

PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE LENHO JUVENIL E DE LENHO ADULTO DE *Eucalyptus botryoides*

SILVIA HELENA FUENTES DA SILVA¹; PATRICIA SOARES BILHALVA DOS SANTOS²; PEDRO HENRIQUE GONZALEZ DE CADEMARTORI³ DARCI ALBERTO GATTO⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – silviahfuentes@hotmail.com

²Universidade do País Vasco – patricia.bilhalva@hotmail.com

³Universidade Federal do Paraná – pedrocademartori@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a madeira de eucalipto, desde a década de 60, vem ganhando espaço no setor de reflorestamento florestal e madeireiro, a fim de suprir a demanda dos recursos nativos, que outrora haviam em abundância e por conta do uso indiscriminado muitas das espécies foram extintas ou são difíceis de se encontrar. Dada a diversidade dessa espécie, muitas ainda são desconhecidas ou pouco se sabe quanto as suas propriedades e por consequência suas potencialidades tecnológicas.

Vários fatores contribuem para o adequado uso da madeira. Dentre as propriedades físicas a massa específica é das mais importantes por ser amplamente adotada como indicador da qualidade da madeira devido sua estreita relação com várias propriedades (OLIVEIRA et al, 1990; LIMA et al, 2000; SILVA, 2002). No entanto, não deve ser utilizada como único parâmetro de qualidade, em função da madeira ser um material anisotrópico, ou seja, suas propriedades podem mudar conforme o plano analisado.

Outro fator que influencia nas propriedades é a presença de madeira de lenho juvenil. Formado a partir dos primeiros anos de vida da árvore, caracteriza-se por um crescimento abrupto de seus componentes celulares bem como alterações em suas formas e disposições ao longo do lenho (LARSON, 1973). Segundo EVANS et al (2000) na madeira de lenho juvenil as paredes das células são mais finas, há um maior conteúdo de lignina e menor teor de celulose, a densidade e a resistência são menores o que reflete no módulo de elasticidade e ruptura da flexão estática.

Por isso, é imprescindível que se saiba como a madeira vai reagir mediante a esforços mecânicos. De acordo com MORESCHI (2000) a partir da análise das propriedades mecânicas é possível obter-se informações sobre a qualidade da madeira possibilitando um melhor aproveitamento desta na indústria. OLIVEIRA (1997) mencionou que a resistência mecânica do gênero *Eucalyptus* varia de baixa a muito elevada, devido à diversidade de espécies. O módulo de resistência e o módulo de elasticidade a flexão estática, a tração paralela e a compressão paralela e normal apresentam, de modo geral, valores maiores para o lenho adulto do que para o lenho juvenil (MORESCHI, 2000; LARSON et al, 2001). Para KOLLMANN; CÔTÉ (1968) e EVANS et al (2000) diversos fatores afetam diretamente as propriedades mecânicas da madeira, tais como o teor de umidade, idade da árvore, densidade, presença de defeitos e de lenho juvenil.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou caracterizar o comportamento das propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus botryoides* em função da presença de lenho juvenil e de lenho adulto.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, amostraram-se árvores da espécie *Eucalyptus botryoides* Sm, com aproximadamente 50 anos de idade, abatidas de um povoamento homogêneo situado na cidade de Charqueadas, Rio Grande do Sul. A extração foi ao acaso conforme norma ASTM 5536, em que consideraram-se árvores de bom fuste e livre de defeitos (bifurcação e tortuosidade) bem como evitaram-se os indivíduos de bordadura.

De cada indivíduo arbóreo, seccionou-se uma tora na região do DAP (diâmetro a altura do peito, 1,30 m), a qual foi desdobrada em pranchões e colocados ao ar livre para secagem. Do pranchão central, obteve-se quatro tábuas, das quais escolheu-se o lado de maior distância entre a medula e a casca para confeccionar-se os corpos de prova com dimensões de 1 x 1 x 20 cm (largura x espessura x comprimento). Os corpos de prova referentes a madeira de lenho juvenil foram obtidos nos primeiros sete centímetros próximos a medula, e os da madeira de lenho adulto nos sete centímetros próximos a casca. O material foi acondicionado em câmara climatizada ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa) até atingir o teor de umidade de equilíbrio de $\sim 12\%$.

A massa específica básica a 12% foi determinada conforme equação 1.

$$ME_{12\%} = P_o / v$$

Equação 1

Onde $ME_{12\%}$ = massa específica básica a 12% ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); P_o = massa seca em estufa (g); v = volume ao teor de umidade no momento do teste (cm^3).

