

## Determinação da densidade básica de cavacos de eucalipto para a produção de painéis

Bruno Mendes Pereira Carlos <sup>1</sup>, Gustavo Jaske da Conceição <sup>1</sup>, Stéffany de Lima Araujo <sup>1</sup>, Luana Bento Protázio <sup>1</sup>, Gabriela Goldner Gimenez <sup>1</sup>, Graziela Baptista Vidaurre <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro/ES, Brasil – [bmendes0103@gmail.com](mailto:bmendes0103@gmail.com)

**Resumo:** A combinação de cavacos e partículas de menor densidade possibilita a fabricação de painéis de média densidade. A densidade da madeira se torna um dos critérios fundamentais na escolha de espécies para a produção de aglomerados, devido à sua influência na razão de compactação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade básica de cavacos pelo método de imersão em água e pelo método do máximo teor de umidade. Foram amostrados cavacos de oito clones comerciais de *Eucalyptus*, com diferentes idades, já utilizados para a produção de painéis e chapas. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os métodos de determinação para os clones avaliados. Os valores médios encontrados para densidade básica variaram de 390 kg/m<sup>3</sup> a 480 kg/m<sup>3</sup>. A análise estatística dos dados reforça a confiança de que os resultados dos dois métodos são comparáveis e podem ser usados de forma intercambiável.

**Palavras-chave:** Métodos de determinação, Imersão, Máximo Teor de Umidade, Qualidade da Madeira.

## Determination of the basic density of eucalyptus chips for panel production

**Abstract:** The combination of chips and lower density particles enables the manufacture of medium-density panels. Wood density becomes one of the fundamental criteria in the selection of species for particleboard production due to its influence on the compaction ratio. The objective of this study was to evaluate the basic density of chips using the water immersion method and the maximum moisture content method. Chips from eight commercial *Eucalyptus* clones of different ages, already used for panel and board production, were sampled. No statistical differences were found between the determination methods for the evaluated clones. The average values found for basic density ranged from 390 kg/m<sup>3</sup> to 480 kg/m<sup>3</sup>. The statistical analysis of the data reinforces the confidence that the results of the two methods are comparable and can be used interchangeably.

**Keywords:** Determination Methods; Immersion; Maximum Moisture Content; Wood Quality.



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

### 1. INTRODUÇÃO

A madeira de eucalipto tem sido uma matéria prima crucial para o setor florestal, podendo ser utilizada em indústrias de celulose e siderurgia, além da construção civil, produção de móveis e painéis entre outra gama de produtos industrializados (Josino, 2014). O setor de painéis de madeira está entre os setores que possuem maior destaque pela variedade de produtos. No ano de 2022, as vendas internas de painéis de madeira atingiram a marca de 7,0 milhões de m<sup>3</sup>, com um total de 8,5 milhões de m<sup>3</sup> de painéis de madeira industrializada produzidos, o que reforça sua importância e sua influência no setor florestal brasileiro (Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, 2023; Iwakiri e Trianoski, 2020).

Em escala industrial nacional, o Brasil produz diversos tipos de painéis de madeira reconstituída, como o *Medium Density Fiberboard* (MDF) e o *Medium Density Particleboard* (MDP), produtos que são empregados principalmente nas indústrias moveleiras, com aproveitamento da árvore em torno de 30% a 60% (IBÁ, 2023). A combinação de cavacos e partículas de menor densidade possibilita a fabricação de painéis de média densidade com as propriedades físicas e mecânicas desejadas para a indústria. Isso destaca a importância da seleção cuidadosa do material genético, uma vez que a escolha de materiais com alta densidade resulta em menor consumo de madeira na produção dos painéis (Belini *et al.*, 2008).

Desse modo, a densidade da madeira se torna um dos critérios fundamentais na escolha de espécies para a produção de aglomerados, devido à sua influência na razão de compactação. Razão essa definida como a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira (Iwakiri *et al.*, 2016). Para determinar a densidade básica, são utilizados diferentes métodos que podem ser encontrados na literatura e nas normas técnicas, no entanto, o volume real da amostra apresenta-se como um gargalo durante a análise, pois os métodos de medição do volume por via direta tendem a ser pouco precisos, devido aos formatos irregulares que as amostras podem apresentar.

