



PROPRIEDADES DE FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA ÚMIDA E A 12% DE UMIDADE DA ESPÉCIE *Ateleia glazioviana* BAILL.

Juliana Tramontina¹, Jéssica de Cássia Tomasi¹, Jesica Tres¹, Letícia Chechi¹, Luciano Denardi²

1. Graduandas em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria/CESNORS, Frederico Westphalen/RS, Brasil, (ju_tramontina@hotmail.com).

2. Prof. Dr. Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria/CESNORS, Frederico Westphalen/RS, Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

Com base na necessidade de caracterizar espécies arbóreas como fonte de matéria prima para abastecer o setor madeireiro, busca-se avaliar as propriedades mecânicas de novas espécies, como *Ateleia glazioviana* Baill, árvore nativa, pertencente à família botânica Fabaceae e conhecida popularmente por Timbó. A flexão estática é uma das propriedades mecânicas mais importantes, pois expressa a resistência do material quando exposto a uma determinada força. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi determinar a propriedade mecânica de flexão estática para a espécie *Ateleia glazioviana*, no estado saturado e seco a 12% de umidade, e posteriormente comparar os resultados obtidos com espécies exóticas, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Para o presente estudo foram abatidas 5 árvores, das quais amostrou-se toras a 1,30 m do solo para o estudo em questão. Os resultados apontaram que a presença de água na madeira reduz significativamente os valores de elasticidade e resistência, uma vez que, no estado saturado obtiveram-se valores de MOE e MOR de 56982 Kgf/cm² e 444 Kgf/cm² respectivamente; já no estado seco os valores obtidos foram significativamente superiores apresentando MOE e MOR na mesma ordem de 84898 Kgf/cm² e 858 Kgf/cm². Salieta-se ainda que *Ateleia glazioviana* mostrou-se equiparável com espécies de largo uso comercial e potencial madeireiro, apresentando características mecânicas semelhantes a essas.

PALAVRAS-CHAVE: Módulo de elasticidade, módulo de ruptura, tensão limite proporcional, condição de umidade.

STATIC BENDING PROPERTIES OF WOOD AND MOIST 12% MOISTURE SPECIES *Ateleia glazioviana* Baill.

ABSTRACT

Based on the need to characterize tree species as a source of raw material to supply the timber sector, seeks to evaluate the mechanical properties of new species, as

Ateleia glazioviana Baill, native tree, belonging to the botanical family Fabaceae and popularly known as Timbo. The bending is one of the most important mechanical properties, expressed as the resistance of the material when exposed to a certain force. Thus, the objective of this study was to determine the mechanical properties of bending for the species Ateleia glazioviana in saturated state and dried to 12% moisture, and then compare the results obtained with exotic species, like those of Pinus and Eucalyptus. For this study, five trees were felled, which sampled logs up to 1.30m for the study in question. The results showed that the presence of water in the wood reduces significantly the values of elasticity and strength, since the saturated state we obtained values of MOE and MOR with 56982 kg/cm² and 444 kg/cm² respectively; already in the dry state the values were significantly higher MOE and MOR presenting the same order of 84898 kg/cm² and 858 kg/cm². Note also that Ateleia glazioviana showed comparable species with broad timber potential and commercial use, with mechanical properties similar to these.

KEYWORDS: Modulus of elasticity, modulus of rupture, threshold voltage proportional moisture condition.

INTRODUÇÃO

Atualmente o setor de base florestal é fomentado em grande escala por florestas plantadas do gênero Pinus e Eucalyptus (ABRAF, 2012). Entretanto, o Brasil apresenta um enorme potencial madeireiro de espécies nativas que, por sua vez, depara-se com problemas relacionados ao conhecimento técnico desse material, acarretando desempenho insatisfatório sobre os gêneros Pinus e Eucalyptus, quando utilizado na indústria (ZENID, 2009).

