

Resistência da madeira de *Pinus taeda* L. com 20 anos ao ensaio de flexão estática

Marcelo Antonio Galon Antunes¹
Karina Soares Modes²
Magnos Alan Vivian²

RESUMO

O cultivo de árvores fornece matéria-prima para diversos produtos industriais, como madeira serrada e celulose, e cuja aplicação está relacionada à qualidade da madeira frente às características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas adequadas. O estudo objetivou avaliar a resistência (MOR) da madeira de *Pinus taeda* L. com 20 anos de idade procedente de Capão Alto, SC frente ao ensaio de flexão estática. Três árvores de um talhão visualmente saudável foram amostradas das quais a primeira tora entre a base e o DAP foi utilizada para confecção de 60 corpos de prova submetidos à climatização e posteriormente ao ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos, com velocidade de 1,3 mm/min. Os resultados mostraram que o módulo de ruptura (MOR) médio foi de 57,79 N/mm², inferior a outros estudos com madeira de mesma idade, porém mais densa. A análise também revelou uma forte correlação positiva entre densidade aparente à umidade de 12% e resistência, indicando que se pode esperar uma maior resistência na utilização de madeiras mais densas quando o objetivo é a utilização dessa espécie na construção civil, como vigas ou formas de concreto. Conclui-se que a densidade da madeira avaliada influencia significativamente suas propriedades mecânicas, e o MOR obtido é comparável a outras espécies, mostrando evolução das propriedades com a idade da árvore.

Palavras-chave: *Pinus taeda* L.; Propriedades mecânicas; MOR.

INTRODUÇÃO

Segundo o relatório do ano de 2024 da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o Brasil possui 10,2 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* os mais cultivados, além disso, o setor de florestas plantadas apresenta uma estimativa de 4% de participação no PIB, bem como geração de 6 milhões de empregos (IBF, 2023). O cultivo dessas árvores fornece matéria-prima para diversos produtos industriais, como madeira serrada, papel e celulose, e é fundamental que a madeira atenda aos padrões de qualidade exigidos. O ensaio de flexão estática é utilizado para determinar a resistência e rigidez da madeira, fornecendo indicadores

¹ Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Curitibanos - SC

² Professores do Departamento de Agricultura, Biodiversidade e Florestas (ABF), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Curitibanos - SC

Autor correspondente: antunesmarcelo655@gmail.com



como a carga máxima suportada e a resistência do corpo de prova avaliado (MOR), essenciais para dimensionar estruturas na construção civil e para caracterizar o uso de diferentes espécies. A idade da árvore é um fator crucial que influencia suas características mecânicas, uma vez que Dal Ponte Filho *et al.* (2004) em estudo com a madeira de *Pinus taeda* L. observaram para a mesma maior resistência à compressão e flexão aos 13 e 20 anos em comparação com a madeira de 9 anos.

O objetivo do estudo foi avaliar a propriedade mecânica de flexão estática da madeira de *Pinus taeda* L. de um povoamento com 20 anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

As árvores de *Pinus taeda* L. foram extraídas de plantações com 20 anos em Capão Alto, SC. A região é caracterizada pelo clima do tipo Cbf, conforme a classificação de Köppen tendo clima temperado, úmido e verões frescos, com temperaturas médias anuais entre 13,8 e 15,8°C, máximas de 19,4 a 22,3°C, e mínimas de 9,2 a 10,8°C. A precipitação anual varia de 1.360 a 1.600 mm.

As três árvores amostradas foram selecionadas de um talhão submetido previamente a três desbastes, sendo o último realizado quatro anos antes da amostragem. A primeira tora entre a base e o DAP foi utilizada para a confecção de 60 corpos de prova, com dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm, conforme a norma 30: 1-006 da Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1972). O teste de flexão foi realizado a uma velocidade de 1,3 mm/min, com carga aplicada na face tangencial, com vão entre os apoios de 280 mm (14 vezes a espessura nominal do corpo de prova).

Para realização do teste de flexão estática (Figura 1), foi utilizada uma máquina universal de ensaios mecânicos, com capacidade de 30 toneladas presente no Laboratório de Recursos Florestais da UFSC, no campus de Curitibanos.