Vários métodos de determinação da densidade básica que estimam o volume do material de forma indireta foram desenvolvidos. Para o material cavaco, estudos mostram a utilização de métodos de determinação de densidade básica baseados no princípio de Arquimedes (método de imersão) e no máximo teor de umidade (MTU) (Coelho, 2021; Padula, 2013; Trugilho *et al.*, 2002). Dessa forma, para realização da densidade básica pelo método de imersão, é necessário conhecer a

densidade do fluido a ser deslocado e apresenta como vantagem a não necessidade de amostra com forma definida. Já o método do máximo teor de umidade exige que as amostras estejam completamente saturadas de água (Trugrilho *et al.*, 2002).

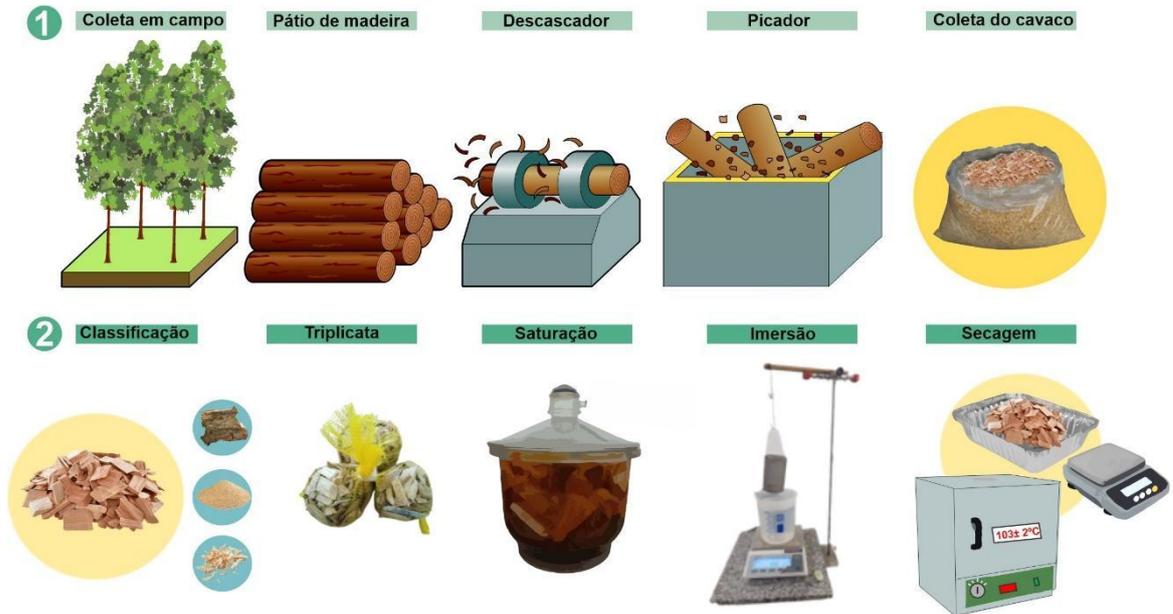
Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho foi analisar a densidade básica de cavacos de clones de eucalipto pelo método de imersão em água e pelo método do máximo teor de umidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O material genético analisado foi obtido a partir de árvores de eucalipto provenientes de fazendas associadas a uma empresa parceira especializada na produção de chapas e painéis. As árvores foram coletadas em diversas localidades do estado de São Paulo e posteriormente transportadas para o pátio de armazenamento da planta fabril da empresa. Após o recebimento, as toras foram processadas em cavacos utilizando um picador, e esses cavacos foram então coletados e armazenados (Figura 1). Foram selecionados cavacos provenientes de oito clones comerciais de *Eucalyptus*, com idades variáveis e que já haviam sido empregados na produção na fábrica.

Os cavacos foram classificados entre peneiras de 16 e 25 mm e acondicionados em sacos plásticos de 1 kg e enviados ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado em Jerônimo Monteiro, ES. No laboratório, os cavacos foram pesados e classificados manualmente, com a remoção de nós, lascas, fragmentos finos e cascas. Para cada amostra de cavacos de madeira, foram coletados 130 g em triplicata, que foram então armazenados em sacos de rede confeccionados em fios de nylon e mantidos em dessecadores contendo água, sob vácuo diário, até atingirem a saturação completa.

