

INFLUÊNCIA DO VENTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MADEIRAS DE CLONES DE *Eucalyptus saligna*

PEDRO HENRIQUE DE MORAES KOLTON¹; GABRIEL VALIM CARDOSO²;
LAÍSE VERGARA NÖRNBERG²; OSMARINO PIRES DOS SANTOS³; RAFAEL
BELTRAME⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – phkolton@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – gabriel.valim.cardoso@gmail.com,
laisenornberg@gmail.com;

³CMPC Celulose Riograndense – osmarino.santos@cmpcrs.com.br;

⁴Universidade Federal de Pelotas – beltrame.rafael@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o gênero *Eucalyptus* é um dos mais utilizados no setor florestal por apresentar rápido crescimento e considerável homogeneidade no desenvolvimento. Devido a essas características, há muitos anos existem pesquisas a respeito do melhoramento genético para melhorar esses aspectos e reduzir seus defeitos (BALDIN *et al.*, 2017). Porém, pelo fato da madeira se tratar de um material biológico e heterogêneo, acaba apresentando defeitos por causas multifatoriais, os quais podem influenciar suas propriedades físicas, mecânicas e anatômicas (da SILVA, 2017). Dentre esses efeitos, a ação do vento se destaca.

De acordo com Moreschi (2012) e Barnett, *et al.* (2014) espécies expostas ao vento podem desenvolver lenho de reação, uma estrutura que altera o comportamento da madeira ao modificar o equilíbrio do tronco. Essa alteração pode reduzir a eficiência da madeira em processos industriais. A variabilidade nas fibras e vasos do lenho de reação pode comprometer a qualidade da madeira de fustes inclinados em árvores folhosas, que acabam aumentando o tamanho das fibras e modificando a parede celular sem aumentar a quantidade de lignina na porção que está sob tração, além do surgimento de uma camada gelatinosa na parede celular, acarretando, algumas vezes no deslocamento da medula e alteração na coloração no local onde ocorre o lenho de reação (BOSCHETTI, *et al.* 2020). Essas alterações estruturais podem afetar diversas propriedades, tanto físicas e químicas, quanto mecânicas.

Os danos causados pelo vento nas florestas plantadas têm se agravado devido às mudanças climáticas. Essas variações causadas pelas tempestades podem impactar negativamente um dos pilares da economia do Rio Grande do Sul, visto que o estado possui mais de 600 mil hectares de florestas de eucalipto, sendo a maior área plantada dentre os estados do sul, que somados totalizam 18% da produção nacional (IBÁ, 2023).

Considerando os impactos negativos causados pelos ventos em plantações de eucalipto e consequentemente nas madeiras, esse trabalho tem como objetivo identificar se há diferença nos valores obtidos através de ensaios de compressão paralela as fibras em clones de *Eucalyptus saligna* que sofreram com ação de tempestades e acabaram sofrendo inclinação do fuste.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo foram amostrados 15 clones de nove anos de idade, da espécie *Eucalyptus saligna*, oriundas de um plantio pertencente

a empresa CMPC Celulose Riograndense Ltda., localizado no município de arroio dos ratos RS.

Do total de clones selecionadas houve a separação em três grupos distintos de acordo com o grau de inclinação ao longo do fuste. O primeiro grupo controle composto por cinco clones sem inclinação (SI), segundo grupo com cinco clones apresentando inclinação moderada (IM) e o terceiro grupo composto por cinco árvores com inclinação severa (IS).

A classificação do grau de inclinação se deu através de metodologia adaptada de Boschetti (2015), onde a altura das árvores foi considerada até o diâmetro mínimo de 5 cm e a partir deste ponto se mediu a coordenada da altura (Y), por meio de um relascópio elétrico, em seguida a variação do tronco em relação ao solo (X), por meio de medição com trena.

Através dos valores coletados foi calculado o ângulo de inclinação (Θ°) como mostra a equação 1. Sendo conhecidos os ângulos, as árvores foram classificadas da seguinte forma: ângulo entre 0° e 5° classificadas como sem inclinação (SI), ângulos entre 5° e 15° , inclinação moderada (IM), ângulo maior que 15° , inclinação severa (IS).

$$\text{Arctg } \Theta^\circ = X/Y \quad (1)$$

Onde, X representa o deslocamento do tronco inclinado em relação ao solo e Y, altura comercial vertical da árvore inclinada (m).

