

## VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus cloeziana* EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO

Ana Flávia Silva Sousa, Paulo Sérgio Soares Lima, Maria Vitória Alexandrina Ferreira, Gleyce Maria Pereira Reis<sup>1</sup>, Bruno Oliveira Lafetá, Caroline Junqueira Sartori.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), Av. Primeiro de Junho, 1043 - Centro, São João Evangelista - MG, 39705-000, Brasil, anaflavia2018905@gmail.com, paulosergio1998pssl@gmail.com, vitoriaa.ferreira84@gmail.com, gleycereis3@gmail.com, bruno.lafeta@ifmg.edu.br, caroline.sartori@ifmg.edu.br.

### Resumo

Este estudo teve como objetivo determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em diferentes posições radiais, bem como em lenhos de tração e lenho oposto. Para a execução do trabalho foram abatidos três indivíduos de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Com cerca de 10 anos em terreno declivoso no município de São João Evangelista, Minas Gerais. Destes, foram retirados discos de 4 cm de espessura a 1,30 m do solo. Os discos foram demarcados na posição superior do terreno declivoso (lenho de tração) e inferior à inclinação do tronco (lenho oposto), e subdivididos em 4 porções radiais. Os valores de densidade básica, foram submetidos à análise estatística descritiva por meio de BoxPlot e aos testes de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney a 5% de significância. Não foram verificadas diferenças significativas para a densidade básica em função dos lenhos oposto e de tração. A variação da densidade básica no sentido radial apresentou comportamento quadrático, com aumento na direção radial. A densidade aumenta em direção ao exterior do tronco, evidenciando a transição da madeira juvenil para a adulta, com maior densidade nas camadas externa.

**Palavras-chave:** Eucalipto. Madeira adulta. Madeira juvenil. Madeira de reação.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Florestal

### Introdução

O setor florestal é bastante diversificado e são inúmeras as espécies utilizadas para a obtenção dos mais variados bens e serviços que a humanidade demanda. Em escala comercial, o gênero *Eucalyptus* é o segundo mais plantado no mundo, ocupando 26% do total de 277,8 milhões de hectares (PAYN et al. 2015), e o mais plantado no Brasil. O Brasil é o maior produtor mundial de madeira de eucalipto, possuindo 7,53 milhões de hectares plantados em 2021 (IBÁ, 2022), distribuídos nas mais variadas condições de clima e solo do país.

A espécie *Eucalyptus cloeziana* tem como área de ocorrência natural o Estado de Queensland, Austrália, em latitudes entre 16°S e 27°S (BOLAND et al., 2006). De acordo com Clarke et al. (2009), o *E. cloeziana* é uma árvore perene, ou seja, têm um ciclo de vida longo, e apresenta grande porte podendo atingir até 55 m de altura e 1,5 m de diâmetro. Treueman et al., (2013) afirmam que o *E. cloeziana* se destaca por ser uma espécie adaptada às regiões tropicais e subtropicais.

A razão pelo grande interesse econômico do *E. cloeziana* pelo setor florestal deve se, principalmente, pelas características tecnológicas da sua madeira, durabilidade, alta densidade e excelente qualidade para serrarias, uso na construção civil e produção de carvão (CRUZ et al., 2006). As propriedades físicas e mecânicas da madeira se destacam quando se trata da relevância das características das árvores. A qualidade se refere à combinação de características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas da árvore, as quais possibilitam a melhor utilização da madeira para um uso específico (GONÇALEZ et al., 2006).

Vários fatores, como clima, solo, altitude, declividade, vento e espaçamento, entre outros, afetam a taxa de crescimento e o desenvolvimento de uma floresta de eucalipto. Conseqüentemente, esses fatores, direta ou indiretamente, influenciam as características da madeira em formação. Estudar as propriedades do lenho proveniente dos fustes inclinados é fundamental para se ter

conhecimento sobre a qualidade da madeira que será utilizada no processo produtivo (BOSCHETTI, 2014). Áreas declivosas, vento ou algum outro 9 fator adicional provoca a inclinação de árvores, o que leva ao desenvolvimento do lenho de tração/reação nas folhosas (COUTO *et al.*, 2011).

