

Revista Científica Di Fatto, ISSN 2966-4527. Edição 4. Ano: 2025.

Submissão em: 06/03/2025

Aprovação em: 07/03/2025

Publicado em: 07/03/2025

Disponível em: <https://revistadifatto.com.br/artigos/estimativa-das-caracteristicas-fisico-mecanicas-da-madeira-de-tres-especies-florestais/>

Estimativa das características físico-mecânicas da madeira de três espécies florestais

Bruna Leticia Venzke Grutzmann

Graduanda do 10º semestre de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pelotas.

Henrique Romer Schulz

Atualmente encarregado de controle de qualidade na empresa Eucalumber Comércio de madeiras Ltda e membro do Grupo de Pesquisa Ciência da Madeira. Mestre no Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - UFPel, Engenheiro Industrial Madeireiro formado na Universidade Federal de Pelotas, Técnico em Meio Ambiente, Técnico em Administração e Técnico em Contabilidade formado na rede ETec do campos visconde da graça do Instituto Federal Sul-rio-grandense.

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo estimar as características físico-mecânicas de três espécies florestais por métodos destrutivos. Utilizou-se, neste trabalho, a madeira de *Eucalyptus dunnei*, *Eucalyptus tereticornis* e *Corymbia citriodora*, fornecidas pelo Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira da Universidade Federal de Pelotas. Foram preparados os corpos de prova (CP): 2,0 x 2,0 x 32,0 cm (radial x tangencial x longitudinal). Fez-se, portanto, a caracterização dessa madeira para se ter os valores de suas propriedades físicas e mecânicas. Feitos os testes, de fato pôde-se verificar a diferenças significativas das características de um mesmo gênero. O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são parâmetros cruciais para avaliar a resistência mecânica da madeira, sendo que o MOE é particularmente importante para caracterizar a rigidez do material quando submetido a forças. Essas propriedades são essenciais para definir o uso adequado da madeira em diferentes contextos industriais e de construção.

Palavras-Chave: Métodos destrutivos. *Eucalyptus*. Propriedades físico-mecânicas. Módulo de ruptura. Módulo de elasticidade.

Abstract

The present work aims to estimate the physical-mechanical characteristics of three forest species by destructive methods. In this work, the wood of Eucalyptus dunnei, Eucalyptus tereticornis and Corymbia citriodora, supplied by the Laboratory of Physical and Mechanical Properties of Wood of the Federal University of Pelotas, was used. The specimens (CP) were prepared: 2.0 x 2.0 x 32.0 cm (radial x tangential x longitudinal). Therefore, the characterization of this wood was made in

order to have the values of its physical and mechanical properties. After the tests, it was indeed possible to verify the significant differences in the characteristics of the same genus. The modulus of rupture (MOR) and the modulus of elasticity (MOE) are crucial parameters to evaluate the mechanical strength of wood, and the MOE is particularly important to characterize the stiffness of the material when subjected to forces. These properties are essential to define the proper use of wood in different industrial and construction contexts.

Keywords: Destructive methods. Eucalyptus. Physical-mechanical properties. Modulus of rupture. Modulus of elasticity.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Gonzalez (2006), as propriedades físicas e mecânicas são fundamentais para a qualidade da madeira. Essa qualidade é determinada pela combinação das características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas da árvore, que definem a melhor utilização do material em diferentes aplicações.

Segundo Oliveira (2003), atualmente, a caracterização das propriedades mecânicas da madeira é feita por meio da avaliação destrutiva dos corpos de prova, o que pode resultar em variação nos resultados devido a problemas na preparação dos corpos de prova ou a fatores como uma amostragem inadequada.

Segundo Stangerlin (2010), os métodos destrutivos, como a análise de resistência à evolução, flexão, tração e dureza, permitem uma avaliação aprofundada das propriedades físicas e mecânicas da madeira, que são fundamentais para sua utilização em projetos de construção.

De acordo com Panshin e De Zeeuw (1980), a resistência da madeira refere-se à sua capacidade de suportar cargas e forças, sendo intimamente relacionada à sua densidade. As propriedades mecânicas, que incluem as características de resistência, são geralmente determinadas em laboratório e podem ser usadas para dimensionar peças de madeira em estruturas. Sendo assim, é essencial conhecer as suas propriedades físicas ou mecânicas.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a densidade básica, em relação à idade da árvore, geralmente aumenta de forma rápida durante o período juvenil, depois de forma mais lenta até atingir a maturidade, quando tende a se estabilizar. Além disso, a madeira de lenho tardio apresenta densidade básica superior à do lenho juvenil. Esses mesmos autores afirmaram que a variabilidade da maioria das propriedades mecânicas da madeira pode ser estimada a partir da variação da densidade, mas também à ampla diversidade de espécies, o que permite atender às exigências tecnológicas dos mais variados setores da indústria madeireira.