Após identificação e classificação dos graus de inclinação as árvores foram abatidas e segmentadas em toretes em três diferentes porções do tronco, para posteriormente serem desdobrados e transformados em corpos de prova (CPs) para ensaios mecânicos de compressão paralela as fibras seguindo o exigido pela norma americana de ensaios mecânicos da madeira ASTM D143-22. As dimensões adotadas foram de 25 x 25 x 100 milímetros, após confeccionados, os CPs foram armazenados em câmara climatizada a 20°C e 65% de umidade relativa, até atingirem equilíbrio higroscópico com umidade interna de 12% (Figura 1).

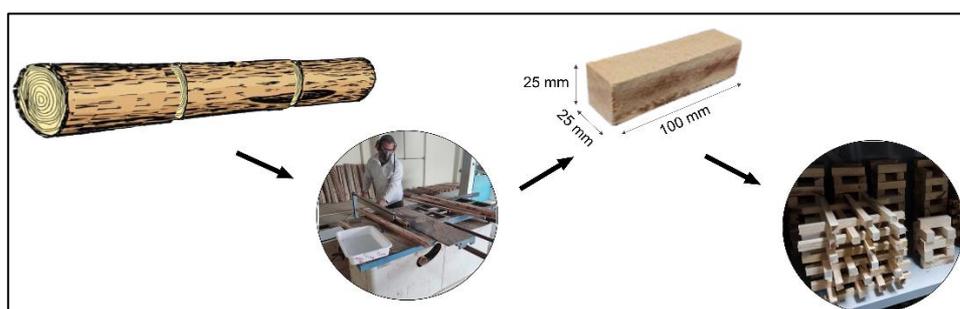


Figura 1 – Confeção e acondicionamento dos corpos de prova.
Fonte: Autor (2024).

Após a aclimação, foi dado início aos testes de compressão paralela com a intenção de identificar os módulos de elasticidade, módulos de ruptura e força máxima aplicada em cada CP. Para realizar os testes foi utilizada uma máquina de ensaios universal EMIC DL 30000N, com célula de carga de 30 toneladas e velocidade de compressão de 0,6 mm/min.

Para avaliar as diferenças entre médias dos grupos, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância. Se ocorrer diferença significativa (ANOVA), se aplicará o teste de Tukey para obtenção das médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das médias obtidas nos ensaios de compressão paralela a grã para os diferentes grupos de árvores – controle, sem inclinação (SI), com inclinação moderada (IM), e com inclinação severa (IS) – está apresentada na Figura 2.

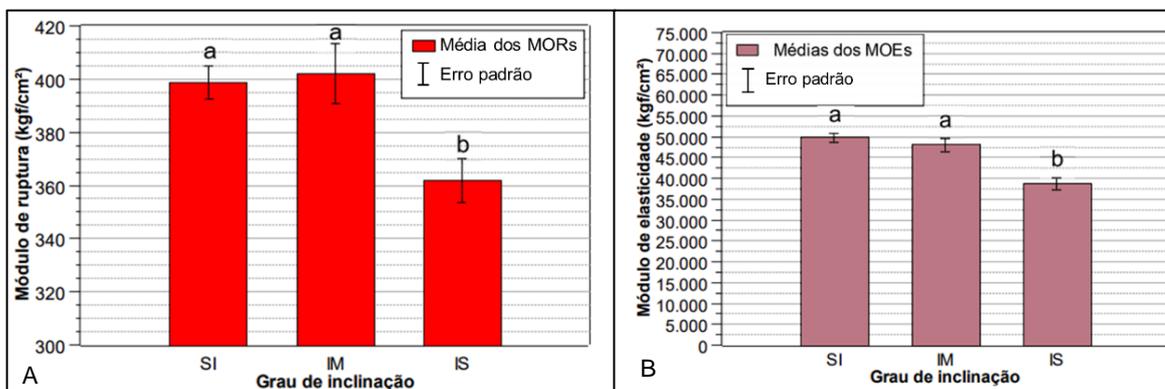


Figura 2 – Média e erro padrão dos módulos de ruptura (A) e elasticidade (B) para os grupos analisados.