A definição de densidade se baseia na espessura da parede celular, além da composição dos tipos de células e suas dimensões (PANSHIN e ZEEUW, 1980). Dessa forma, torna-se relevante o conhecimento da densidade a fim de direcionar informações sobre as características anatômicas e a composição química da madeira (MOREIRA, 1999).

A densidade básica da madeira é dada pela razão entre a sua massa seca e o volume saturado. Ou ainda, o volume saturado pode ser substituído pelo método do máximo teor de umidade da madeira (FOELKEL *et al.*, 1971). Dessa forma, com a densidade básica é possível responder sobre a homogeneidade da madeira, já que quanto maior a densidade, maior deverá ser a espessura da parede celular das fibras; e para um valor baixo de densidade básica, o resultado é de um maior número de vasos em relação às fibras (OLIVEIRA; SILVA, 2003). A espécie *Eucalyptus cloeziana* é classificada por Melo *et al.* (1990) como densidade básica média, a qual é encontrada em torno de 0,68 g/cm<sup>3</sup> (PEREIRA *et al.*, 2000).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em diferentes posições radiais, de modo a verificar a influência da idade nesta propriedade, bem como em lenhos de tração e lenho oposto.

### Metodologia

Para a obtenção das amostras foram abatidas três árvores de *Eucalyptus cloeziana*, com cerca de 10 anos, localizadas em terreno declivoso (30°), no *campus* do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG – SJE). Considera-se que o clima da região é do tipo Cwa de acordo com o sistema internacional de Koppen (KOPPEN, 1936) com verão chuvoso e inverno seco.

No momento da coleta das amostras, foram retirados discos a 1,30 m do solo (DAP). Os discos retirados foram encaminhados ao laboratório de Ciência e Tecnologia da madeira do IFMG – SJE e para a marcenaria, onde foram retiradas as frações radiais em ambos os lenhos.

Com o auxílio de um formão, foram separadas em quatro porções na direção radial, sendo uma interna próximo à medula (P1), duas intermediárias (P2 e P3) e uma externa próximo ao câmbio vascular (P4), estes procedimentos foram feitos tanto para a madeira de tração quanto para o lenho oposto.

As amostras dos diferentes lenhos e posições foram encaminhadas para estufa com circulação de ar forçada a 103 °C até a obtenção de massa constante, em que foram determinadas com emprego de balança de precisão as massas secas das amostras (Ms).

Posteriormente, as amostras ficaram imersas em água no interior de um recipiente do tipo dessecador, com aplicação de vácuo para que ocorresse a saturação das mesmas por água, para a determinação do volume saturado (Vsat) pelo método de imersão e deslocamento de água. A densidade básica foi calculada pela seguinte equação:

$$DB = \frac{MS}{V_{sat}} \quad \text{Eq.:1}$$

Em que:

Db = densidade básica, em g/cm<sup>3</sup>

Ms = Massa seca, em gramas

Vsat = Volume saturado, em cm<sup>3</sup>

Os valores verificados de densidade básica, nas diferentes posições radiais para o lenho de tração e lenho oposto, foram submetidos à análise estatística descritiva por meio de BoxPlot e aos testes de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney com correção de Bonferroni, ambos ao nível de significância de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do software R (R CORE TEAM, 2023).

## Resultados

Os dados de densidade básica em função da posição radial dos lenhos de tração e oposto para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de densidade básica da madeira *Eucalyptus cloeziana* em função das posições radiais e longitudinais, em lenhos oposto e de tração.