Figura 1 - Ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos.



Fonte: Fotografia realizada pelos autores, 2023.

Antes dos ensaios os corpos de prova foram submetidos a acondicionamento em câmara climática a temperatura de 20 °C e 65% de umidade relativa até massa constante, a fim de eliminar a influência da umidade. A análise estatística, assim como correlação de Spearman foram realizadas utilizando software estatístico *RStudio*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes a propriedades mecânicas de resistência (MOR) e carga máxima à flexão estática, bem como densidade aparente à umidade a 12% dos corpos de prova avaliados constam na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos parâmetros avaliados no ensaio de flexão estática da madeira de *P. taeda* L.

Parâmetros	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV (%)
DA (g/cm ³)	0,52	0,68	0,41	0,07	13
MOR (N/mm ²)	57,79	89,63	38,28	13,51	23
CM (N)	1163,77	1841,04	781,53	270,57	23

Legenda: DA = densidade aparente a 12 % de umidade. MOR = Módulo de ruptura. CM= Carga máxima.

Fonte: Elaborados pelos autores, 2024.

O valor médio do módulo de ruptura (MOR) é inferior ao valor de 87,03 N/mm² encontrado por Ballarin e Palma (2003) para madeira juvenil da mesma espécie com densidade aparente (12%) de 0,54 g/cm³, e inferior ao registrado por Haselein *et al.* (2000) de 79,14 N/mm², para madeira com 30 anos da espécie *Pinus elliottii* com densidade aparente (12%) de 0,50 g/cm³. O valor registrado é próximo aos 52,87 N/mm² e 66,94 N/mm² obtidos por Dal Ponte Filho *et al.* (2004) para madeira de *P. taeda* com 9 e 13 anos, respectivamente com densidades de 0,43 e 0,49 g/cm³, tendo sido observado pelos mesmos autores para a madeira de mesma idade (20 anos) um valor superior de 79,57 N/mm² embora a densidade aparente (12%) tenha sido muito próxima (0,56 g/cm³).

Na Tabela 2, é possível analisar a alta correlação entre densidade aparente dos corpos de prova avaliados e respectivas carga máxima e módulo de ruptura (MOR), comportamento também verificado por Miranda *et al.* (2021) para as espécies *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira), *Eugenia dysenterica* DC (cagaita) e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) (ipê-branco):

Tabela 2 - Correlação entre densidade aparente e os parâmetros de carga máxima (CM) e módulo de ruptura (MOR).



	MOR	CM
Densidade	0,90	0,89

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

CONCLUSÃO

O valor médio de MOR 57,79 N/mm² foi inferior ao descrito na literatura para indivíduos de idade próxima, o que pode ser atribuídos ao sítio de crescimento. A densidade apresentou alta correlação positiva com a carga máxima e resistência, ou seja, pode-se esperar um aumento das propriedades mecânicas de madeiras de maior densidade.

REFERÊNCIAS

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, jun. 2003.

COMISSIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 555**: Método de Ensayo de flexión estática. Buenos Aires: COPANT, 1973.

DAL PONTE FILHO, J. L. *et al.* Influência da idade em propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. In: Simpósio de Ciências Aplicadas da FAEF, 7., 2004, Garça. **Anais...** Garça: FAEF, 2004. p. 133-138.

HASELEIN, C. R. *et al.* Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* Engelm aos 30 anos de idade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 135-144, jun. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Florestas plantadas são tendência de investimento para 2024**. 2023. Disponível em: <https://ibflorestas.com.br/conteudo/florestas-plantadas-sao-tendencia-de-investimento-para-2024/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES-IBÁ. **Relatório 2024**. 2024. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>. Acesso em: 22 set. 2024.

MIRANDA, J. A. da S. *et al.* Relação entre densidade básica e resistência à flexão estática da madeira de três espécies nativas do Cerrado. **Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades - Volume 2**, [S.L.], p. 144-153, 2021. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/211206968>.

Agradecimentos: Florestal Gateados.

