% a 14%
Pouquíssimo Friável	Inferior a 10%

Fonte: CTFT (Centre Techique Forestier Tropical)

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com amostra de galhos de 2 (duas) árvores e 3 diferentes temperaturas máxima de carbonização. Os dados foram analisados por estatística paramétrica ANOVA a 5% de significância. As análises foram realizadas no *software* “R” v 3.3.3, pacote *agricolae* (R CORE TEAM, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 há os valores de densidade aparente e friabilidade do carvão vegetal para três tratamentos avaliados.

Tabela 2. Valores médios da densidade aparente e friabilidade do carvão vegetal em relação as temperaturas máxima de carbonização

	Temperatura Máxima de Carbonização		
	300°C	400°C	500°C
Densidade Aparente do Carvão Vegetal (g.cm^{-3})	0,620 a	0,611 ab	0,588 b
Friabilidade (%)	5,43 a	7,10 ab	9,30 b
Desvio Padrão	1,760	2,436	1,954
Coeficiente de Variação (%)	32,38	34,29	21,01

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferiram estatisticamente a 5% de significância.

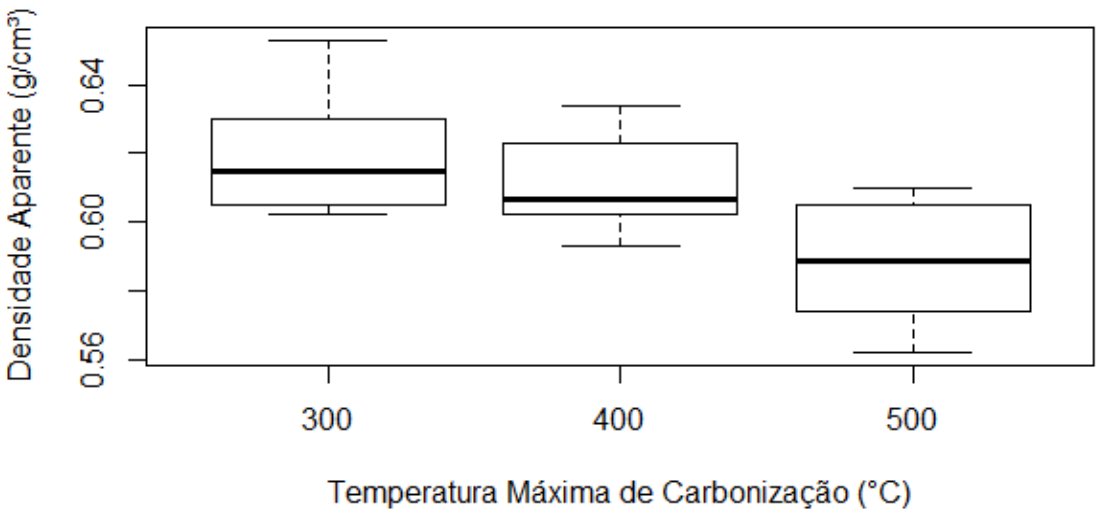
A densidade aparente do carvão vegetal obtida a partir de galhos de maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev) na Tabela 2, mostrou diferenças significativas ($p<0,05$). Para temperatura de 300°C, foram observados valores variando de 0,602 g.cm^{-3} a 0,653 g.cm^{-3}. Já para temperatura de 400°C os valores obtidos variaram de 0,593 g.cm^{-3} a 0,634 g.cm^{-3}, enquanto a temperatura de 500°C apresentou valores de 0,562 g.cm^{-3} a 0,610 g.cm^{-3}. Com isso, observa-se que a densidade aparente do carvão vegetal de galhos de Maçaranduba é maior quando utiliza temperatura máxima de carbonização menor.

Trugilho e Silva (2001), trabalhando com Jatobá (*Hymenea courbaril* L.), utilizando das mesmas temperaturas máximas de carbonização (300, 400 e 500°C) como neste estudo, obtiveram resultados superiores quando foi utilizado o cerne, por outro lado, com o foco no alburno, seus valores foram inferiores em comparação a temperatura 400 e 500°C. Fato ocorrido pela possibilidade do material de origem no carvão desta pesquisa ter sido galhos, entretanto, enaltece a Maçaranduba assim como o Jatobá originarem de florestas nativas.

