



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS FLORESTAIS ORIUNDOS DE Couratari sp.

Juliane da Silva Sampaio¹

Anselmo Júnior Correa Araújo²

Iara Nobre Carmona³

Juliano Rocha⁴

VICTOR HUGO PEREIRA MOUTINHO⁵

FERNANDO WALLASE CARVALHO ANDRADE⁶

¹ Engenharia Florestal / Instituto de Biodiversidade e Florestas / Universidade Federal do Oeste do Pará

² UFOPA

³ Engenharia Florestal / IBEF / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁴ ibef / ENGENHARIA FLORESTAL / Universidade Federal do Oeste do Pará

⁵ Universidade Federal do Oeste do Pará

⁶ Departamento de Ciências Florestais / Faculdade de Ciências Agrônômicas / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS FLORESTAIS ORIUNDOS DE *Couratari sp.*

Resumo: A exploração em floresta nativa produz cerca de 40% a 60% de resíduos para cada 1 m³ de madeira em tora. Na Amazônia, existe um elevado desperdício dos resíduos de árvores caídas durante a exploração, problema esse causado por diversos fatores. Neste sentido, a caracterização energética surge como uma alternativa de auxiliar na economia local, diversificando e valorando também o uso de florestas nativas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização energética do carvão de resíduos provenientes da base e do galho de (*Couratari sp.*). O que se observou com a realização deste trabalho é que o galho da espécie apresentou o mesmo potencial energético que a base, quando se realizou a caracterização do material. Não havendo diferenças entre todas as características avaliadas, exceto entre as densidades da base e galho.

Palavras-chave: Amazônia, floresta, energia da biomassa.

ENERGETIC CHARACTERIZATION OF FOREST WASTE ARISING FROM *Couratari sp.*

Abstract: Exploitation in native forest produces about 40% to 60% of waste for every 1 m³ of logwood. In Amazonia, there is a high waste of fallen tree waste during the exploration, a problem caused by several factors. In this sense, the energetic characterization emerges as an alternative to assist the local economy, diversifying and valuing also the use of native forests. Therefore, the objective of this work was to perform the energetic charcoal characterization of residues from the base and the branch of (*Couratari sp.*). What was observed with the accomplishment of this work is that the twig of the species presented the same energetic potential as the base, when the characterization of the material was carried out. There were no differences between all evaluated characteristics, except between the base and branch densities.

Keywords: Amazon, forest, energy of biomass.

1. INTRODUÇÃO

A exploração em floresta nativa produz cerca de 40% a 60% de resíduos para cada 1 m³ de madeira em tora, gerando, assim, uma grande quantidade de resíduos (SILVA-RIBEIRO, 2013 e MONTEIRO et al., 2010). Ainda de acordo com Silva-Ribeiro (2013), os galhos remanescentes (acima de 20 cm de diâmetro) na floresta podem representar até mais de 40% do volume total da árvore. E a não utilização deste excesso de resíduos produzido pode, por exemplo, dificultar a regeneração natural da floresta por meio do banco de sementes. Nesse sentido, a caracterização energética desse material surge como uma alternativa de auxiliar na economia local, diversificando e valorando também o uso de florestas nativas.

Na Amazônia - uma das maiores florestas tropicais do mundo com características ambientais diversas - existe um elevado desperdício dos resíduos de árvores caídas durante a extração das mesmas, originados pela falta de planejamento, implementação de novas tecnologias e técnicas adequadas que devem ser colocadas em práticas dentro da gestão de florestas sustentáveis (BRAZ et al., 2014). A espécie Tauarí (*Couratari sp.*) está entre as dez espécies mais comercializadas entre os anos de 2008 a 2014, de acordo com relatório da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Sustentabilidade (SEMAS, 2014), demonstrando a importância de se realizar estudos relacionados às características energéticas dos resíduos desta espécie.

Segundo Brito (2007), a madeira, na sua forma direta como lenha ou do seu derivado, o carvão vegetal, é combustível vital para o preparo de alimento para um enorme número de famílias e comunidades em diversas regiões do planeta. De acordo com Brito (2002), Ribeiro & Vale (2006) e Rosa et al. (2012), o carvão vegetal para ser considerado de boa qualidade para uso doméstico deve reunir características como alta densidade, alto teor de carbono fixo, alto poder calorífico, baixo teor de umidade, baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas. Segundo Fontes (1994), encontramos a carbonização e a combustão da madeira, como uma das alternativas para redução da quantidade de resíduos gerados pela indústria madeireira.

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização energética do carvão de resíduos provenientes da base e do galho de Tauari (*Couratari sp.*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

O material que foi utilizado no estudo é proveniente da Floresta Nacional do Tapajós, localizada nas coordenadas 2°45' e 4°10' S e 54°45' e 55°30' W no Km 67 da Rodovia BR 163.