Fonte: Autor (2024).

Em relação à resistência à ruptura, as madeiras sem inclinação e com inclinação moderada não apresentaram diferença estatística significativa. No entanto, as árvores que sofreram inclinação severa apresentaram uma média inferior de 361,80 kgf/cm², valor consideravelmente abaixo do encontrado por Nogueira *et al.* (2019) para *Eucalyptus saligna* de 20 anos (482,98 kgf/cm²) e por Hein & Lima (2012) para *Eucalyptus grandis* juvenil, com 6,5 anos (528,07 kgf/cm²). Esses resultados indicam que a inclinação severa pode impactar negativamente a resistência mecânica, reduzindo significativamente a capacidade de ruptura.

Em relação ao módulo de elasticidade, os grupos sem inclinação (SI) e com inclinação moderada (IM) não apresentaram diferenças significativas entre si. No entanto, o grupo com inclinação severa (IS) apresentou uma média inferior, de 38.840 kgf/cm². Esses valores estão abaixo dos apresentados por Nogueira *et al.* (2019), que registraram 157.493 kgf/cm², e por Hein & Lima (2012), que reportaram 83.550 kgf/cm². De forma geral, os resultados observados neste estudo foram inferiores aos encontrados na literatura.

Uma hipótese para explicar os valores inferiores dos clones com IS seria a maior quantidade de lenho de reação se comparado aos clones SI e IM, visto que o lenho de tração produzido pelas folhosas se caracteriza pela presença das chamadas células gelatinosas, as quais não apresentam lignina em sua composição (BOSCHETTI *et al.* 2020), o que pode reduzir a resistência a compressão.

4. CONCLUSÕES

De maneira geral é possível concluir que as madeiras sem inclinação e com inclinação moderada não apresentaram diferenças significativas na resistência à ruptura, enquanto a inclinação severa resultou em desempenho inferior. Da mesma forma, o módulo de elasticidade foi reduzido nas árvores com inclinação severa, com todos os resultados sendo inferiores aos valores normalmente encontrados na literatura. Isso sugere que a inclinação severa compromete as propriedades

mecânicas da madeira, destacando a importância de investigar mais profundamente o impacto da inclinação em diferentes condições.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D143-22**. In. (Ed.). Annual Book of ASTM. West Conshohocken, 2022.

BALDIN T.; MARCHIORI J. N. C.; NIGOSKI S.; TALGATTI M.; DENARDI L. Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus L'Hér.* [Wood anatomy and pulp and paper production potential of four young species of *Eucalyptus L'Hér.*]. 2017. **Ciência da Madeira** (Braz J Wood Sci). 8(2):114–126.

BARNETT, J. R.; GRIL, J.; SARANPÄÄ, P. The Biology of Reaction Wood Introduction. **The Biology of Reaction Wood**, pp.1 - 11, 2014.

BOSCHETTI, W. T. N. et al. Parâmetros dendrométricos e excentricidade da medula em árvores inclinadas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 781-789, 2015b.

BOSCHETTI, W. T. N. et al. Capítulo 2: Ocorrência e propriedades da madeira de reação em eucalipto. In: VIDAURRE, G. B. et al. **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EdUfes, v. 221, 2020.p. 47-69.

Da Silva. C. B. R; et al. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E FÍSICA DO LENHO DE TRAÇÃO E OPOSTO DE *Eucalyptus grandis*. In: **ANAIS CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA**, 2017, . **Anais...** eletrônicos. Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/caracterizacao-anatomica-e-fisica-do-lenho-de-tracao-e-oposto-de-eucalyptus-gran?lang=pt-br>> Acesso em: 25 de agosto 2024.

HEIN P.R.G; LIMA J.T. Relationships between microfibril angle, modulus of elasticity and compressive strength in *Eucalyptus* wood. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 14, n. 3, p. 267-274, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório Anual 2023. São Paulo: **IBÁ**, 2023. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. 4. ed. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2012.

NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque et al. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus saligna* wood for timber structures. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 233-239, 2019.