

QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus elliotti* var. *elliottii* PREDITAS USANDO TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS

Erick Phelipe Amorim¹, João Roberto Menucelli¹, Rafael Dias Moura², Bruno Marchetti de Souza²,
Ananda Vírginia de Aguiar³, Eduardo Luiz Longui⁴

¹Universidade Federal de São Carlos -UFSCar, campus de Sorocaba, São Paulo, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista-UNESP, campus de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA-Florestas, Colombo, Paraná, Brasil.

⁴Instituto de Pesquisas Ambientais, IPA, São Paulo, Brasil.

Autor por correspondência: amorimerick357@gmail.com

Resumo: A avaliação não destrutiva da madeira reúne técnicas que permitem inferir informações essenciais para caracterização tecnológica da madeira. São métodos de menor custo e mais rápidos, além de preservarem o material, representando uma opção econômica e prática. Espécies de *Pinus* spp. apresentam importante valor e papel econômico no mercado florestal brasileiro, sendo a segunda espécie mais plantada no país. Tal fato é devido aos avanços nas estratégias de melhoramento genético para a espécie. Entretanto, programas de melhoramento genético empregam caracteres fenotípicos para seleção de indivíduos superiores, especificamente volume e forma de fuste. Sendo que a qualidade da madeira muitas vezes não é levada em consideração, devido a onerosidade para o corte da árvore e caracterização da qualidade da madeira. Desta forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar o módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) da madeira por meio de amostragem não destrutiva, velocidade da onda ultrassônica, medida em tempo de vôo (TV) no tronco da árvore viva e densidade aparente (DA) de baguetas, determinado assim as estimativas dos parâmetros genéticos. O valor médio do MOEd foi de 10770,90 MPa; VOU média de 282 $\mu\text{s.m}^{-1}$ e DA das baguetas 820 kg.m^{-3} . A análise não destrutiva da madeira foi efetiva para seleção de genótipos superiores para característica da madeira, imponentes, principalmente, para finalidade de madeira para desdobro. O módulo de elasticidade apresenta alto controle genético tanto a nível individual quanto para média de progêneres para a população de *P. elliotti* var. *elliotti*.

Palavras-chave: Ultrassom; Características da Madeira; Melhoramento Genético Florestal.

QUALITY OF WOOD OF *Pinus elliotti* var. *elliottii* PREDICTED USING NON-DESTRUCTIVE TECHNIQUES

Abstract: The non-destructive evaluation of wood brings together techniques that allow inferring essential information for the technological characterization of wood. These methods are less

expensive and faster, besides preserving the material, representing an economical and practical option. *Pinus* spp. species have an important value and economic role in the Brazilian forestry market, being the second most planted species in the country. This fact is due to the advances in genetic improvement strategies for the species. However, breeding programs employ phenotypic characters to select superior individuals, specifically stem volume and shape. However, the quality of the wood is often not taken into consideration, due to the onerosity to cut the tree and to characterize the quality of the wood. Thus, the objective of this study was to characterize the dynamic modulus of elasticity (MOEd) of wood through nondestructive sampling, ultrasonic wave velocity, measured in time of flight (TV) in the trunk of the living tree and bulk density (BD) of baguettes, thus determining the estimates of genetic parameters. The mean value of MOEd was 10770.90 MPa; mean VOU of $282 \mu\text{s.m}^{-1}$ and DA of the baguettes 820 kg.m^{-3} . The non-destructive analysis of the wood was effective for the selection of superior genotypes for wood characteristics, impotent, mainly, for the purpose of timber for pitsawing. The modulus of elasticity shows high genetic control both at the individual level and for the average of progenies for the population of *P. elliotti* var. *elliotti*.

Keywords: Ultrasound; Wood characteristics; Forest genetic improvement.

1. INTRODUÇÃO

Independentemente do material de construção, os projetistas precisam conhecer as propriedades do material para o correto desenvolvimento de um produto ou projeto, seja um móvel, um eletrodoméstico, um automóvel ou uma casa. Como um material de origem natural, a madeira é dependente do material genético da espécie florestal, do ambiente de crescimento das árvores, da composição química e estrutura anatômica, que posteriormente exerce alta influência sobre as propriedades físicas, mecânicas, energéticas, e definem o processamento industrial e mecânico da madeira [1]

Para atender a esta demanda do setor florestal há a necessidade de desenvolver tecnologias, dentre as quais se destaca o melhoramento genético, buscando sempre a inovação tecnológica para melhoria dos produtos nele gerados por meio da seleção dos melhores indivíduos. Um dos elementos básicos, relevante para a definição de estratégias de melhoramento florestal, é o conhecimento da distribuição entre e dentro de progêniens da variabilidade genética existente em uma população [2].

