

QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL A PARTIR DA BIOMASSA CULTIVADA NA REGIÃO SUL DA BAHIA

João Vitor Morais da Silva¹; Dalton Longue Júnior²; Mara Lucia Agostini Valle³; Rafaella Dias Ramos⁴; Anna Júlia Leite⁵

¹Mestrando em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (joamoraisart@gmail.com); ² Professor Titular, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (dalton@uesb.edu.br); ³Professor, Universidade Federal do Sul da Bahia, Itabuna, BA (maraagostini@ufsb.edu.br); ⁴Mestranda, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (ra.fadias@gmail.com); ⁵Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA (annajulialeiteuesb@gmail.com)

RESUMO

O aumento da necessidade do aumento da produção de energia e a demanda que isso seja realizado por fontes energéticas renováveis têm impulsionado estudos de recursos energéticos com o aproveitamento de resíduos da biomassa florestal. A degradação térmica dessa biomassa permite sua conversão em carvão vegetal de forma eficiente e sustentável. O conhecimento sobre a qualidade do material lignocelulósicos utilizado é essencial, pois o mesmo influencia diretamente na qualidade do produto final. Neste contexto, o objetivo do estudo foi determinar a densidade básica dos materiais lignocelulósicos *Theobroma cacao* (galho e tronco), *Erythrina poeppigiana*, *Cordia trichotoma* e *Eucalyptus spp.*, espécies exóticas oriundas de sistemas produtivos do cacau (cabruca) na região do Sul da Bahia, e sua relação com a qualidade do carvão vegetal. A densidade básica das madeiras variou de 292 a 429 kg/m³, onde o cacau galho obteve o maior valor. A densidade aparente do carvão vegetal variou de 173 a 362 kg/m³, e o clone de eucalipto apresentou o melhor resultado, levando em consideração que essa espécie é amplamente utilizada industrialmente para produção de carvão. Os dados evidenciam que existe uma variação da densidade aparente do carvão vegetal com base na densidade básica da madeira, constatado uma boa influência ($R^2=56,2$).

Palavras-chave: Densidade básica; densidade aparente do carvão; propriedades físicas.

INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia renovável tem se tornado crescente nos últimos anos, a necessidade de explorar novas alternativas tornou-se inevitável devido à eminente possibilidade de escassez dos recursos fósseis e minerais nas próximas décadas. O petróleo e o carvão mineral são os recursos energéticos mais explorados atualmente, sendo estes as matérias-primas mais utilizadas para geração de energia e confecção de muitos produtos, estes ameaçados de desaparecerem devido ao uso desenfreado e limitação das reservas naturais. Para controlar o uso excessivo desses recursos é importante promover e aderir ao uso de alternativas viáveis e sustentáveis, como o uso de biomassa, capaz de suprir parte das demandas humanas, com menores interferências ecológicas (SANTOS *et al.*, 2012).

No que diz respeito a produção energética, o Brasil lidera como o país que mais produz carvão vegetal mundialmente, cerca de 9,0% de toda energia renovável produzida no país, o

equivalente a 7,0 milhões de toneladas (BEN, 2023). O consumo siderúrgico foi responsável por produzir cerca de 7,8 milhões de toneladas de ferro-gusa a partir do carvão vegetal, equivalente a 24,1% da produção total. Dentre esse montante, 6,9 milhões de toneladas de carvão foram produzidos a partir de madeira de cultivos florestais, registrando um crescimento progressivo nos últimos anos (IBÁ, 2023).