Nesse contexto, uma alternativa para o setor madeireiro se dá pela caracterização de novas espécies de madeira com características semelhantes às tradicionalmente utilizadas, como por exemplo, Ateleia glazioviana, árvore de porte médio de até 20 metros de altura, pertencente à família botânica Fabaceae e conhecida popularmente por timbó, timbózinho, cinamomo bravo ou maria-preta (CARVALHO, 2003; LONGHI, 1995; MARCHIORI, 2007).

Para avaliar a qualidade da madeira sólida e definir sua melhor utilização, o conhecimento das propriedades mecânicas como a flexão estática se faz necessário, uma vez que, a boa correlação entre a resistência mecânica e a rigidez à flexão, tem sido usada como critério para a classificação estrutural das toras de madeira (CARREIRA e DIAS, 2009).

Assim, a flexão estática é a propriedade mecânica que se refere à variação da madeira quando submetida a uma força na sua face tangencial. Essa força até determinado ponto conhecido como limite proporcional ou limite elástico, causa apenas deformações elásticas, ou seja, reversíveis, a partir de então, as deformações passam a ser plásticas, denominadas irreversíveis (MORESCHI, 2010).

Para tanto, dois parâmetros são determinados nos testes de flexão estática, módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE); ambos dão uma boa aproximação da resistência do material, e conseqüentemente suas possíveis aplicações práticas (MOREIRA, 1999). Segundo SCANAVACA JÚNIOR & GARCIA (2004), o MOE é de maior importância na caracterização tecnológica do material, uma vez que, recebe uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da

madeira, podendo assim representar a resistência da mesma.

Várias características influenciam nas propriedades mecânicas, sendo principalmente a massa específica básica, fatores anatômicos e constituição química da madeira (KOLLMANN & CÔTÉ, 1968). Ressalta-se que, com aumento da umidade, há redução da resistência mecânica até ser atingido o ponto de saturação das fibras (PSF), acima deste ponto a resistência se mantém constante (STANGERLIN et al., 2010). Dessa forma, OLIVEIRA (2003) salienta a importância da análise da umidade, pois além de afetar a resistência mecânica da madeira, afeta também a trabalhabilidade, a estabilidade dimensional e a durabilidade natural dessa (FREITAS, 1982; HASELEIN, et al., 2002).

O objetivo do presente trabalho foi determinar a propriedade mecânica de flexão estática da espécie *Ateleia glazioviana*, no estado saturado e a 12% de umidade, para posteriormente comparar os resultados obtidos com espécies plantadas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado no presente estudo foi proveniente da orla de uma floresta nativa localizada próximo ao município de Palmeira das Missões - RS. Foram amostradas cinco árvores de *Ateleia glazioviana* com idade entre 13 e 15 anos. Após o abate obteve-se toras a 1,30 metros do solo, que foram seccionadas e descascadas, por fim essas foram levadas à serraria para obtenção dos corpos-de-prova.

Os corpos-de-prova para o ensaio de flexão estática executado na condição a 12% de umidade aproximadamente, e saturados, foram marcados, selecionados e confeccionados, entre a base (0,1 m) e a 1,30 m do solo, a partir de pranchões centrais contendo a medula com, aproximadamente, 7 cm de largura, segundo a norma ASTM D143-94 (1995).

Dessa forma, foram retiradas oito amostras de cada árvore para o ensaio de flexão estática, sendo quatro para cada condição de umidade, totalizando 40 corpos-de-prova de 25 x 25 x 410 mm. Assim, vinte corpos-de-prova permaneceram imersos em um tanque com água até atingir saturação e os restantes permaneceram em temperatura ambiente até atingir a umidade de equilíbrio de 12% de umidade, determinados por aproximação.

Por fim, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio mecânico de flexão estática na Máquina Universal de Ensaio de materiais, dotada de sistema automatizado de aquisição dos dados, no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da UFSM/ campus Frederico Westphalen.

Para diagnóstico da flexão estática em função da umidade, os dados amostrados foram submetidos à análise de variância para delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando o pacote "Statgraphics Plus", e no caso de rejeição da hipótese de igualdade de médias, ao teste T – DMS (Diferença Mínima Significativa, $\alpha = 5\%$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de flexão estática, submetidos ao teste de médias apresentaram diferenças em função do teor de umidade. Os valores médios das variações

observadas em amostras a 12% de umidade e saturadas podem ser analisados na Tabela 1.