A espécie foi escolhida de acordo com sua relevância em termos de volume comercializado. Uma vez que se trata de um estudo voltado à agregação de valor à madeira de galhos, preconizou-se também que estes possuíssem volume potencial a partir da primeira bifurcação. As espécies pertencentes ao gênero *Couratari* pertencem à família Lecythidaceae e são espécies encontradas na Amazônia, Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia (IPT, 2015).

2.2 Identificação e coleta do Material

As árvores foram reconhecidas em campo por meio de uma lista contendo a numeração de cada indivíduo, baseando-se no mapa de exploração da Coomflona para aquela área. As figuras 1 e 2 mostram respectivamente a retirada de amostras provenientes de galho e base da espécie.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 1.



Figura 2.



Figuras 1 e 2. Retirada de amostras provenientes de base e galho de *Couratari* sp.
Fonte: (Autor)

Após a coleta em campo, as peças foram levadas a serraria para serem desdobradas de acordo com as dimensões adequadas para a carbonização, em laboratório.

2.3 Carbonização

Para a determinação do rendimento gravimétrico em carvão as amostras de madeira foram carbonizadas em forno do tipo mufla, à uma taxa de aquecimento de $1,67^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, e temperatura final de 450°C por 60 minutos. A taxa constante iniciou-se a uma temperatura de 100°C . Após a carbonização, a massa das amostras foi determinada em balança de precisão para obtenção do rendimento gravimétrico em carvão equação 1.

$$\text{RGc} = \frac{\text{MCs}}{\text{MMs}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

RGc = Rendimento Gravimétrico do Carvão (%);

MCs = Massa do Carvão Seco (g);

MMs = Massa da Madeira Seca (g)

De cada amostra carbonizada, foram retiradas sub amostras para a determinação da densidade aparente do carvão, Equação 2.

$$D (ap.c) = \frac{P(c.s)}{V(c.sat.)} \quad (2)$$

Em que:

$D (ap.c)$ = Densidade aparente do carvão vegetal (g/cm^3);

$P (c.s.)$ = Peso do carvão seco (g).;

$V (c.sat.)$ = Volume do carvão saturado (g/cm^3)

O líquido pirolenhoso (gases condensáveis) foi obtido por meio de condensador acoplado aos reatores na mufla, assim o líquido foi recolhido em kitasato e o seu



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

rendimento foi calculado com base na madeira seca. O rendimento em materiais voláteis foi determinado utilizando-se a Equação 3.

$$TMV = (Pc. s. - Pc. cal/Pc. s) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

TMV = Teor de materiais voláteis (%);

P c.s. = Peso das partículas de carvão seco em estufa a $103^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ (g);

P c.cal. = Massa das partículas de carvão (g)

O teor de cinzas foi determinado conforme recomendações da norma D7582 (ASTM, 2010) com temperatura final de 750°C durante 6 horas, e calculado através da equação 4.

$$TCi = (P c. i/P c. s) \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TCi. = Teor de cinzas (%);

P c. i. = Peso do material incinerado (cinzas) a 750°C durante 6 horas (g);

O teor de carbono fixo foi determinado por diferença por meio da Equação 5:

$$TCF = 100 - (TMV + TCi) \quad (5)$$

Em que:

TCF = Teor de carbono fixo (%)

Na determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) do carvão adotou-se a Norma D5865-04 (ASTM, 2005).

As análises estatísticas de diferenciação de médias foram obtidas por meio do software Sisvar versão 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Os dados referentes à caracterização energética do carvão de resíduos da base e galho da espécie *Couratari sp.* estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características energética do carvão de resíduos provenientes da base e do galho *Couratari sp.*

Variáveis	Unidade	Posição		
		Base	Galho	CV%
Densidade	(g/cm ³)	0,58 a	0,46 b	6,41
Umidade	(%)	4,28 a	4,72 a	9,67
Rendimento em gases condensáveis	(%)	48,9	45,29	-
Rendimento em gases não condensáveis	(%)	14,35	17,08	-
Rendimento em carvão	(%)	36,62 a	37,75 a	2,52
Teor de materiais voláteis	(%)	21,29 a	21,96 a	4,9
Teor de cinzas	(%)	3,14 a	2,47 a	46,97
Teor de carbono fixo	(%)	75,57 a	75,57 a	2,19
Poder calorífico superior	(Kcal/kg)	7310,67 a	7339,67 a	1,56

CV% = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Em termos de rendimento gravimétrico em carvão, percebe-se que os galhos apresentaram o mesmo potencial para a produção de carvão vegetal que a base, não havendo diferença significativas entre eles. Assis et al. (2012) encontraram rendimentos em carvão vegetal e gases não condensáveis de 31,63% e 28,89% para clones de *Eucalyptus urophylla*. Assim, comparando o rendimento encontrado nestes resíduos florestais ao desta espécie amplamente utilizada como fonte de energia, observa-se um incremento nos galhos de *Couratari sp.*, os quais podem efetivar diferença significativa em uma larga escala de produção.