Segundo Gonçalves (2009), o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são parâmetros essenciais, analisados em testes de flexão estática para avaliar a resistência

mecânica da madeira. Dentre eles, o MOE se destaca na caracterização tecnológica, por expressar a rigidez do material ao ser submetido a forças aplicadas perpendicularmente ao seu eixo longitudinal.

Este estudo tem como objetivo analisar a variação das propriedades físico-mecânicas de duas espécies do gênero *Eucalyptus* e uma do gênero *Corymbia*.

2. METODOLOGIA

Três espécies florestais foram utilizadas nos testes físico-mecânicos. O material, composto por lotes de madeira das espécies *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus tereticornis* e *Corymbia citriodora*, foi fornecido pelo Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira da Universidade Federal de Pelotas.

Foram utilizadas madeiras isentas de defeitos, seguindo as seguintes dimensões para os corpos de prova (CP): 2,0 x 2,0 x 32,0 cm (radial x tangencial x longitudinal).

Primeiramente, os corpos de prova foram colocados em uma câmara climatizada que possui 20° C de temperatura e 65 % de umidade relativa do ar, até o teor de umidade de equilíbrio obter um valor de 12%.

Em seguida, com o auxílio de um paquímetro digital (com resolução de 0,01 mm) e de uma balança analítica (com resolução de 0,001 g), foram mensuradas as dimensões e a massa dos corpos de prova. A partir desses dados, calculou-se a massa específica aparente a 12% de umidade utilizando a equação: $Mea_{12\%} = (m_{12\%}) / (v_{12\%})$, onde: $Mea_{12\%}$: massa específica aparente a 12% de umidade; $m_{12\%}$: massa a 12% de umidade; $v_{12\%}$: volume a 12% de umidade.

Para a obtenção dos dados pelos métodos destrutivos, foram determinados os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) por flexão estática, além da dureza Janka. Os testes foram realizados em uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC, seguindo a norma ASTM D 143 – 94. Tanto o módulo de elasticidade, o módulo de ruptura, quanto a dureza Janka foram calculados diretamente pelo software da máquina.

O teste de dureza Janka mede o esforço, em megapascal (MPa), necessário para introduzir uma semiesfera de aço com 1 cm² de seção diametral. Para cada corpo de prova, foram realizadas quatro medições, e a média desses valores foi calculada posteriormente.

Com os dados em mãos, foram realizadas análises de variância para comparar as propriedades entre as espécies, além da verificação das correlações de Pearson para as propriedades mecânicas obtidas nos ensaios destrutivos, utilizando o software Statgraphics Centurion XV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios das variáveis avaliadas neste estudo, obtidos por meio de testes. Observa-se que essas propriedades apresentam variações significativas entre as espécies.

Tabela 1 – Valores médios obtidos para as variáveis em estudo.

Espécie	MOE (MPa)	MOR (MPa)	Mea (g/cm ³)	Dureza(MPa)
<i>Corymbia citriodora</i>	19305,59b	170,66a	1,04a	47,82b
<i>Eucalyptus dunnii</i>	16176,96b	103,23b	0,74b	33,94a
<i>Eucalyptus Tereticornis</i>	9187,82 ^a	76,11c	0,96c	51,02b
Teste F	22,53*	34,79*	63,52*	20,5*

Em que: *Significativo ao nível de 95% de confiança. MOE = Módulo de Elasticidade; MOR = Módulo de Ruptura; Mea = Massa Específica; dureza = dureza Janka; letras distintas indicam diferenças estatisticamente significativas ao nível de 95% de confiança no teste de HSD-Tukey.

Oliveira (1997) observou que madeiras de alta densidade apresentam maiores valores de MOE e MOR. Para a espécie *Eucalyptus tereticornis*, foram registrados valores de 11.104,00 MPa e 79 MPa para MOE e MOR, respectivamente, resultados que são semelhantes aos encontrados neste estudo.