**Figura 1.** Esquema metodológico amostral.



Fonte: (Autor)

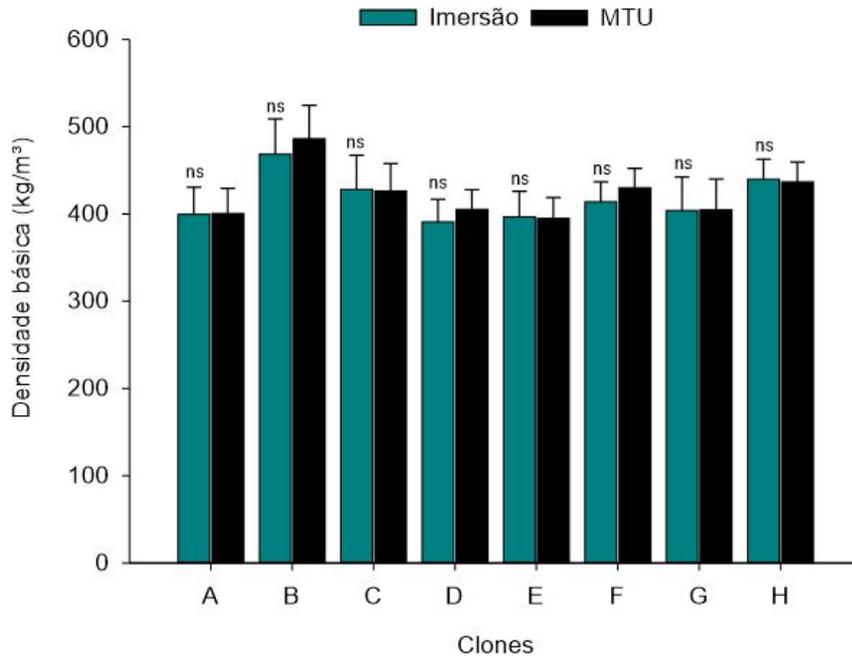
A densidade básica da madeira foi determinada pelo método de imersão em água, conforme a NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003) e pelo método do máximo teor de umidade (Smith, 1954). Os dados foram processados no SigmaPlot® 14.0 e no software R (R CORE TEAM, 2019). Foi realizado o teste F da análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade, para verificar se houve diferenças entre os métodos avaliados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a densidade básica da madeira, utilizando tanto o método de imersão quanto o método do máximo teor de umidade, revelaram valores estatisticamente semelhantes entre todos os clones avaliados (teste F da ANOVA). A densidade básica média variou dentro de um intervalo de 390 kg/m<sup>3</sup> a 480 kg/m<sup>3</sup> (Figura 2). A análise comparativa dos valores médios de densidade básica entre os diferentes clones confirmou a existência de materiais genéticos com características específicas de densidade para a produção de MDF e MDP. Esses resultados evidenciam a influência significativa da seleção dos clones no parâmetro

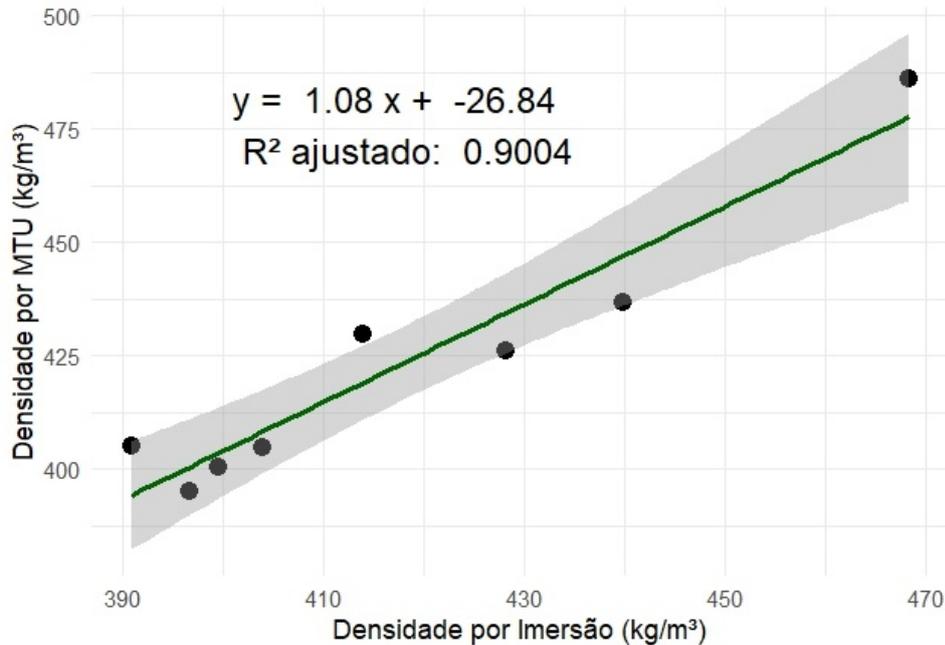
de menor densidade.