TABELA 1. Dados médios e análise de variância da regressão de flexão estática da madeira de *Ateleia glazioviana* em função da condição de umidade no material.

Propriedade mecânica	Número de CP		Condição		Razão (x/y)	Prob>F
	Seco 12%	Saturado	Seco 12% (x) (S _{yx})	Saturado (y) (S _{yx})		
MOE	20	20	84898 a ¹ (±14598)	56982 b (±12813)	1,5	41,3*
MOR	20	20	858 a (±134)	444 b (±82)	1,9	139,3*
TLP	20	20	466 a (±87)	226 b (±64)	2,1	99,4*
Carga máxima	20	20	260 a (±42)	153 b (±28)	1,7	88,3*

Em que: MOE = Módulo de Elasticidade (Kgf/cm²); MOR = Módulo de Ruptura (Kgf/cm²); TLP = Tensão Limite Proporcional (Kgf/cm²) Syx = erro padrão da estimativa; Prob>F = nível de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ¹ = Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste T - DMS (Diferença Mínima Significativa, $\alpha = 5\%$).

A presença de água na madeira reduziu consideravelmente os valores de elasticidade e resistência. Concordando com GALVÃO (1975), o qual afirma a ocorrência de alterações das propriedades físicas e mecânicas com o aumento do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras.

Pode-se observar na Tabela 1 que o módulo de elasticidade da *Ateleia glazioviana* foi de 84898 Kgf/cm² na condição a 12% de umidade e 56982 Kgf/cm² na condição úmida, apresentando diferença de acordo com o teor de umidade. Esses resultados podem ser comparados ao estudo de PAULESKI (2010) com *Pinus taeda*, compreendendo as idades entre 11 e 13 anos, que apresentou módulo de elasticidade mínimo de 42571 até um máximo de 69838 kgf/cm², para árvores dominantes, e de 41391 até 87988 kgf/cm² para árvores do estrato médio, ambos os valores na condição seca de teor de umidade. Considerando que a espécie *Pinus taeda* é amplamente utilizada no setor madeireiro brasileiro, o módulo de elasticidade do timbó apresentou-se equiparável a mesma.

Outras pesquisas, realizadas por TOMASELLI (1979) e MUÑIZ (1993) com *Pinus taeda* encontraram valores superiores ao de PAULESKI (2010). Em um estudo com povoamento de 18 anos, TOMASELLI (1979) obteve valores de módulo de elasticidade de 61200 e 153300 kgf/cm² para o lenho juvenil e adulto, respectivamente. MUÑIZ (1993), estudando a mesma espécie, com idade de 30 anos, encontrou para o lenho juvenil um MOE de 88333 kgf/cm², e 160438 kgf/cm² para o lenho adulto.

Os resultados do estudo de HASELEIN et al., (2002) com a espécie *Eucalyptus saligna*, também apresentaram diferença em função do teor de umidade, da mesma forma que os encontrados para *Ateleia glazioviana*. Os

valores encontrados para a espécie acima citada foi de 94500 Kgf/cm² na condição seca e 72900 Kgf/cm² na condição úmida.

O módulo de ruptura encontrado para o timbó foi de 858 Kgf/cm² na condição seca e 444 Kgf/cm² na condição úmida, diferindo em função do teor de umidade. Os valores de MOR encontrados por PAULESKI (2010) para a espécie *Pinus taeda* na condição seca variaram de 494 até 683 kgf/cm² para as árvores dominantes e, de 386 a 707 kgf/cm² para árvores do extrato médio. Como pode-se observar, o MOR da espécie *Ateleia glazioviana* é superior ao do *Pinus taeda*, do estudo realizado por PAULESKI (2010).

