

## **Variação radial da densidade básica da madeira de reação e oposta em *Corymbia citriodora* (HOOK.)**

Paulo Fernando Trugilho<sup>1</sup>; José Reinado Moreira da Silva<sup>1</sup>; Maria Fernanda Martins Vilas Boas<sup>1</sup>; Elvis Vieira dos Santos<sup>1</sup>; Patrícia Leonídia dos Santos<sup>1</sup>; José Tarcísio Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Florestais, Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras/MG, Brasil

**Resumo:** A madeira é heterogênea e apresenta variação tanto longitudinal como radial em suas características físicas, químicas, anatômicas e mecânicas. Essa variabilidade é provocada pelo genótipo, ambiente e interação genótipo x ambiente, além dos tratamentos silviculturais e idade, que contribuem com a variação entre espécies e dentro da árvore. O objetivo da pesquisa foi avaliar a variação radial da densidade básica do lenho de tração e oposto formado pela espécie *Corymbia citriodora*. Foram utilizadas duas árvores da espécie com aproximadamente 60 anos de idade das quais foram extraídos discos nas posições da base, e aos 3m e 6m de altura. Anéis anuais de crescimento foram demarcados nos discos e retirou-se amostras radiais correspondentes a cada período de 10 anos de idade na direção medula-casca, no lenho de tração e oposto, para a determinação da densidade básica. Os resultados mostraram que o valor médio da densidade básica da madeira foi ligeiramente maior no lenho oposto. O padrão comportamental da densidade básica foi semelhante nos dois lenhos, com tendência de aumento até o intervalo de 20 a 30 anos, tanto no lenho de tração como no oposto. Nos dois lenhos o modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados.

**Palavras-chave:** Intervalo de idade, Padrão de variação, Lenho de tração, Modelo polinomial quadrático.

## **Radial variation of basic density of the reaction and opposite wood in *Corymbia citriodora* (HOOK.)**

**Abstract:** Wood is heterogeneous and presents both longitudinal and radial variation in its physical, chemical, anatomical and mechanical characteristics. This variability is caused by the genotype, environment and genotype x environment interaction, in addition to silvicultural treatments and age, which contribute to variation between species and within the tree. This research aimed to evaluate the radial variation in the basic density of tension and opposite wood formed by the species *Corymbia citriodora*. Two trees of the species, approximately 60 years old, were used, from which discs were extracted at the base positions, and at 3m and 6m in height. Annual growth rings were marked on the discs and radial samples were taken corresponding to each 10-year period of age in the pith-bark direction, in the tension and opposite wood, to determine the basic density. The results showed that the average value of wood basic density was slightly higher in the opposite wood. The behavioral pattern of basic density was similar in both woods, with a tendency to increase until the interval of 20 to 30 years, in both tension and opposite wood. In both woods, the quadratic polynomial model was the best fit the data.

**Keywords:** Age interval, Variation pattern, tension wood, Quadratic polynomial model.

## 1. INTRODUÇÃO

As plantações florestais se apresentam como significativa fonte de biomassa, pois fornecem matéria prima para diversos fins e desempenham papel essencial no desenvolvimento sustentável, contribuindo para preservação e conservação das florestas nativas.

As árvores são estruturas que apresentam variações das propriedades anatômicas, físicas, mecânicas e químicas, tanto no sentido longitudinal quanto no radial. Para as propriedades físicas, a variação no sentido radial é maior do que no sentido longitudinal (Cruz *et al.*, 2003). A intensidade da variação no lenho das árvores ocorre devido aos fatores genéticos, ambientais e a interação entre estes dois fatores (Zobel; Buijtenen, 1989).

Entre os fatores ambientais responsáveis por modificações no lenho citam-se o clima, o solo, a topografia, entre outros. Árvores plantadas em encostas e susceptíveis a ação de ventos, tendem a formar um lenho diferenciado, denominado lenho de reação. Nas coníferas o lenho de reação é conhecido como lenho de compressão, enquanto nas folhosas é chamado de lenho de tração.

Anatomicamente o lenho de tração difere do normal devido à presença de fibras com camada gelatinosa (Latorraca; Albuquerque, 2000), podendo ser visualizado em microscópio. Macroscopicamente, o lenho de reação pode ser identificado pelo deslocamento da medula do seu centro geométrico (Ferreira *et al.*, 2008). No lado contrário ao lenho de reação encontra-se o lenho oposto.

Outra fonte de variação das características da madeira de determinado material genético é a idade. O efeito da idade sobre algumas características da madeira é bastante claro, como no caso da densidade básica, a qual aumenta com a idade e também no sentido medula casca (Monteiro *et al.*, 2010; Moraes *et al.*, 2010; Kumar; Chandrashekar; Pandey, 2009; Trugilho; Lima; Mendes, 1996).