A densidade aparente do carvão apresentou diminuição à medida que aumentava a temperatura máxima de carbonização. Isso é devido o processo de degradação da lignina diante as diferentes temperaturas máximas de carbonização, considerando que a lignina é essencial na produção do carvão vegetal. A madeira quando exposta a processo de carbonização sofre diferentes comportamentos dependente da temperatura máxima exposta, pois a lignina sofre picos de degradação entre 350 e 500°C (Santos et al., 2011).

Segundo Santos (2008), para utilização no setor siderúrgico, a densidade aparente do carvão vegetal necessita apresentar valor superior a 0,40 g.cm-³. Os valores de densidade aparente do carvão vegetal de galhos de Maçaranduba (Figura 1a) apresentam valores superiores, com isso, utilizando as três temperaturas finais de carbonização seriam suficientes para suprir a necessidade energética para diversas finalidades.

a



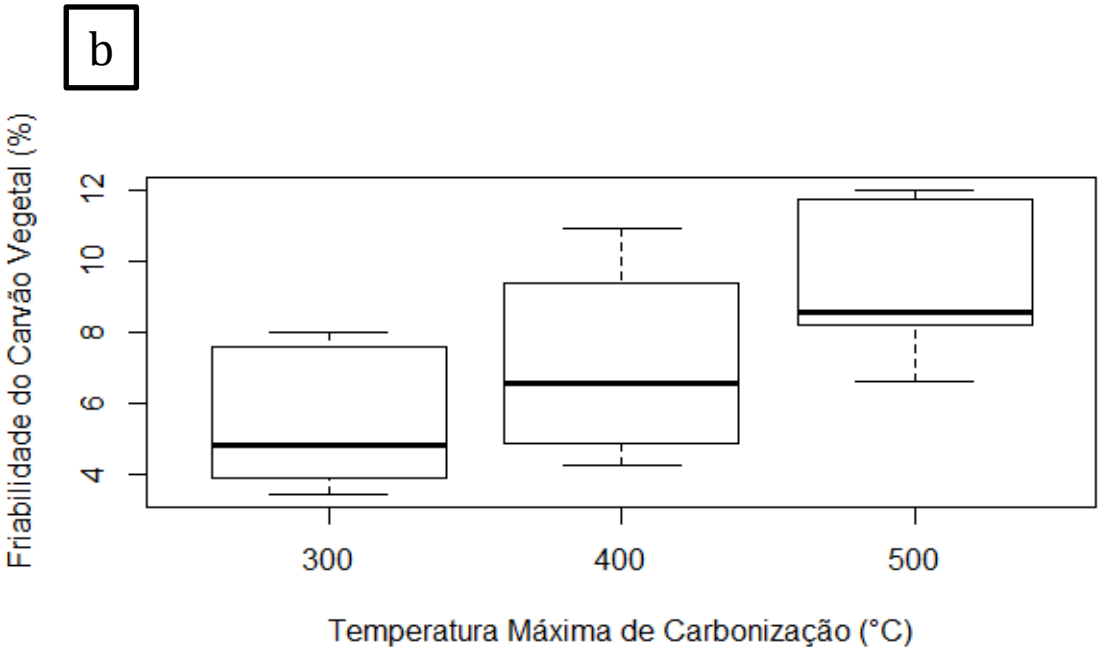


Figura 1. Densidade Aparente e Friabilidade do Carvão Vegetal em relação as Temperaturas Máximas de Carbonização

Com isso, embora possuindo diminuição da densidade aparente do carvão vegetal à medida que se utiliza temperatura máxima de carbonização maior, sendo que houve diferença significativa apenas com temperatura máxima de 300°C e 500°C.

