

## ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS

HENRIQUE RÖMER SCHULZ<sup>1</sup>; LUCAS BRUM CLAVIJO<sup>2</sup>, MATHEUS LEMOS DE PERES<sup>2</sup>, WILLIAM GAMINO GÜTHS<sup>2</sup>, RAFAEL BELTRAME<sup>2</sup>; DARCI ALBERTO GATTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [henriqueschulz09@hotmail.com](mailto:henriqueschulz09@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [lucas\\_clavijo@yahoo.com.br](mailto:lucas_clavijo@yahoo.com.br); [matheusldeperes@gmail.com](mailto:matheusldeperes@gmail.com);  
[williamguths@gmail.com](mailto:williamguths@gmail.com); [beltrame.rafael@yahoo.com.br](mailto:beltrame.rafael@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [darcigatto@yahoo.com](mailto:darcigatto@yahoo.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo Stangerlin (2010), os estudos feitos a partir dos processos destrutivos são, em geral, os principais métodos utilizados para o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira.

Madeiras das mais variadas espécies vêm ganhando espaço nos mais distintos setores, porém, para que estas possam ser aplicadas adequadamente é preciso primeiro ter o conhecimento de suas propriedades, sejam estas físicas ou mecânicas (GONÇALVES, 2009).

Quando se analisam espécies de rápido crescimento como alternativas para produção de madeira sólida, o gênero *Eucalyptus* é uma opção de grande potencial das mais importantes não somente por sua capacidade produtiva e adaptabilidade a diversos ambientes, mas, sobretudo, pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira. (EUCAlipto, 2001).

Sabe-se que as propriedades mecânicas da madeira são dependentes, principalmente, da densidade básica, da porcentagem de madeira juvenil, da largura dos anéis, da inclinação da grã, da quantidade de extractivos, do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, diminuindo com o aumento desse teor, dentre outros fatores, sendo que, dentro da mesma espécie, podem variar conforme a idade, posição na árvore, fatores genéticos e ambientais (EVANS et al., 2000).

Segundo Araújo (2002) a massa específica da madeira seria o melhor indicativo para usos dependentes da resistência a esforços mecânicos. A massa específica da madeira está estreitamente relacionada à sua qualidade, e é uma característica bastante utilizada para a determinação do seu uso final (RIGATTO, 2007).

O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são dois parâmetros normalmente avaliados em testes de flexão estática, que analisa a resistência mecânica, sendo o módulo de elasticidade de maior importância na caracterização tecnológica da madeira, pois representa a resistência do material submetido a uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da madeira (SCANAVACA JÚNIOR e GARCIA, 2004).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a variação das propriedades físico-mecânicas de duas espécies do gênero *Eucalyptus* e uma do gênero *Corymbia*.

### 2. METODOLOGIA

Foram utilizadas três espécies florestais para os testes físico-mecânicas. O material foi fornecido pelo Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira da Universidade Federal de Pelotas, compreendendo lotes de madeira das espécies de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus Tereticornis* e *Corymbia citriodora*.

Foram utilizadas madeiras livres de quaisquer defeitos e utilizaram-se as seguintes dimensões para os corpos de prova (CP): 2,0 x 2,0 x 32,0 cm (radial x tangencial x longitudinal).

Anteriormente aos ensaios, os CPs foram condicionados em uma câmara climatizada (20° C de temperatura e 65 % de umidade relativa do ar) até o teor de umidade de equilíbrio obter um valor de 12%.

Posteriormente, com auxílio de um paquímetro digital (com resolução de 0,01mm) e balança analítica (com resolução de 0,001g), mensurou-se as dimensões e massa dos CPs. Em seguida, calculou-se a massa específica aparente a 12% de umidade utilizando a equação:  $Mea_{12\%} = (m_{12\%}) / (v_{12\%})$ , em que:  $Mea_{12\%}$ : massa específica aparente a 12% de umidade;  $m_{12\%}$ : massa a 12% de umidade;  $v_{12\%}$ : volume a 12% de umidade.

Para a determinação dos dados pelos métodos destrutivos foram obtidos os módulos de elasticidade e ruptura por flexão estática MOE e MOR, assim como o teste de dureza Janka, realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC, sendo os testes conduzidos em conformidade com a normativa ASTM D 143 – 94. Sendo que o módulo de elasticidade, módulo de ruptura e a dureza Janka, são determinados diretamente pelo software da máquina.

O teste de dureza Janka efetua a verificação do esforço, em megapascal (MPa) necessário para introduzir uma semiesfera de aço com 1 cm<sup>2</sup> de seção diametral, sendo que foi feita 4 medições e posteriormente foi feito a média por corpo de prova.

De posse dos dados foram feitas análises de variância para a comparação das propriedades entre as espécies e verificadas as correlações de Pearson para as propriedades mecânicas obtidas por ensaios destrutivos, utilizando o programa Statgraphics Centurion XV.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados através de testes os valores médios das variáveis avaliadas nesse estudo. Pode-se observar que tais propriedades variam significativamente entre as espécies.

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

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

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

Oliveira (1997) constatou que a madeira de elevada densidade obtém maiores valores de MOE e MOR, verificou-se para a espécie de *Eucalyptus Tereticornis* valores de 11104,00 MPa e 79 MPa, para MOE e MOR, respectivamente, que são valores aproximados ao encontrado neste trabalho.

Rodrigues (2002) obteve valores de Mea de 0,99 g/cm<sup>3</sup>, 0,69 g/cm<sup>3</sup> e 0,89 g/cm<sup>3</sup> para as espécies de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus Tereticornis*, respectivamente. Em relação ao Módulo de elasticidade (MOE) obteve valores de 18421 MPa, 18029 MPa e 17198 MPa para as espécies de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus Tereticornis*, respectivamente, sendo que foi evidenciado uma má correlação quando comparado o MOE do *Eucalyptus Tereticornis* em relação a esse trabalho. Sendo que as madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus Tereticornis* apresentaram o maior e o menor módulo de elasticidade, respectivamente. A primeira espécie citada mostrou maior resistência mecânica em relação às outras.

Segundo BALLARIN (2012), obteve valores de Mea de 0,98 g/cm<sup>3</sup>, 0,75 g/cm<sup>3</sup> e 0,95 g/cm<sup>3</sup> para as espécies de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus Tereticornis*, respectivamente, que são valores aproximados ao encontrado neste trabalho.

**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 em nível de 95% de confiança.

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

Cruz et al. (2003), avaliando 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, encontraram 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 ficou evidenciado com os dados obtidos nesse trabalho de acordo com a Tabela 2.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, constatamos que há divergência na caracterização das propriedades físico-mecânicas entre espécies de um mesmo gênero, sendo de importância seu estudo para uma melhor utilização de cada espécie. Sendo que a espécie de *Corymbia citriodora* obteve maiores valores de propriedades físico-mecânicas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B. **Agrupamento das espécies madeireiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do projeto de colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas.** 2002. 184p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

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.

EUCALIPTO, a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, setembro, 2001. 114p. (Edição especial).

EVANS, J.L.W.; SENFT, J. F.; GREEN, D. W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. **Forest Products Journal**, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.

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.

RIGATTO, P. A. C. **Avaliação da qualidade da madeira de Pinus taeda em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão**. 137 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

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

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.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v.65, p.120-129, 2004.

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.