Contudo, a tecnologia empregada na produção de carvão vegetal no Brasil é considerada rudimentar, pois em sua grande maioria ainda são utilizados fornos de alvenaria que não permitem um controle adequado dos parâmetros do processo de carbonização, o que resulta na desuniformidade na qualidade do produto final. Além disso, fatores como espécie utilizada, temperatura e tempo de carbonização são gargalos que influenciam diretamente na qualidade do carvão vegetal final, resultando na maior heterogeneidade do produto gerado perante as diversas variáveis (SILVA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Essa abordagem de pesquisa possibilita estabelecer os parâmetros mínimos de qualidade, levando em consideração as particularidades da matéria-prima, agregando valor ao produto final e favorecendo toda a cadeia produtiva. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar os materiais lignocelulósicos de *Theobroma cacao* (galhos e troncos), *Erythrina poeppigiana*, *Cordia trichotoma* e *Eucalyptus spp*, cultivadas na região do Sul da Bahia e sua relação com a qualidade do carvão vegetal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem da madeira

Os materiais lignocelulósicos foram das espécies *Theobroma cacao* (galhos e troncos), *Erythrina poeppigiana*, *Cordia trichotoma* e *Eucalyptus spp.*, com diferentes idades, obtidas nas áreas experimentais da CEPLAC/UFSB (Universidade Federal do Sul da Bahia), localizada em Ilhéus - BA (coordenadas geográficas: 14°45'11,69" S, 39°14'17,27" O), provenientes de um sistema de cultivo e produtivo denominado (Cabruca). O clima na região é caracterizado como Af, tropical-úmido, apresenta uma precipitação anual de 1.830 mm, umidade relativa de 80% com temperaturas médias de 25°C (CARVALHO *et al.*, 2018).

Foram utilizados quatro troncos dos materiais cacau, claraíba, eritrina e eucalipto, e quatro galhos de cacau, com 35 cm de comprimento, posteriormente transformados em discos. Para cada disco, metade foi transformada em cunhas perpendiculares à base destinadas para determinação da densidade básica da madeira e metade transformadas em cavacos para carbonizações.

Determinação da densidade básica da madeira

Para determinação da densidade básica, foi utilizado como base a Norma Brasileira Regulamentadora NBR-11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003). A densidade básica da madeira foi calculada a partir da relação entre a massa seca das amostras e o seu volume saturado, conforme a Equação 1.

$$DB = \frac{Ms}{V_{sat}} * 1000 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: DB = densidade básica da madeira (kg/m³); Ms = massa seca (g); V_{sat} = volume saturado (cm³).

Determinação da densidade aparente do carvão vegetal

Para a determinação da densidade aparente do carvão foi utilizada a norma NBR 9165 (ABNT, 1985) pela imersão de peças de carvão em água. A densidade aparente foi determinada conforme a Equação 2, com base em cinco repetições.

$$DA = \frac{Ms}{Vs} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: DA = densidade aparente a 0% de umidade (g/cm³); Ms = massa seca do carvão (g); Vs = volume seco do carvão (cm³) (o volume imerso do carvão saturado é considerado o volume seco, uma vez que as dimensões do carvão não expandem ao ser submerso em água).

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio da estatística descritiva, utilizando gráficos de correlação entre as variáveis, linhas de tendência e coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade básica dos materiais lignocelulósicos avaliados, apresentou uma variação de 292 kg/m³ (eritrina) a 430 kg/m³ (cacau galho). Além disso, o material eucalipto apresentou a maior variação em densidade básica, com desvio padrão de 70,0 kg/m³, e a menor variação para cacau galho, com desvio padrão de 13,0 kg/m³ (FIGURA 1). Os valores de densidade básica dos materiais, são considerados baixos conforme a literatura, segundo Silva *et al.* (2015), espécies florestais que apresentam densidade básica abaixo de 550 kg/m³ são classificadas como espécies de baixa densidade.

Quanto a densidade aparente do carvão vegetal, os materiais apresentaram uma variação de 173 kg/m³ (claraíba) a 362 kg/m³ (eucalipto). Além disso, o material eucalipto apresentou a maior variação em densidade aparente, com desvio padrão de 76,2 kg/m³, enquanto o menor desvio padrão foi observado para a eritrina com 9,4 kg/m³.

