

# PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE PAULISTAS, MG.

Irlaine Nathaly Ferreira dos Anjos<sup>(1)</sup>; Emily Pereira dos Santos<sup>(1)</sup>; Júnia Barroso de São Miguel Rosa Mota<sup>(1)</sup>; Ricardo Gomes de Oliveira<sup>(2)</sup>; Caroline Junqueira Sartori<sup>(3)</sup>

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físicas do carvão vegetal produzido no município de Paulistas, Minas Gerais, a partir de madeira de *Eucalyptus grandis*, utilizando forno de superfície. Foram determinadas as seguintes propriedades: umidade em base úmida, densidade a granel, densidade aparente, densidade relativa verdadeira e porosidade. Os resultados médios obtidos foram: umidade de 7,02%, densidade a granel de 0,196 g/cm<sup>3</sup>, densidade aparente de 0,528 g/cm<sup>3</sup>, densidade verdadeira de 1,520 g/cm<sup>3</sup> e porosidade de 65,25%. Esses valores indicam que o carvão vegetal produzido apresenta qualidade compatível com as exigências do setor siderúrgico, sobretudo pela densidade aparente superior a 0,40 g/cm<sup>3</sup>, considerada adequada para esse uso. Conclui-se que o carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* proveniente de Paulistas-MG possui propriedades físicas adequadas para aplicações industriais e energéticas, apresentando potencial para uso sustentável em substituição à madeira de florestas nativas, reforçando a importância dos plantios de eucalipto como fonte renovável para a produção de energia e insumos siderúrgicos.

**Palavras-chave:** Densidade a granel. Densidade aparente. Umidade.

## 1 INTRODUÇÃO

A vasta cobertura florestal no território brasileiro, combinada com as condições edafoclimáticas propícias para a silvicultura, confere ao país bons resultados na atividade florestal em comparação com o restante do mundo. Como resultado, o Brasil se destaca significativamente no cenário da geração de energia a partir das fontes renováveis. Historicamente, o uso da madeira no país para a geração de energia tem estado intimamente ligado à produção vegetal, devido a alta demanda desse produto no setor siderúrgico, onde desempenha um papel crucial como agente redutor no processo de transformação do minério de ferro. Além de seu uso nas indústrias, é frequentemente empregado como combustível em aquecedores, lareiras e churrasqueiras (SANTOS et al., 2011).

O gênero *Eucalyptus*, é considerado uma das melhores opções para a produção do carvão vegetal, e tem sido amplamente utilizado pelo setor florestal como substituto imediato de madeiras oriundas de florestas nativas, devido à rusticidade, produtividade e às características da madeira. Sendo assim, as empresas do setor florestal buscam a combinação de matérias-primas uniformes e uma melhoria no produto final, ao mesmo tempo que exploram

<sup>(1)</sup> Engenharia Florestal, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais.

<sup>(2)</sup> Técnico administrativo, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais.

<sup>(3)</sup> Professora orientadora, Engenheira Florestal, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais



novas fontes de suprimento pelo melhoramento genético do eucalipto, devido à pressão significativa exercida sobre as florestas nativas. O uso da madeira proveniente de reflorestamentos reflete uma resposta econômica em busca de maior valor agregado para a madeira obtida a partir de florestas plantadas, possuindo troncos retos, uniformes e madeira com massa específica adequada para a obtenção de carvão de boa qualidade (ADORNO & GARCIA, 2003).

O carvão vegetal é originado pelo processo de carbonização, frequentemente chamado de pirólise lenta. Nesse processo, a madeira, sob temperatura controlada na presença limitada de oxigênio, passa pelo estágio de fixação de carbono, eliminando compostos menos energéticos, como hidrogênio (H) e oxigênio (O), que são liberados na forma de gases condensáveis e não condensáveis (OLIVEIRA et al., 2010).

Características como densidade, poder calorífico superior, resistência mecânica ou friabilidade, umidade e composição química (carbono fixo, cinzas e materiais voláteis), sendo o conhecimento do carvão imprescindível para produção de um produto com propriedades necessárias para seu uso (OLIVEIRA et al., 2010; BRIDGWATER, 2012).

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas do carvão obtido no município de Paulista, determinando densidade a granel, densidade aparente, densidade verdadeira, umidade e porosidade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O carvão vegetal utilizado nessa pesquisa é produzido no município de Paulistas, sendo proveniente de madeira de *Eucalyptus grandis*, no sistema de forno de superfície. Esse município está localizado na região centro-nordeste de Minas Gerais, entre a bacia hidrográfica do rio doce, e o rio Jequitinhonha, e apresenta clima Cwa (tropical de altitude), de acordo com as classificações do IBGE (IBGE, 2024). Com dados de localização: coordenadas -18.433268 latitudes sul, -42.821457 latitude oeste.

Para a determinação da densidade a granel (D), as amostras do carvão vegetal precisaram ser reduzidas em tamanhos padronizados em cerca de sete centímetros, após a redução as mesmas foram colocadas dentro de uma caixa com aproximadamente 3000 cm<sup>3</sup>, e levados a uma balança analítica de precisão. Após a pesagem das amostras no recipiente tem-



se a ocupação massa e volume. A densidade a granel (D) foi determinada em  $\text{g/cm}^3$ , estabelecendo a relação entre a massa do carvão vegetal (m).

A umidade em base úmida do carvão vegetal foi determinada pelo método gravimétrico, com secagem em estufa com circulação forçada de ar a  $102 \pm 3^\circ\text{C}$ .