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). Dessa forma, os galhos de *Couratari sp.* possuem um pequeno incremento no rendimento em carvão vegetal quando comparados com amostras da base dessa espécie. A densidade do carvão apresentou diferenças significativas quando se avaliou base e fuste desta espécie, tendo a base alcançado maiores valores médios de densidade do carvão que os galhos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As médias de Poder calorífico superior foram semelhantes, não havendo diferença significativa, quando avaliados base e galho da mesma espécie. Neves et al. (2011) que obtiveram valor médio de 4.757 kcal/kg para clones de eucalipto em diferentes locais de cultivo e idades. A quantificação do poder calorífico é importante para a avaliação do potencial de combustíveis advindos da biomassa, estando o PCS relacionado com a composição química elementar e com os teores de carbono fixo.

O teor de umidade do carvão da base foi estatisticamente semelhante ao carvão de galho. Os valores encontrados neste estudo foram semelhantes encontrados por Rosa et al. (2012) para amostras de carvão vegetal de várias origens que variaram entre 4,17; 4,25 e 5,57%. Para carbono fixo, não houveram diferenças estatísticas significativas quando avaliados base e galhos de *Couratari* sp. Brito e Barrichelo, (1982) afirmam que combustíveis que possuem maior teor de carbono fixo tendem a queimar de forma mais lenta, o que resulta em um maior tempo de residência dentro dos aparelhos de queima quando comparados aos que possuem menor teor e carbono fixo. Sendo o carbono fixo referente à fração de carvão queimada no estado sólido, a média próxima de 75,5%, encontrada tanto para base e galho, indica que o carvão de *Couratari* sp. possui potencial energético. Silva et. al. (2007), avaliando o carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, encontraram médias de carbono fixo e materiais voláteis, semelhantes aos encontrados neste estudo.

Os teores de cinzas encontrados foram altos e se diferenciaram estatisticamente entre si. As amostras provenientes do galho apontaram maior teor de cinzas, o que indica uma maior quantidade de material residual quando o material é queimado. Isto resulta como um fator negativo para a utilização de galhos desta espécie para fins energéticos. Segundo Andrade (1993), elevados teores de minerais na madeira proporcionam altas percentagens de cinzas no carvão, o que se torna prejudicial quando este carvão se destina a fins siderúrgicos.

4. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- Não existe diferença significativa entre a maioria das características estudadas, exceto entre as densidades da base e do galho da espécie em questão.
- A madeira de galho desta espécie possui potencial para a geração de energia.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

5. REFERÊNCIAS

ASSIS, M. R.; PROTÁSIO, T.P.; ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimento do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 32, n. 71, p. 291-302, 2012.

ANDRADE, A. M. Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto. 1993. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 105 f, 1993.

BRAZ, R. L.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; BECKER, G.; SILVA, D. A. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia – uma análise da cadeia produtiva. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Vol. 5, 168-181 P. 2014.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF, n.16, p.63-70, 1978.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., 1982, São Paulo, p. 101-137.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. Estudos avançados, 2007.

Brito JO. A escolha certa do carvão. Revista Churrasco e Churrascarias 2002; 5(24): 16.

CERQUEIRA, P. H. A.; VIEIRA, G. C.; BARBENERA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C. Análise dos resíduos madeireiros gerados pelas serrarias do município de Eunápolis-BA. FLORESTA E AMBIENTE, v.19, n.4, p.506-510, 2012.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M.; NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA FLORESTAL, n.5, 2005.

FONTES, P. J. P., 1994, “Auto-Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos”, dissertação de Mestrado do curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MONTEIRO, A.; CARDOSO, D.; CONRADO, D.; VERÍSSIMO, A.; SOUZA JUNIOR, C. Transparência Manejo Florestal 2008 – 2009, Estado do Pará. IMAZON, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 16 p. 2010.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P. COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PROTÁSSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; JÚNIOR, M. G. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 31, n. 66, p. 113-122, 2011.

RIBEIRO, R. B. S. Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 2013. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

RIBEIRO PG, VALE AT. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

ROSA, R. A.; ARANTES; M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, S. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para uso doméstico. Journal of Biotechnology and Biodiversity, 41-48 p. 2012.

SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE. Extração e movimentação de toras de madeira nativa. Relatório SEMA, 2014, p. 76.

SILVA; M. G.; NUMAZAWA; S.; ARAUJO; M. M.; NAGAISHI; T. Y. R.; Gilvana Rodrigues GALVÃO; G. R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. Acta Amazônica, Vol. 37(1) 2007: 61 – 70, 2007.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. Influência da temperatura final de carbonização nas Características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*himenea courbaril* L.). Scientia Agraria, vol. 2, núm. 1-2, 2001.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de Paricá (*Schizolobium amazonicum*). Revista Arvore, vol. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