**Figura 2.** Densidade básica da madeira pelo método de imersão e máximo teor de umidade.



A escolha da metodologia para a determinação da densidade básica da madeira pode ser influenciada pelo tipo de material disponível para análise. Os cavacos de madeira tendem a fornecer resultados mais consistentes, com menores desvios padrão, principalmente devido às etapas de processamento, como a classificação, que assegura a utilização de amostras homogêneas, isentas de nós e cascas (Ucella Filho *et al.*, 2023). A análise das densidades básicas medidas pelos métodos de imersão e máximo teor de umidade (MTU) revela uma alta correlação positiva entre os dois métodos (Figura 3).

**Figura 3.** Correlação de Pearson entre o método de imersão e máximo teor de umidade.



Ambos os métodos para a determinação da densidade básica da madeira capturam, de forma substancial, a mesma variabilidade dos dados, evidenciando uma forte relação linear entre as medições. Isso sugere uma alta consistência entre os métodos, indicando que ambos são igualmente eficazes na avaliação da densidade básica da madeira.

A densidade básica da madeira é um parâmetro crítico para a qualidade do material na produção de painéis MDF, pois está diretamente relacionada à conversão de metro cúbico de madeira em metro cúbico de painel. Madeira com maior densidade resulta em menor consumo de madeira para a produção do painel (Belini *et al.*, 2008). Portanto, a alta correlação entre os métodos de imersão MTU sugere que um método pode ser utilizado para prever os resultados do outro com alta confiabilidade. Esta previsibilidade é particularmente relevante para as indústrias, onde a escolha do método de medição pode impactar a produção e os custos. Métodos menos invasivos, rápidos e econômicos são geralmente preferidos, pois oferecem vantagens operacionais e financeiras significativas.

#### 4. CONCLUSÃO

A escolha do método de amostragem e a consideração da localização e do tipo de amostra são cruciais para obter medidas precisas e representativas da densidade básica da madeira.

A alta correlação pode ser um indicador de que um dos métodos pode ser usado para prever os resultados do outro com alta confiança. A análise estatística dos dados reforça a confiança de que os resultados dos dois métodos são comparáveis e podem ser usados de forma intercambiável, dependendo das necessidades específicas das indústrias de MDF e MDP, pesquisa ou da aplicação prática.

#### 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-11941: Determinação da densidade básica em madeira**. Rio de Janeiro; 2003

BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P.; DIAS, C. T. S. Caracterização da estrutura anatômica, densidade básica e morfologia de cavacos da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de painéis MDF. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 707-713, 2008.

COELHO, M. U. **Impacto da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* na eficiência dos processos de polpação Kraft estendidos**. 2021. 135 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, IBÁ: **Relatório 2023 – Ano base 2022**. São Paulo, SP, 2023.

IWAKIRI, S. et al. **Produção de painéis aglomerados com misturas de seis espécies de madeira da Amazônia e Pinus taeda**. *Floresta*. v.46, n.2, p. 259-257. Curitiba, abr./ jun., 2016.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. (ed). **Painéis de madeira reconstituída**. 2 ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 259 p. 2020.

PADULA, R. R. **Estudo comparativo de métodos para determinação da densidade básica de cavacos e discos de madeira**. 2013. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

SMITH, D. M. **Maximum moisture content method for determining specific**

**gravity of small wood samples** Madison: Forest Products Laboratory. 1954. 8 p. (Report, 2014).

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **ACTA Amazônica**, v. 20, p. 307-319, 1990.

UCELLA FILHO, J. G. M. *et al.* Cavacos de madeira: características, aplicações e avanços de pesquisa no Brasil. **Editora Científica**, 2023. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/cavacos-de-madeira-caracteristicas-aplicacoes-e-avancos-de-pesquisa-no-brasil>. Acesso em: 16 set. 2024.