De acordo com Damásio *et al.* (2013), para o uso siderúrgico, a densidade aparente do carvão vegetal deve apresentar valores superiores a 400 kg/m³. Em estudos com diferentes espécies de eucalipto para produção de carvão vegetal, Pereira *et al.* (2012), encontrou valores de densidade aparente entre 360 a 410 kg/m³. Valores esses, superiores aos encontrados neste trabalho, essa variação se dá em relação a variabilidade e variedade dos materiais avaliados, que apresentavam diferentes propriedades físico-químicas, anatômicas, condições de manejo e idades.

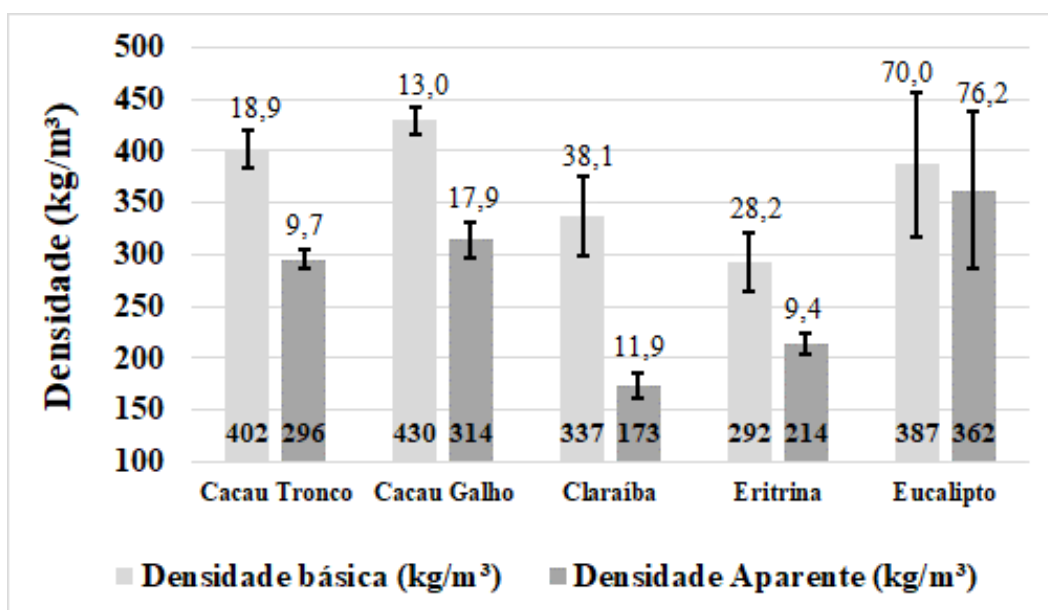


Figura 1 - Relação entre densidade básica da madeira e densidade aparente do carvão vegetal de cinco materiais lignocelulósicos cultivados na região Sul da Bahia.

A análise de regressão entre a densidade básica da madeira e a densidade aparente do carvão vegetal dos diferentes materiais lignocelulósicos é apresentada na Figura 2.

Ao verificar a relação entre densidade básica da madeira e densidade aparente do carvão vegetal, foi possível observar uma correlação positiva entre as duas variáveis analisadas para todos os materiais, com ($R^2=0,5621$), Figura 2. Além disso, houve um aumento significativo na densidade aparente do carvão conforme o aumento da densidade básica da madeira, isso ocorreu para todas as espécies analisadas, onde materiais com maiores densidade básica, vão resultar em carvões com maiores densidade aparente. Esse tipo de correlação também é observado na maioria dos estudos que analisam a relação entre madeira e qualidade do carvão vegetal, como nos trabalhos de Pereira *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2011), que identificaram correlações positivas de 0,68 e 0,54, respectivamente, com significância de 5%, onde materiais lenhosos de maior densidade são mais adequados para o uso energético.