No trabalho realizado por TOMASELLI (1979) com *Pinus taeda*, obteve valores médios de 497 kgf/cm² para o lenho juvenil e 1065 kgf/cm² para o lenho adulto. Na pesquisa realizada com a espécie *Pinus taeda* MUÑIZ (1993) obteve valores médios para o MOR de 638 kgf/cm² para a madeira juvenil e 941 kgf/cm² para a madeira adulta. A variação de valores das propriedades mecânicas da madeira de uma espécie podem ser atribuídas ao sítio, tratos silviculturais, origem, espaçamento, tipo do povoamento entre outros fatores (PAULESKI, 2010).

O MOR encontrado para *Eucalyptus saligna*, no trabalho de HASELEIN et al., (2002), foi de 735 Kgf/cm² na condição seca e 525 Kgf/cm² na condição úmida, valores esses que diferiram em função do teor de umidade da madeira. Na condição seca, o MOR da espécie *Ateleia glazioviana* superou o encontrado para o *Eucalyptus saligna*, importante matéria-prima no setor florestal brasileiro.

Da mesma forma que o MOE e o MOR, os valores da Tensão Limite Proporcional e a Carga Máxima encontrados nesse estudo foram maiores na condição seca, 466 Kgf/cm² e 260 Kgf/cm², respectivamente. Na condição úmida a Tensão Limite Proporcional encontrada foi de 226 Kgf/cm² e a Carga Máxima 153 Kgf/cm². Os valores observados para as condições úmida e seca diferiram significativamente pelo teste de médias.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, a resistência mecânica da madeira de *Ateleia glazioviana* segue a tendência encontrada em estudos com demais espécies de potencial comercial, nas quais a resistência e a flexão estática diminuem com o acréscimo de umidade da madeira.

Contudo, a *Ateleia glazioviana* mostrou-se equiparável a espécies de largo uso comercial e potencial madeireiro, apresentando características mecânicas semelhantes a essas.

Essa semelhança foi principalmente observada quando comparada a espécie *Pinus taeda*, e apresentando inferioridade quando comparada a espécie *Eucalyptus saligna*. Portanto, seu estudo e desenvolvimento de técnicas silviculturais específicas poderiam potencializar a sua utilização.

REFERÊNCIAS

ASTM. **American Society for Testing and Materials**. Standard methods of testing small clear specimens of timber, D 143-94. Philadelphia, 1995.

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2011. Brasília. p.150, 2012.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**: EMBRAPA - Informação tecnológica. Brasília, DF. v 1. p. 1039, 2003.

CARREIRA, R, M; DIAS, A. A. Avaliação da rigidez à flexão de toras de madeira por meio de vibração transversal. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 11, n. 53, p. 75-79, 2009.

FREITAS, A. Potencial de utilização de madeiras em construções. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS. São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1982.

GALVÃO, A. P. M. **Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil**. IPEF n.11, p.53-65, 1975.

HASELEIN, R,C.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. de C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

KOLLMANN, F. F. P. & CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology**: I. Solid Wood. New York: Springer Verlag, 1968. 592 p.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: L&PM, p. 176, 1995.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das Angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: editora UFSM, 2 ed. p. 199, 2007.

MOREIRA, W,S. **Relações entre as relações físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. Viçosa, 107 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, MG, 1999.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Setor de Ciências Agrárias/UFPR, p.176, 2010.

MUÑIZ, G. I. B. **Caracterização e de desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus taeda* L**. Curitiba, 1993. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, J. T. da S.; SILVA, J. de C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Viçosa: **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

PAULESKI, D. T. **Influência do espaçamento sobre o crescimento e a qualidade da madeira de *Pinus taeda*** I. 2010. 198f. Tese (Doutor em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

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

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R. DE; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G. DE. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade. Pelotas: **Ciência da Madeira**, v. 01, n. 02, p. 70-79, 2010.

TOMASELLI, I. **Estudos da densidade básica e dimensões de traqueoides de povoamentos de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia***. Curitiba: FUPEF, p. 70, 1979.

ZENID, G, J. **Espécies nativas com potencial madeireiro e moveleiro**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT. São Paulo, p. 17, 2009.