Em relação a friabilidade do carvão vegetal originados de galhos de maçaranduba (Tabela 2), foram obtidos valores com diferenças significativas ($p<0,05$) para apenas dois tratamentos utilizados. Para temperatura máxima de carbonização de 300°C foram observados valores variando de 3,44% a 8,00%. Já para temperatura de 400°C os valores obtidos variaram entre 4,24% a 10,95%, a temperatura máxima de carbonização de 500°C apresentou valores de 6,60% a 12,01%. Dessa forma, percebe-se que a friabilidade do carvão vegetal de galhos de Maçaranduba apresenta maior porcentagem de produção de finos quando se utilizam temperaturas maiores de carbonização (Figura 1b).

Coutinho (1988), trabalhando com friabilidade de carvão vegetal de Eucalyptus saligna em condições de taxa de aquecimento semelhante e temperaturas máximas de carbonização de 400°C e 500°C, obteve resultados maiores para friabilidade em relação a esta pesquisa.

Silva et al. (2007), estudando carvão de resíduos de três espécies florestais amazônicas, incluindo-se a Maçaranduba (*Manilkara amazônica* (Huber) A. Chev), obteve resultado de 30% de friabilidade, sendo este valor superior ao encontrado neste estudo, além disso, o resultado para densidade aparente foi levemente inferior (0,535 $g.cm^{-3}$) ao encontrado nesse estudos para as três temperaturas máximas de carbonização. Embora apresentando valor de densidade próxima em relação a este estudo, a sua friabilidade foi bastante inferior.

De acordo com a classificação do Centre Techique Forestier Tropical – CTFT (1972) demonstrado na Tabela 1, o carvão vegetal de galhos de Maçaranduba apresentou desempenho satisfatório, mesmo diante de diferenças significativas em temperaturas máximas de carbonização. Dessa forma, demonstra a qualidade do carvão vegetal quando originado de galhos de Maçaranduba.

De acordo com Costa et al. (2014), existe uma relação proporcional entre densidade do carvão e resistência mecânica nos fornos de siderúrgicas, ou seja, quanto maior a densidade do carvão, maior será a resistência mecânica do mesmo. Isso, explica os resultados obtidos nesta pesquisa, pois valores maiores de densidade do carvão proporcionaram melhores performances quanto à friabilidade, ou seja, produziam menos finos. E à medida que aumenta a temperatura máxima de carbonização a sua densidade aparente do carvão diminui consequentemente a sua friabilidade aumentava.

Silva et al. (2007), trabalhando com carvão de resíduos de espécies florestais exploradas no Pará, obteve-se resultados de densidade aparente para maçaranduba e sapucaia de 0,53 $g.cm^{-1}$ e 0,52 $g.cm^{-1}$, e para mesmas espécies, respectivamente, apresentaram friabilidade de 30 e 29%, além disso, seus valores no poder calorífico foram superiores em relação a espécie timborana, que por sua vez, apresentou inferioridade na densidade aparente e friabilidade, estatisticamente.

Dessa forma, existindo essa proporcionalidade, nesta pesquisa, a temperatura máxima de carbonização de 300°C apresenta resultado superior na densidade aparente em relação a 500°C, assim, indicando também superioridade estatística no seu poder calorífico. Por outro lado, apresentando maior porcentagem em friabilidade, existe relação proporcional entre poder calorífico e friabilidade, porém isso não é um fator interessante para o setor siderúrgico, pois esse parâmetro não adequado em decorrência às perdas ocorridas quando se apresenta maior porcentagem na produção de finos.

4. CONCLUSÕES

A densidade aparente e a friabilidade do carvão de *Manilkara huberi* diminuiu conforme o aumento da temperatura.

Para as variáveis avaliadas, a temperatura de 300°C apresentou melhores resultados.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia da Madeira pelo apoio concedido para realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL [ONLINE]. Brasília: Ministério de Minas e Energia; 2013. Disponível em: https://ben. epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf.