No Brasil, a madeira de florestas plantadas de *Pinus* spp., é cada vez mais importante, como matéria-prima para abastecer as indústrias e ao mesmo tempo, servem para diminuição da

pressão do uso de madeira nativa em atender diversas demandas da indústria de processamento mecânico da madeira [3]. Além de favorecer o desenvolvimento do setor madeireiro no Brasil [4]. Com uma área de 9,55 milhões de hectares (menos de 1% do território brasileiro), as plantações de *Pinus* spp. correspondem a 18% de toda a área plantada no Brasil, com 1,7 milhões de hectares, sendo a segunda espécie cultivada no país, ficando atrás somente dos plantios comerciais de *Eucalyptus* spp., que corresponde a cerca de 7,47 milhões de hectares [5].

O estudo de propriedades físicas e mecânicas da madeira são onerosos e necessitam do corte da árvore para avaliação em laboratório, envolvendo custos, equipamentos específicos e profissionais treinados para operar as máquinas de ensaio. Diante do exposto, inovações tecnológicas recentes em avaliações da qualidade da madeira permitem a medição não destrutiva e rápida de árvores em pé. Essas inovações, incluem ferramentas que medem a velocidade da onda de tensão acústica como um indicativo da resistência/rigidez à flexão e compressão da madeira [6].

O objetivo do trabalho é estimar os parâmetros genéticos de um teste de progênie de *P. elliotti* var. *elliotti* para o módulo de elasticidade dinâmico da madeira a partir de um método não destrutivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo e delineamento experimental

Progênies originadas de um pomar de sementes de *P. elliotti* var. *elliotti* de primeira geração estabelecidos em Colombo-PR, Brasil, foram utilizados neste estudo. As mudas foram produzidas em Ribeirão Branco, Brasil em 2008. Em março de 2009, foi instalado um teste de progênies de segunda geração com 75 progênies clonais EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O teste de progênie foi estabelecido em 40 blocos com uma planta por parcela, no espaçamento 3x3m. O local de instalação apresenta as seguintes características edafoclimáticas: 25° 05' 42" latitude, 50° 09' 43", longitude. 969 de altitude, pluviosidade de 969 mm anual, classificação climática de Koppen do tipo Cfa (Clima Subtropical Úmido). Temperatura média anual de 18°C. Tipo de solo Cambissolo [7]. A determinação da densidade aparente foi determinada de acordo com as especificações de [8]. As estimativas dos componentes de variâncias e parâmetros genéticos, cujas equações podem ser encontradas em [9]. A determinação do módulo de elasticidade dinâmico se deu através da multiplicação da densidade aparente das baguetas pela tempo de vôo dado pelo Tree Sonic.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, estão apresentados os resultados das estimativas dos parâmetros genéticos para os três caracteres avaliados no estudo.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros genéticos para caracteres de qualidade da madeira *P. elliottii* var. *elliotti* aos 12 anos de idade, em Ribeirão Branco, São Paulo.

Parâmetros genéticos	Densidade aparente das baguetas a 12%UR (kg.m ⁻³)	Tempo e vôo (μs m ⁻¹)	MOEd (MPa)
h^2_a	0,004	0,38	0,37
h^2_{mp}	0,039	0,80	0,84
h^2_{ad}	0,003	0,31	0,30
$CV_{gi\%}$	0,27	8,43	15,31
$CV_{gp\%}$	0,13	4,21	7,65
$CV_{e\%}$	4,32	12,92	28,86
$CV_{r\%}$	0,032	0,32	0,32
<i>acprog</i>	0,19	0,89	0,89
<i>m</i>	820	282	10771

Os caracteres: TV e MOEd, avaliados apresentam alta magnitude de acurácia, com valores de 0,89, indicando alta precisão da seleção e possibilidade de se obter ganhos genéticos [9]. A acurácia de seleção não apresenta relação com o mérito genético dos indivíduos, o qual deve ser mensurado via valor genético, mas sim com a confiança na seleção deles. O que permite inferir que os caracteres referentes a qualidade da madeira, devem ser levados em consideração na seleção de indivíduos superiores para ganhos genéticos para próxima seleção que virá a ser forma.

O coeficiente de herdabilidade para média de progénie (hmp^2) foi alto para velocidade média da onda ultrassônica e módulo de elasticidade dinâmico (acima de 0,80). Isso indica forte controle genético nos caracteres avaliados, além de um alto potencial para seleção entre progênies. Resultados similares para este parâmetro genético para *P. elliottii* var. *elliotti* foi relatado por [10].