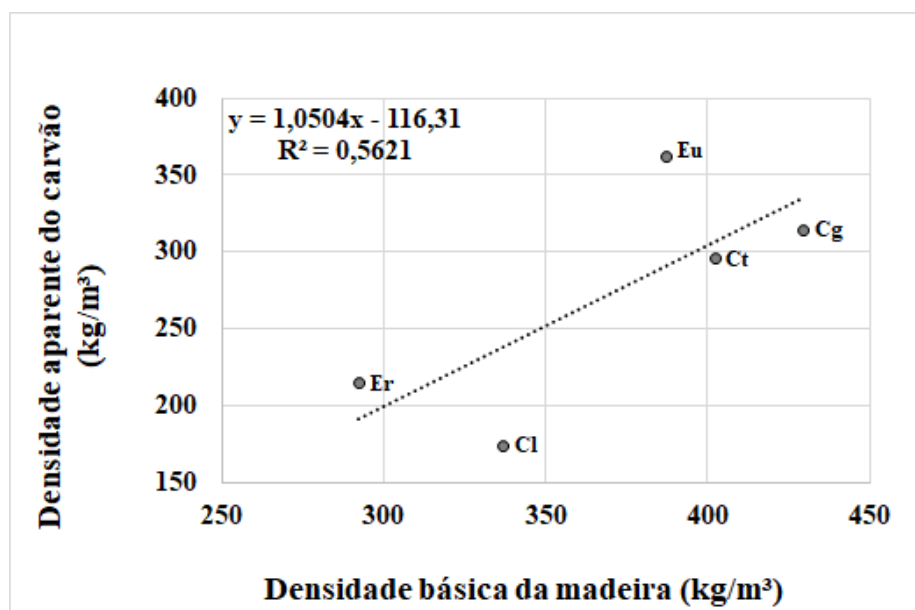


Figura 2 - Correlação entre densidade básica da madeira e densidade aparente do carvão, de diferentes materiais lignocelulósicos cultivados na região Sul da Bahia. Em que: Ct (cacau tronco), Cg (cacau galho), Cl (claraíba), Er (eritrina), Eu (eucalipto).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados é possível concluir, que o parâmetro densidade básica da madeira, influencia positivamente na qualidade do carvão vegetal de origem, levando em consideração também a variabilidade existente entre as espécies. O eucalipto que é amplamente utilizado na produção de carvão vegetal, serviu como parâmetro comparativo em relação aos demais materiais avaliados, onde a variação cacau galho alcançou resultados semelhantes na qualidade do carvão vegetal.

É importante que mais investigações a respeito da qualidade dessa espécie sejam realizadas, possibilitando promissoras destinações e empregabilidade da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-11941**: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2013.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – BEN, 2023.

DA SILVA, Carlos José; DO VALE, Ailton Teixeira; MIGUEL, Eder Pereira. **Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado de Tocantins**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 35, n. 82, p. 63-75, 2015.

DA SILVA, Luan Felipe Feitosa et al. **Seleção de espécie, temperatura e tempo de carbonização na produção de carvão vegetal com resíduos madeireiros da Amazônia**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 40, 2020.

DAMÁSIO, Renato Augusto Pereira et al. Caracterização anatômica e qualidade do carvão vegetal da madeira de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 261-267, 2013.

DE CARVALHO, Perla Silva Matos et al. **VARIABILIDADE ESPACIAL DA FERTILIDADE DE UM SOLO CULTIVADO COM CACAUEIRO 1**. Revista Engenharia na Agricultura, v. 26, n. 2, p. 178-189, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório anual 2023.

OLIVEIRA, Rudson Silva et al. **Qualidade do carvão vegetal comercializado no Sudeste Paraense para cocção de alimentos**. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 62, 2019.

PEREIRA, Bárbara Luísa Corradi et al. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 02, p. 545-557, 2016.

PEREIRA, Bárbara Luísa Corradi et al. **Quality of wood and charcoal from Eucalyptus clones for ironmaster use**. International Journal of Forestry Research, v. 2012, 2012.

SANTOS, R. C. et al. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, jun. 2011.

SANTOS, Sueli de Fátima de Oliveira Miranda; HATAKEYAMA, Kazuo. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. **Production**, v. 22, p. 309-321, 2012.