Para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico (MOEd), utilizou-se um equipamento de ultrassom (Proceq), em que mediu-se o tempo de propagação da onda (μs) e a velocidade (m/s) que a mesma percorreu o corpo de prova. O cálculo do MOEd foi realizada conforme equação 2. A medição foi pelo modo direto, ou seja, colocou-se um transdutor de ponto seco em cada extremidade axial do corpo de prova.

$$E_d = V^2 \cdot ME \cdot 10^{-6}$$

Onde: E_d = módulo de elasticidade dinâmico (MPa); V = velocidade de propagação da onda ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$); ME = massa específica da madeira a 12% umidade ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade estático (MOE) foram mensurados por meio de ensaios mecânicos de flexão estática, os quais seguiram a norma modificada ASTM D143 e foram realizados em uma máquina de ensaio universal da marca EMIC.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Em caso de rejeição da hipótese nula, aplicou-se teste de médias de Fisher em 95% de nível de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se pode observar na Tabela 1, os valores médios de todas as propriedades estudadas foram significativamente menores para o lenho juvenil em comparação ao lenho adulto.

Tabela 1 – Valores médios para massa específica (ME), módulo de elasticidade dinâmico (MOEd), módulo de elasticidade estático (MOE) e módulo de ruptura (MOR) da madeira de lenho juvenil de lenho adulto de *Eucalyptus botryoides*.

Lenho	ME (g/cm ³)	MOEd (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Juvenil	0,69875 ^a (14,76)	17274,0 ^a (12,90)	10025,1 ^a (19,40)	54,59 ^a (34,51)
Adulto	0,88934 ^b (3,90)	21405,1 ^b (21,27)	15600,2 ^b (21,99)	125,11 ^b (19,33)

Valores médios seguidos de letras diferentes, apresentam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Fisher em 95% de nível de confiança.

A ME no lenho juvenil foi menor que a registrada no lenho adulto, porém com um coeficiente de variação maior. A tendência de aumento (medula-casca) bem como a elevada variabilidade dos resultados no lenho juvenil também foram confirmados por GATTO et al. (2012) para a madeira de *Luehea divaricata* e NUGROHO et al. (2012) para a madeira de *Acacia mangium*.

O MOEd apresentou médias de 17274 e 21405,1 MPa para o lenho juvenil e lenho adulto, respectivamente. STANGERLIN et al. (2008) verificaram médias de 15698 MPa (lenho juvenil) e 19884 MPa (lenho adulto) para *Eucalyptus grandis* e 10501 MPa e 21204 MPa (lenho juvenil e lenho adulto, respectivamente) para *Pinus elliottii*. A tendência dos resultados encontrados por esses autores são as mesmas de crescimento no sentido medula-casca observada neste estudo.

Assim como no MOEd, o MOE apresentou valor médio maior na presença de lenho adulto do que de lenho juvenil. Essa tendência também foi relatada por SILVA (2002) ao estudar a madeira de *Eucalyptus grandis*. Da mesma maneira, o mesmo autor encontrou valor médio menor no lenho juvenil do no lenho adulto para o MOR, o que está de acordo com o verificado no presente estudo. De acordo com Vidaurre et al. (2011), peças estruturais de madeira com maior quantidade de lenho juvenil apresentam resistência mecânica inferior em relação a madeira de lenho adulto, tal qual verificado no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

A madeira de lenho adulto de *Eucalyptus botryoides* apresentou classes de resistência em flexão estática superiores à madeira de lenho juvenil.

A madeira de lenho juvenil apresentou alta variabilidade de suas propriedades devido às suas características intrínsecas de crescimento, as quais remetem a um período de desenvolvimento do material lenhoso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EVANS, J.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**, Madison, v.50, n.7/8, p. 75/87. 2000.

GATTO D.A.; HASELEIN C.R.; BULIGON E.A.; CALEGAR L.; STANGERLIN D.M.; OLIVEIRA L.S.; SANTINI, E.J. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Florestal**, v.7, p838-843. 2012

KOLLMANN, F.F.P. CÔTÉ, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlim: Springer-Verlag, 1968. V. 1, 592p.

LARSON P.R. The physiological basis for wood specific gravity in conifers. In: **Proceedings IUFRO Division 5 Meeting**; 1973; Stellenbosch. Stellenbosch: IUFRO; 1973. p. 672-680.

LIMA, J.T.; BREESE, M.C.; CAHALAN, C.M. Variation in Wood density and mechanical properties in Eucalyptus clones. In: THE FUTURE OF EUCALYPTUS FOR WOOD PRODUCTS. 2000, Launceston, Tasmania. **Proceedings** Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

MORESCHI, J.C. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 2000. 290p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba.

NUGROHO, W.D.; MARSOEM, S.N.; YASUE, K.; FUJIWARA, T.; NAKAJIMA, T.; HAYAKAWA, M.; NAKABA, S.; YAMAGISHI, Y.; JIN, H.; KUBO, T.; FUNADA, R. Radial variations in the anatomical characteristics and density of the wood of *Acacia mangium* of five different provenances in Indonesia. **Journal of Wood Science**, p.185-194, 2012.

OLIVEIRA, E. et al. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Boletim Técnico da SIF**, Viçosa (MG), n.2, p. 1-9, 1990.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da Madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2v. 425f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, J.C. **CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, DE DIFERENTES IDADES, VISANDO A SUA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**, 2002. 160p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba.

STANGERLIN, D.M. et al. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivos e não-destrutivos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 145-150, 2008.

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L.R.; OLIVEIRA, J.T.S.; ARANTES, M.D.C. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, 18(4), p. 469-480, 2011.