Trabalhos comparando o lenho de reação com o lenho oposto apresentam resultados que não seguem um padrão definido. Na madeira de *Eucalyptus* plantada no Brasil, a maior quantidade de estudos avaliando o lenho de tração foram

conduzidos com árvores de pouca idade, abaixo de cinco anos, e visando o seu uso energético. Entretanto, Monteiro *et al.* (2010), que estudaram a madeira de quatro espécies de *Eucalyptus* aos 32 anos de idade, observaram aumento da densidade básica no sentido medula-casca tanto no lenho de tração quanto no lenho oposto, ocorrendo em algumas espécies decréscimo próximo à casca.

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a variação radial da densidade básica da madeira de *Corymbia citriodora*, considerando os lenhos de tração e oposto.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Origem do material**

A madeira utilizada na pesquisa foi proveniente de duas árvores inclinadas de *Corymbia citriodora* procedentes de plantio localizado no Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em espaçamento de 3m x 2m. A idade das árvores era de aproximadamente 60 anos e apresentavam diâmetro médio à altura do peito de 42 cm e 45 cm. A região de coleta localiza-se na longitude de 21°14' S e latitude de 44°59' O e apresenta temperatura média anual e precipitação anual acumulada de 19,9°C e 1486 mm, respectivamente.

### **2.2 Preparo das amostras**

Em cada árvore amostrada foram retirados discos de 5,0 cm de espessura nas alturas de 0 m (base), 3 m e 6 m, totalizando seis discos para o estudo da espécie. Os discos foram preparados inicialmente com lixas de 36, 50, 80, 120 e 220 grãos para facilitar a identificação dos anéis de crescimento das árvores. Os seis discos, três por árvore, foram subdivididos em duas partes passando pela medula, separando o lenho de tração do oposto.

Posteriormente, tanto no lenho de tração como no oposto, fez-se a identificação dos anéis de crescimento e delimitação para amostragem de 6 intervalos de idade, correspondentes a intervalos a cada 10 anéis de crescimento: 1) até 10 anos; 2) de 10 a 20 anos; 3) de 20 a 30 anos; 4) de 30 a 40 anos; 5) de 40 a 50 anos e 6) acima de 50 anos. Para a melhor visualização dos anéis de crescimento foi utilizada uma lupa, modelo Motic SMZ-171 com objetiva de 10x. Nos

intervalos de amostragem foram confeccionadas amostras com volume médio de 20 cm<sup>3</sup> nos lenhos de tração e oposto, partindo da parte mais central (medula) até a porção mais externa do fuste da árvore (casca). Setenta e duas amostras foram utilizadas na determinação da densidade básica da madeira, 36 por lenho avaliado.

### 2.3 Determinação da densidade básica e análise de dados

A densidade básica foi determinada de acordo com o método de imersão em água, descrito na norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

Na avaliação do efeito do intervalo de idade foi utilizada a análise de regressão, em que foi ajustado o modelo linear do segundo grau (quadrático). No ajuste do modelo foi considerado o centro da classe de intervalo de idade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os valores médios de densidade básica (DB) da madeira dos lenhos de tração e oposto, respectivamente, por intervalo de idade e posição na árvore.

**Tabela 1.** Densidade Básica (DB) da madeira do lenho de tração por intervalo de idade e posição na árvore.

| Intervalo de Idade<br>(anos) | Posição                      |                            |                            |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                              | DB Base (g/cm <sup>3</sup> ) | DB 3m (g/cm <sup>3</sup> ) | DB 6m (g/cm <sup>3</sup> ) |
| < 10                         | 0,858                        | 0,752                      | 0,777                      |
| 10 a 20                      | 0,936                        | 0,877                      | 0,842                      |
| 20 a 30                      | 0,954                        | 0,903                      | 0,876                      |
| 30 a 40                      | 0,963                        | 0,888                      | 0,831                      |
| 40 a 50                      | 0,872                        | 0,788                      | 0,824                      |
| > 50                         | 0,751                        | 0,699                      | 0,785                      |
| DB Média Geral               | 0,843                        |                            |                            |

**Tabela 2.** Densidade Básica (DB) da madeira do lenho oposto por intervalo de idade e posição na árvore.

| Intervalo de Idade<br>(anos) | Posição                      |                            |                            |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                              | DB Base (g/cm <sup>3</sup> ) | DB 3m (g/cm <sup>3</sup> ) | DB 6m (g/cm <sup>3</sup> ) |
| < 10                         | 0,918                        | 0,763                      | 0,789                      |
| 10 a 20                      | 0,933                        | 0,850                      | 0,831                      |
| 20 a 30                      | 0,986                        | 0,872                      | 0,831                      |
| 30 a 40                      | 0,995                        | 0,915                      | 0,870                      |
| 40 a 50                      | 0,920                        | 0,917                      | 0,857                      |

|                |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|
| > 50           | 0,779 | 0,778 | 0,764 |
| DB Média Geral |       |       | 0,854 |

A DB média da madeira do lenho de tração foi ligeiramente menor que a do lenho oposto. Monteiro *et al.* (2010) também observaram maiores valores de DB no lenho oposto, exceto para a espécie *Eucalyptus maculata*. Resultado contrário foi observado na madeira de *Eucalyptus regnans*, em que a densidade da madeira do lenho de tração foi cerca de 40% maior que a do oposto (Chauhan; Walker, 2011).