Foi observado que maiores tempos de vôo na madeira ($\mu\text{s m}^{-1}$) relacionam-se a menores valores de MOEd e consequentemente menores tempos de vôo na madeira ($\mu\text{s m}^{-1}$) estão relacionados a maiores valores de MOEd. Isso é explicado pela formação interna da madeira [11]. A madeira por ser um material heterogêneo, higroscópico, anisotrópico e biológico está sujeito a formação descontínua internamente. Maiores percursos da onda em materiais anisotrópicos, como a madeira, maior será sua dissipação, e haverá maiores perdas energia, e consequentemente piores serão suas propriedades mecânicas, e quanto menor for esse valor, menores serão os defeitos internos na madeira e maiores suas propriedades mecânicas e resistência a esforços, de acordo com o observado neste trabalho [12].

Os valores de MOEd relatado no estudo estão de acordo com o módulo de elasticidade estático, ou seja, avaliado com a confecção de corpos de provas e avaliados em laboratório. A madeira juvenil e adulta de *P. elliottii* var. *elliotti*, apresenta valores compreendidos entre 6822-

12268 MPa [13]. Valores esses que estão dentro da faixa observada pelo método não destrutivo, utilizando Tree Sonic, com uma média de 10771 MPa para todas as árvores avaliadas no teste de progênie em Ribeirão Branco, São Paulo.

4. CONCLUSÕES

A utilização de meios não destrutivos na avaliação da qualidade da madeira em programas de melhoramento genético, é uma alternativa promissora visto que aumenta a capacidade de fenotipagem e, consequentemente, a estimativa de parâmetros e ganhos genéticos mais acurados. O módulo de elasticidade, demonstra um forte controle genético e possibilidade de se obter ganhos promissores tanto com a seleção entre e dentro de progênies quanto individual para a população de *P. elliottii* var. *elliottii*.

5. REFERÊNCIAS

- [1]Campbell, G., Rabelo, G. R., & Cunha, M. (2016). Ecological significance of wood anatomy of *Alesis pickelli* Pilg. & Schamale (Rubiaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 30 (1),124-130. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0267>
- [2]Vagaes, T.C. (2013). Estratégias de melhoramento genético para *Pinus taeda* L. no planalto catarinense. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.
- [3]Melo, R.R., Barbosa, K.T., Beltrame, R., Acosta, A.P., Pimenta, A.S., Mascarenhas, A.P.R. (2020). Ultrasonography to determine the physical-mechanical properties of *Eucalyptus camaldulensis* wood. *Wood Material Science and Engineering*, v.1, n.1, p. 1-10.
- [4] Benin, C.C., Watzlawick, L.F., Hilling, E. (2017). Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthami* sob efeito do espaçamento de plantio. *Ciência florestal*, v.27, n.4, p. 1375-1384, 2017.
- [5] Instituto Brasileiro de Árvores- IBÁ. (2021). Relatório anual: ano base: 2020. 66p. Disponível: iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf. Acesso em: 05 agosto, 2022.
- [6]Walker, T.D., Isik, F., McKend, S. Genetic Variation in Acoustic Time of Flight and Drill Resistance of Juvenile Wood in a Large Loblolly Pine Breeding Population. *Forest Science*, 65 (4), 469-482. 2019.
- [7] Plagliarini, M. H. (2016). Genotype by environment interaction in slash pine and methodologies comparison for radiata pine wood properties. 137f. Tese. (Doutorado em agronomia- Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- [8] Glass, S., Zelinka, S. (2021). Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. In: Moisture Relations and Physical properties of Wood: Chapter 4. USDA. 12p.
- [9] Vencovsky, R.; Barriga, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992, 496p.
- [10]Nogueira, T. A.P.C., Nunes, A.C.P., Dos Santos, G.A., Takahashi, E.K., Resende, M.R.V., Corradi, I.S. Estimativas dos Parâmetros genéticos em progênie de meios irmãos completos de eucalipto e otimização de seleção. *Scientia Forestalis*, v.47, n.123, p.451-462, 2019.
- [11]Moreira, J.P., Shimizu, J.Y., Sousa, V.A., Moraes, M.L.T., Moura, N. F., Aguiar, A.V. (2014). Ganho esperado na seleção de progênie de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em idade precoce para

produção de madeira. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.34, n.78, p. 99-109.

[12]Candian, M., Sales, A. (2009). Aplicação das técnicas não destrutivas de ultra-som, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação da madeira. *Ambiente construido*, 9, (4), p. 83-98, 2009.

[13]Missio, A.L., Cademartori, P.H.G., Mattos, B.D., Weiler, M., Gatto, D.A. (2015). Propriedades mecânicas da madeira resinadas de *Pinus elliotti*. *Ciência Rural*, v.45, n.8, p.1432-1438.