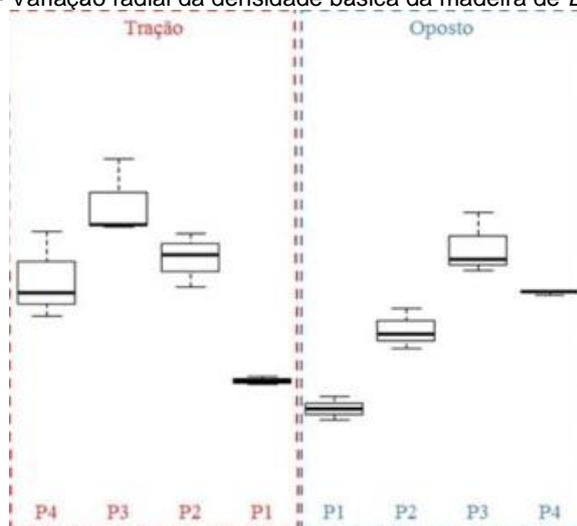
| Região | Posição | Posição em relação ao DAP |
|--------|---------|---------------------------|
| Tração | P1      | 0,74 bc                   |
|        | P2      | 0,81 a                    |
|        | P3      | 0,78 ab                   |
|        | P4      | 0,65 de                   |
| Oposto | P1      | 0,62 e                    |
|        | P2      | 0,70 cde                  |
|        | P3      | 0,78 ab                   |
|        | P4      | 0,74 bcd                  |

Fonte: Autores, 2024.

Não foram verificadas diferenças significativas para a densidade básica em função dos lenhos oposto e de tração. Foram observadas diferenças estatísticas significativas para a posição no DAP, os quais mostraram uma tendência de aumento da densidade básica conforme a posição radial se distanciou da medula, ou seja, conforme aumento da idade cambial (Figura 1). Acredita-se que a madeira formada nas posições 1 e 2, mais internas, próximas à medula, correspondem a madeira juvenil, e as posições 3 e 4 correspondem a transição para madeira adulta, visto que na posição do DAP as densidades são maiores mais próximo às cascas e não diferem entre si.

Nota-se que a densidade no lenho de tração foi superior que do lenho oposto nas regiões mais internas da madeira (P1, P2), em que resultou em um aumento da densidade de 19,35% e 15,71% respectivamente, regiões que provavelmente correspondem um tecido cronologicamente mais jovem. Na posição radial P3 a densidade se manteve constante e na posição externa P4 a densidade básica no lenho de tração teve uma redução de 12,16% com relação à densidade básica no lenho oposto.

Figura 1 - Variação radial da densidade básica da madeira de *E. cloeziana*



Fonte: Autores, 2024.

## Discussão

No geral, na posição do DAP, o comportamento verificado da densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* foi de aumento até a posição 3, e redução para a posição 4, porém a posição 3 e 4 não diferem entre si (exceto para o lenho de tração no DAP), nesta posição as densidades básicas próximas à medula são menores que os valores de densidade básica encontrados mais próximas às cascas.

Observou-se um comportamento quadrático da densidade básica na direção medula-casca para a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, comportamento característico onde a madeira juvenil se encontra mais internamente e a madeira ou lenho adulto, se encontra na região exterior. Este comportamento de aumento da densidade básica no sentido medula casca é descrito na literatura por diversos autores (PANSHIN e de ZEEUW, 1980; TOMAZELLO FILHO, 1985; CRUZ *et al.*, 2003; FERREIRA, 2007).

Trugilho *et al.* (1996), ao avaliarem características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*, concluíram que a idade das árvores influencia fortemente as propriedades físicas da madeira, incluindo a densidade. Árvores da mesma espécie, mais velhas, tendem a apresentar maior densidade, o que corrobora com o aumento da idade cambial. Para Panshin & Zeeuw (1980), a densidade, em função da idade da árvore em geral aumenta rapidamente durante o período juvenil, depois mais lentamente até atingir a maturidade, quando permanece mais ou menos constante, e a madeira de lenho tardio apresenta densidade básica maior que a de lenho juvenil.