CASTRO, T.C.; CARVALHO, J.O.P. Dinâmica da população de Manilkara huberi (Ducke) A. Chev. Durante 26 anos após exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. Ciência Florestal, Santa Maria, v.24, n.1, p.161-169, jan./mar., 2014.

COSTA, T.G.; BIANCHI, M.L.; PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; PEREIRA, A.J. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. Cerne, Lavras, v.20, n.1, p.37-46, jan./mar., 2014.

COUTINHO, A.R. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. IPEF, n.38, p.33-37, abr, 1988.

CTFT – CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. 1972. Resultados de 20 estudos dos produtos da destilação das madeiras amazônicas. CTFT. 32p.

ELOY, E.; CARON, B.O.; SILVA, D.A.; SOUZA, V.Q.; TREVISAN, R. BEHLING, A.; ELLI, E.F. Produtividade energética de espécies florestais em plantios de curta rotação. Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.8, p.1424-1431, ago., 2015.

FROEHLICH, P.L.; MOURA, A.B.D. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. Tecnologia e Tendências, v.9, n.1, p.1-19, 2014.

JÚNIOR, I.M.L.; CORDEIRO, S.A.; MACHADO, J.S.; OLIVEIRA R.J.; NETO, R.M.G. Perfil socioeconômico de trabalhadores do segmento de carvão vegetal e percepção da população local em Curimatá-PI. Floram, v.21, n.2, p.206-213, abr./jun., 2014.

OLIVEIRA, A.C.; PEREIRA, B.L.C.; SALLES, T.T.; CARNEIRO, A.C.O.; LANA, A.Q. Análise de risco econômico de dois sistemas produtivos de carvão vegetal. Floram, v.24, p.1-11, 2017.

R CORE TEAM.R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foudantion for Statistical Computing, 2015.

RIBEIRO, R.B.S.; GAMA, J.R.V.; SOUZA, A.L.; LEITE, H.G.; SOARES, C.P.B.; SILVA, G.F. Métodos para estimar o volume de fustes e galhos na Floresta Nacional do Tapajós. Revista Árvore, v.40, n.1, p.8-88, 2016.

SANTOS, M. A. S. Parâmetros da qualidade do carvão vegetal para uso em alto-forno. In: Fórum nacional de carvão vegetal. 2008. Anais...Belo Horizonte: UFMG, 2008.

SANTOS, R.C.; CARNEIRO, A.C.O.; TRUGILHO, P.F.; MENDES, L.M. CARVALHO, A.M.M.L. Análise termográfica em clones de Eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal. Cernes, Lavras, v.18, n.1, p.143-151, jan./mar., 2012.

SILVA, M.G.; NUMAZAWA, S.; ARAÚJO, M.; NAGAISHI, T.Y.R.; GALVÃO, G.R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. Acta Amazonica, v.37, n.1, p.61-70, 2007.

SOUZA, N.D.; AMODEI, J.B.; XAVIER, C.N.; JÚNIOR, A.F.D.; CARVALHO, A.M. Estudo de caso de uma planta de carbonização: avaliação de características e qualidade do carvão vegetal visando uso siderúrgico. Floram, v.23, n.2, p.270-277, 2016.

TRUGILHO, P.F.; SILVA, D.A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de Jatobá. Scientia Agraria, UFPR, v.2, n.1-2, 2001.

VIEIRA, R.S. Propriedades mecânicas da madeira de clones de Eucalyptus e do carvão produzido entre 350ºC e 900ºC. 2009. 80 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VIEIRA, R.S.; LIMA, J.T.; MONTEIRO, T.C.; SELVATTI, T.S.; BARAÚNA, E.E.P.; NAPOLI, A. Influência da temperatura no rendimento dos produtos da carbonização de Eucalyptus microcorys. Cerne, Lavras-MG, v.19, n.1,p.59-64, jan./mar., 2013.

VITAL, B.R. Métodos de determinação de densidade da madeira. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1).

ZANUNCIO, A.J.V.; CARVALHO, A.G.; TRUGILHO, P.F.; MONTEIRO, T.C. Extratives and energetic properties of wood and charcoal. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.369-374, 2014.