Os valores médios de DB da madeira foram elevados nos dois tipos de lenhos, o que é devido a idade das árvores amostradas, uma vez que Lemos *et al.* (2012), Loureiro *et al.* (2019) e Almeida *et al.* (2024), que avaliaram a madeira de *Corymbia citriodora* e de clones de híbridos do cruzamento entre o *C. torelliana* com o *C. citriodora*, com idades de 3 a 4 anos encontraram valores de 0,469 a 0,641 g cm<sup>-3</sup>.

Nas Figuras 1 e 2 constam a variação média observada da DB da madeira nos lenhos de tração e oposto, respectivamente, em função do intervalo de idade considerado, além do modelo linear quadrático ajustado.

**Figura 1.** Variação média da densidade básica da madeira do lenho de tração em função do intervalo de idade.

**Figura 2.** Variação média da densidade básica da madeira do lenho oposto em função do intervalo de idade.

O modelo de regressão ajustado para o lenho de tração apresentou melhor ajuste. Derivando as funções e igualando a primeira derivada a zero, foi possível identificar os pontos de máximos da DB da madeira, que ficaram no lenho de tração e oposto, respectivamente, em 27,12 anos (DB = 0,909 g/cm<sup>3</sup>) e 28,96 anos (DB = 0,921 g/cm<sup>3</sup>), ou seja, dentro do intervalo de idade de 20 a 30 anos. Lourençon *et al.* (2013), estudando a madeira do *C. citriodora* de 60 anos de idade, encontraram

variação no sentido radial de aumento da DB a partir da medula até certa posição e depois permanecendo constante até a casca. A diferença observada no padrão de variação radial nos dois estudos, está relacionada com a utilização de diferentes estratégias amostrais. Os autores encontraram também valores médios de DB bem próximo aos valores médios observados neste trabalho.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados observados permitem concluir que:

- A densidade básica (DB) média do lenho de tração foi ligeiramente menor que a do lenho oposto;
- O padrão de variação da DB foi semelhante nos dois lenhos, com tendência de aumento até o intervalo de 20 a 30 anos de idade, tanto no lenho de tração como no oposto. Nos dois lenhos o modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, passando por ponto de máximo em 27,12 anos e 28,96 anos, respectivamente, nos lenhos de tração e oposto.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo apoio recebido para a realização da presente pesquisa.

#### 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. F.; BARROS JUNIOR, U. O.; MARCELINO, P. R. C. *et al.* Propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia* para a produção de carvão vegetal. *In: CHAVES, I.L.S. et al. O Papel das frente às mudanças climáticas* [livro eletrônico]. Jerônimo Monteiro: Ed. dos Autores, 2024. p.579-586.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11941**: Madeira - Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

CHAUHAN, S. S.; WALKER, J. C. F. Wood quality in artificially inclined 1-year-old trees of *Eucalyptus regnans*: differences in tension wood and opposite wood properties. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 41, n. 5, p. 930-937, 2011.

CRUZ, C. R.; LIMA, G. L. B.; MUNIZ, G. L. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Florestalis**. n. 64, p. 33-47, 2003.

DORWU, F. K.; MENSAH, P.; ANTWI, K. *et al.* Influence of age and trunk positions on physico-mechanical properties of *Anthocleista grandiflora* Gilg wood. **Revista Matéria**. v.29, n. 2, p.e20240037, 2024.

FERREIRA, S.; Lima, J. T.; Trugilho, P. F. *et al.* Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **Cerne**. v.14, n. 4, p.335-340, 2008.

KUMAR, R.; CHANDRASHEKAR, N.; PANDEY, K. K. Fuel properties and combustion characteristic of *Lantana Camara* and *Eupatorium* spp. **Current Science**. v. 97, n. 6, p.930-934, 2009.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**. v. 7, n.1, p. 279-291, 2000.

LEMOS, A. L. F.; GARCIA, R. A.; LOPES, J. O. *et al.* Madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson sob Aspectos Físicos e Anatômicos como Fatores Qualitativos. **Floresta e Ambiente**. v. 19, n. 1, p.1-8, 2012.

LOUREIRO, B. A.; VIEIRA, T. A. S.; COSTA, L. J. *et al.* Selection of superior clones of *Corymbia* hybrids based on wood and charcoal properties. **Maderas Ciencia y Tecnologia**. v. 21, p. 619–630, 2019.

LOURENÇON, T.; GATTO, D.; MATTOS, B. *et al.* Propriedades físicas da madeira de *Corymbia citriodora* no sentido radial. **Scientia Forestalis**. v. 41, n. 99, p.369-375, 2013.

MONTEIRO, T. C.; SILVA, R. V.; LIMA, J. T. *et al.* Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v.1, n.1, p. 6-11, 2010.

MORAIS, E.; ZANOTTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M. *et al.* Variação genética, interação genótipo solo e ganhos na seleção em teste de progênies de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antonio, São Paulo. **Scientia Forestalis**. v. 38, n.85, p.11-18, 2010.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**. v.2, n.1, p.94-111, 1996.

ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989.