Segundo Sousa (2004), o aumento da densidade básica, associado à presença da madeira de tração, ocorre provavelmente nas maiores alturas das árvores, pois são as regiões de maiores inclinações das mesmas, justificando a ausência de diferença entre os lenhos oposto e de tração.

Panshin & de Zeeuw (1970) constataram que, a densidade básica apresenta tendência em aumentar na direção medula-casca, tanto no lenho de tração quanto no lenho oposto. A densidade básica é afetada pela idade, normalmente aumenta com rapidez durante o período juvenil e depois de maneira mais lenta até atingir a maturidade e, a partir daí, segue mais ou menos constante.

## Conclusão

Na análise da madeira de *Eucalyptus cloeziana*, na posição DAP, não foram observadas diferenças significativas entre a madeira de tração e a madeira oposta. A variação radial apresenta padrão quadrático, com as maiores densidades registradas nas partes mais externas do tronco. A densidade básica aumenta à medida que se afasta da medula, indicando a transição da madeira juvenil para a adulta.

## Referências

- BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. *Forest trees of Australia*. Melbourne: CSIRO, 2006. 736 p
- BOSCHETTI, Walter Torezani Neto. Qualidade da madeira de árvores de clone de *Eucalyptus Grandis* X *Eucalyptus Urophylla* inclinadas por ação de ventos para produção de celulose. 2014. 92 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de M Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/5028/1/WalterTorezaniNetoBoschetti-2014- trabalho.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2024.
- Clarke, B., Mcleod, I., Vercoe, T. (2009) *Trees for farm forestry: 22 promising species*. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation, 239p.
- COUTO, A. M.; RIBEIRO, A. O.; SÁ, V. A. Variação diametral das propriedades físicas, anatômicas e ultraestruturais da madeira de reação de *Rapanea ferruginea*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Trabalho. 2011. 16 p. Trabalho de Pesquisa.
- CRUZ, C. R.; Lima, J. T.; Muniz, G. I. B. (2003), Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis*, 64, 33-47.

- CRUZ, Gerson Kleber de Almeida. Variação longitudinal e transversal nas propriedades da madeira do Tauari Vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke - *Lecythydaceae*). 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-Am, 2006
- GONÇALEZ JC, BREDA LC, BARROS JFM, MACEDO DG, JANIN G, COSTA AFC et al. Características tecnológicas das madeiras de *W.Hill* ex *Maiden* e *F. Muell* visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. *Eucalyptus grandis* *Eucalyptus cloeziana*. *Revista Ciência Florestal* 2006; 16(3): 329-341. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981912>.
- FOELKEL, C.E.B.; Brasil, M.A.M.; Barrichelo, L.E.G. 1971. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*, 2/3: 67-74.
- IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] Histórico do Desempenho do Setor, 2022. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em 08/08/2024.
- Koppen, W. (1936). *Das geographische system der klimat. Handbuch der klimatologie*, 46.
- MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. V.3, p. 695-699.
- MOREIRA, W. S. Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira de 23 espécies. 1999. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; SILVA, José de Castro. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/P7dNdvMB93M8ymcvRx4ktTn/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 08 ago. 2024
- PANSHIN, A. J., ZEEUW, C. *Textbook of wood technology. Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada*. New York: McGraw-Hill. 1980. 722p.
- PAYN, T.; CARNUS, J. M.; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L. N.; WINGFIELD, M. J. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management*, v. 352, p. 57-67, 2015. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.021.
- PEREIRA, J. C. D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p.
- SOUSA L. C. 2004. Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.
- TOMAZELLO FILHO, M. (1985), Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. *IPEF*, 29, 37-45.
- TRUEMAN, S.J.; MCMAHON, T.V.; BRISTOW, M. Production of *Eucalyptus cloeziana* cuttings in response to stock plant temperature. *Journal of Tropical Forest Science*, Kepong, v.25, n.1, p. 60-69, 2013.
- TRUGILHO, P. F. et al. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Cerne*, v. 2, n. 1, p. 15, p. 1996.