Para determinar a densidade aparente ( $D_{ap}$ ), foram utilizadas cinco amostras do carvão vegetal, as quais foram secas em estufa com circulação forçada de ar a  $102 \pm 3^\circ\text{C}$ , e em balança de precisão foi determinada a massa anidra ( $M0\%$ ). O volume das amostras do carvão vegetal foi determinado através do método de imersão. Para evitar que as amostras absorvessem água, as mesmas foram enroladas em um filme de PVC, e por imersão foi determinado o volume anidro ( $V0\%$ ). A densidade aparente foi determinada conforme Equação 2.

$$D_{ap} = \frac{M0\%}{V0\%} \quad (2)$$

Para determinar a densidade relativa verdadeira ( $D_{rv}$ ), as amostras do carvão foram trituradas em um moinho de facas do tipo Willey. Após a trituração essas amostras foram peneiradas em uma peneira granulométrica redonda de aço inoxidável, nas escalas de 200 – 270 *mesh*.

Em seguida, foram preparados cinco picnômetros de capacidade de 50 mL, cada um foi preenchido com água até a sua borda e pesados em balança analítica de precisão ( $P_{pa}$ ). Os picnômetros foram lavados e secados, preenchidos com 1g de carvão vegetal moído e seco ( $P_{cs}$ ). Os picnômetros contendo as amostras de carvão foram preenchidos até a metade com água e foram levados a uma chapa de aquecimento no qual permaneceram por duas horas a  $100^\circ\text{C}$ .

Posteriormente, os picnômetros contendo as amostras de carvão e água após esfriar, tiveram os volumes completados com água, e foram pesados em balança analítica de precisão ( $P_{pca}$ ). A densidade relativa verdadeira ( $D_{rv}$ ), foi determinada conforme Equação 3.

$$D_{rv} = \frac{P_{cs}}{(P_{pca} - P_{pa})} \quad (3)$$

A porosidade foi determinada através da equação 4, a partir dos dados das densidades aparente e densidade relativa verdadeira.

$$\text{Porosidade} = \left(1 - \frac{D_{ap}}{D_{rv}}\right) * 100 \quad (4)$$



### 3 RESULTADOS

Os resultados das amostras analisadas com médias, respectivos coeficientes, desvio padrão da densidade a granel, densidade aparente, densidade verdadeira, e porosidade estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e coeficiente de variação das propriedades físicas do carvão vegetal.

	Ubu (%)	D (g/cm <sup>3</sup> )	Dap (g/cm <sup>3</sup> )	Drv (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade (%)
Média	7,02	0,196	0,528	1,520	65,25
CV (%)	5,84	0,25	16,04	0,74	-

De acordo com a Tabela 1 verifica-se que a umidade em base úmida foi de 7,02%, a densidade a granel teve uma média de 0,196 g/cm<sup>3</sup>, a densidade relativa aparente anidra média foi 0,528 g/cm<sup>3</sup>; já a densidade relativa verdadeira foi em média de 1,520 g/cm<sup>3</sup>. A porosidade verificada para o carvão vegetal produzido em Paulistas foi de 65,25%.

### 4 DISCUSSÃO

A umidade reduz o rendimento gravimétrico e o poder calorífico do carvão vegetal (BRAND et al., 2011).

Segundo Santos et al. (2011), a densidade a granel pode variar de 0,10 a 0,20 g cm<sup>-3</sup>, fatores como carbonização e a espécie podem ser cruciais nesse resultado. O resultado encontrado indica que o material possui bom potencial para aplicações energéticas. De acordo com Carneiro et al. (2013), carvão usados na siderurgia devem ter densidade aparente superior a 0,40 g cm<sup>-3</sup>. Analisando o resultado encontrado no estudo, ele supera o limite mínimo e indica que o material está dentro dos requisitos necessários para utilização na indústria siderúrgica.

Carvões com alta densidade verdadeira tendem a ter maior concentração de carbono, resultando em maior poder calorífico e eficiência na queima. Por outro lado, carvões com baixa densidade verdadeira pode apresentar menor concentração de carbono e desempenho energético inferior (FAO, 1983).

Porosidades elevadas favorecem a difusão de gases durante a combustão, aumentando a reatividade do material. As características físicas apostam que o carvão vegetal analisado está em conformidade com os padrões obtidos na literatura, destacando a densidade aparente que afirma a aptidão para demandas siderúrgicas.



## 5 CONCLUSÃO

Esses valores indicam que o carvão vegetal produzido apresenta qualidade compatível com as exigências do setor siderúrgico, sobretudo pela densidade aparente superior a 0,40 g/cm<sup>3</sup>, considerada adequada para esse uso. Conclui-se que o carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* proveniente de Paulistas-MG possui propriedades físicas adequadas para aplicações industriais e energéticas, apresentando potencial para uso sustentável em substituição à madeira de florestas nativas, reforçando a importância dos plantios de eucalipto como fonte renovável para a produção de energia e insumos siderúrgicos.

## REFERÊNCIAS

ADORNO, M. F. C.; GARCIA, J. N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 44-53, 2003. Acesso em: 4 set. 2024

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Pirólise lenta da madeira para produção de carvão vegetal. Viçosa – MG In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais, 2013.

FAO. (1983). Wood Charcoal: Production Methods and Marketing. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FROEHLICH, P. L.; MOURA, B. D. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. **Tecnologias e Tendências**, v. 9, n. 1, p. 45, 2014. Acesso em: 17 set. 2024

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v. 38, p. 431-439, 2010. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr87/cap10.pdf>. Acesso em: 4 out. 2024.

PAULISTAS (MG) | CIDADES E ESTADOS | IBGE. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/paulistas.html>. Acesso em: 2 out. 2024.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; CARDOSO, M. T. 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, 2011. Acesso em: 25 set. 2024.