Rodrigues (2002), obteve valores de massa específica aparente (Mea) de 0,99 g/cm³, 0,69 g/cm³ e 0,89 g/cm³ para as espécies *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus tereticornis*, respectivamente. Em relação ao Módulo de Elasticidade (MOE), os valores foram de 18.421 MPa, 18.029 MPa e 17.198 MPa para as mesmas espécies, respectivamente. No entanto, observou-se uma correlação fraca ao comparar o MOE de *Eucalyptus tereticornis* com os resultados

deste trabalho. As madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus tereticornis* apresentaram o maior e o menor módulo de elasticidade, respectivamente, sendo que a primeira espécie demonstrou maior resistência mecânica em comparação às outras.

De acordo com Ballarin (2012), os valores de massa específica aparente (Mea) foram de 0,98 g/cm³, 0,75 g/cm³ e 0,95 g/cm³ para as espécies *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus tereticornis*, respectivamente, valores que são semelhantes aos encontrados neste estudo.

Tabela 2 – Correlação linear de Pearson entre as variáveis

	MOE	MOR	Mea	Dureza
MOE	1	0,86*	0,23	0,11
MOR		1	0,57*	0,51
Mea			1	0,81*
Dureza				1

Em que: *Significativo ao nível de 95% de confiança.

Panshin e De Zeeuw (1964), relataram uma forte correlação entre a densidade e as propriedades de resistência da madeira. Neste estudo, as propriedades mecânicas (MOR e MOE) apresentaram correlações positivas significativas com todas as propriedades físicas avaliadas.

Cruz et al. (2003), ao avaliar a variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de sete clones de *Eucalyptus* com idades de 5,5 e 10,5 anos em diferentes espaçamentos, observaram fortes correlações entre o MOR, o MOE e a densidade básica.

Lobão et al. (2004) afirmaram que a resistência mecânica é diretamente influenciada pela densidade, o que foi corroborado pelos dados obtidos neste estudo, conforme apresentado na Tabela 2.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, observou-se que há uma divergência significativa na caracterização das propriedades físico-mecânicas entre as espécies de um mesmo gênero. Essa variação destaca a importância de estudos detalhados para entender as características específicas de cada espécie, permitindo uma utilização mais eficiente e adequada de suas propriedades conforme a

aplicação desejada.

A análise revelou que a espécie *Corymbia citriodora* apresentou os maiores valores para as propriedades físico-mecânicas avaliadas, como o Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR), quando comparada com as outras espécies. Esses resultados indicam que *Corymbia citriodora* possui uma maior resistência mecânica e durabilidade, o que pode torná-la mais adequada para aplicações que exigem maior desempenho estrutural, como na construção civil e em produtos de alto impacto.

Esses resultados reforçam a necessidade de um estudo mais aprofundado das propriedades de diferentes espécies de madeira, com o objetivo de otimizar o uso da matéria-prima e garantir maior eficiência na utilização dos recursos florestais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM STANDARD D143 1994 (2014). Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. **Annual Book of ASTM Standard**. West Conshohocken, PA, 2014: ASTM International.

BALLARIN, Adriano Wagner; ALMEIDA, Pedro; PALMA, Hernando Lara. Estimating hardness of eucalyptus wood with a portable hardness tester. In: **World Conference on Timber Engineering 2012**, WCTE 2012. 2012. p. 71-74.

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

González 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.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SARTORIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009.

LOBÃO, M. S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.889-894, 2004.

OLIVEIRA, JT da S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia forestalis**, v. 56, p. 113-124, 1997.

OLIVEIRA, F. G. R.; CANDIAN, M.; LUCCHETTE, F. F.; CALIL JÚNIOR, C.; SALES, A. Avaliação de propriedades mecânicas de madeira por meio de ultra-som. In: PAN AMERICAN CONFERENCE FOR NONDESTRUCTIVE TESTING, 3., 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: **Pan American Conference for Nondestructive Testing**, 2003. 5p

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 2.ed. New York: McGraw Hill, 1964. v.1. 643p.

PANSHIN, A. J.; DE 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. 472p.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para construção civil**. 2002. 76 f. 2002. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)–Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

STANGERLIN, D. M. et al. Uso do ultrassom para estimativa das propriedades mecânicas da madeira de *Peltophorum*. **Ciência da Madeira**, v. 01, n. 02, p. 44-53, 2010.