

SELEÇÃO DE MADEIRAS DE EUCALIPTO PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS QUIMIOMÉTRICOS DE PREDIÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS

HENRIQUE RÖMER SCHULZ¹; BRUNO DUFAU MATTOS², EZEQUIEL GALLIO²,
GUILHERME VERGARA NORNBERG², GUSTAVO SPIERING ZANOL² ; DARCI
ALBERTO GATTO³

¹Universidade Federal de Pelotas – henriqueschulz09@hotmail.com

²(PIPE- Universidade Federal do Paraná) - Embrapa Florestas - brunodufaumattos@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – egeng.florestal@gmail.com,
guilherme.nornberg@hotmail.com, Gustavo-zanol@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

Dentre as florestas plantadas que abastece a indústria madeireira nacional, as do gênero *Eucalyptus* estão entre as mais importantes. Essa importância é atribuída à velocidade de desenvolvimento de suas árvores, facilidade de implantação em grandes maciços e versatilidade de aplicação de sua madeira (BATISTA, 2010). Conforme o IBÁ (2015), no ano de 2015, o Brasil possuía uma área de aproximadamente 5,6 milhões de hectares plantados com eucalipto no país. A grande demanda do setor por esse gênero pode ser atribuída a qualidade da sua madeira e a versatilidade de utilizações.

Existe uma necessidade de obter informações rápidas e precisas deste material afim de aumentar ainda mais a sua utilização em setores industriais emergentes. A caracterização mecânica deste material é considerado uma das formas mais segura de obter informações relevantes para sua aplicação. Entretanto, os testes mecânicos demandam de demasiado tempo de preparo para sua realização.

Nesse sentido, a construção de modelos utilizando os conceitos de quimiometria pode se tornar uma ferramenta útil para a predição rápida das propriedades mecânicas de madeiras de *Eucalipto*. Conceituadamente, quimiometria é a aplicação de métodos estatísticos ou matemáticos em dados de origem química, como por exemplo os de infravermelho próximo ou análise termogravimétrica (MUNIZ et al, 2013; LENGOSWIKI et al, 2016).

Para este trabalho é importante que exista uma variabilidade de dados alta para que se obtenham modelos matemáticos de amplo espectro. Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo preliminar a seleção de espécies de eucaliptos com propriedades mecânicas diferentes entre si para o futuro preparo dos modelos matemáticos utilizando espectroscopia no infravermelho próximo.

2. METODOLOGIA

Seleção das espécies

Foram escolhidas Madeiras pertencentes ao Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira da Universidade Federal de Pelotas. As espécies selecionadas foram *Eucalyptus dunni*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus tereticornis*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis*. Neste momento, a idade e procedência do material não é relevante cientificamente.

Foram utilizadas madeiras livres de quaisquer defeitos e utilizaram-se as seguintes dimensões para os corpos de prova (CP): 2,0 x 2,0 x 32,0 cm (radial x tangencial x longitudinal).

Testes mecânicos

Anteriormente aos ensaios, os CPs foram condicionados em uma câmara climatizada (20° C de temperatura e 65 % de umidade relativa do ar) até o teor de umidade de equilíbrio obter um valor de 12%.

Após isso, foram realizados ensaios de flexão estática e dureza Janka conforme a ASTM D143. Além disso, a densidade aparente a 12% de umidade foi mensurada, com auxílio de um paquímetro digital (com resolução de 0,01mm) e balança analítica (com resolução de 0,001g), determinou-se as dimensões e massa dos CPs. Em seguida, calculou-se a massa específica aparente a 12% de umidade utilizando a equação: $Mea_{12\%} = (m_{12\%}) / (v_{12\%})$, em que: $Mea_{12\%}$: massa específica aparente a 12% de umidade; $m_{12\%}$: massa a 12% de umidade; $v_{12\%}$: volume a 12% de umidade.

Análise estatística

Através de um programa estatístico utilizou-se de uma análise estatística descritiva para mostrar a variabilidade dos resultados de propriedades mecânicas e densidade das madeiras selecionadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de módulo de ruptura (MOR) para as espécies selecionadas variaram entre 76.1 a 170.6 MPa, o que representou uma variação de 35.3%. A mesma magnitude de valores foi encontrada para os dados de módulo de elasticidade (MOE), os quais apresentaram um coeficiente de variação de 34.5% ao considerar os dados de todas as espécies ensaiadas. É importante notar que separadamente as espécies não apresentam variação percentual de MOR e MOE alta, à exceção do *E. Tereticornis*. Isso ressalta a necessidade de utilizar mais de uma espécie em um futuro modelo de predição de propriedades (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva para MOE e MOR obtidos em ensaio de flexão estática.

Amostra	Nº	MOR			MOE		
		Média	DP	CV	Média	DP	CV
<i>C. Citriodora</i>	6	170.6	13.3	7.8	19305.6	2487.7	12.8
<i>E. Dunnii</i>	6	103.2	14.9	14.4	16177.0	1643.6	10.1
<i>E. Tereticornis</i>	6	76.1	28.7	37.7	9187.8	3542.5	38.5
<i>E. Saligna</i>	6	77.9	2.7	3.5	8628.0	682.4	7.9
<i>E. Grandis</i>	6	108.9	8.3	7.6	13969.0	1904.5	13.6
Total	30	107.3	37.9	35.3	13453.5	4654.0	34.5

DP = desvio padrão (MPa); CV = coeficiente de variação (%); Nº= número de repetições.

Com esta variação de dados, por exemplo, caso se obtenha um modelo matemático de sucesso, seria possível estimar valores de propriedades mecânicas bem amplas (8628.0 a 19305.6 MPa para MOE e 76.1 a 170.6 MPa para MOR), o que seria difícil ao utilizar apenas uma espécie.

Os valores de módulo de ruptura e módulo de elasticidade estão em de acordo com o que foi relatado em outras literaturas (Oliveira, 1997; Rodrigues, 2002; Lima, 2004).

Tabela 2. Estatística descritiva para densidade aparente a 12% e dureza Janka.

Amostra	Nº	Densidade 12% (g/cm ³)			Dureza Janka (MPa)		
		Média	DP	CV	Média	DP	CV
<i>C. Citriodora</i>	6	1.03	0.03	3.8	47.8	3.5	7.3
<i>E. Dunnii</i>	6	0.73	0.05	7.4	33.9	4.3	12.9
<i>E. Tereticornis</i>	6	0.95	0.04	4.5	51.0	6.3	12.5
<i>E. Saligna</i>	6	0.54	0.01	3.4	25.6	2.0	7.8
<i>E. Grandis</i>	6	0.62	0.01	2.9	34.3	0.7	2.1
Total	30	0.76	0.19	25.6	38.5	10.2	26.6

DP = desvio padrão (MPa); CV = coeficiente de variação (%); Nº = número de repetições.

Para os resultados de densidade e dureza Janka, nota-se com mais clareza a necessidade de utilizar diferentes espécies para este tipo de trabalho. Individualmente os dados apresentam pouca variabilidade, enquanto que ao total o coeficiente de variação alcança valores de 25.6 e 26.6% para densidade e dureza, respectivamente (Tabela 2).

Os valores de massa específica estão em conformidade com o que foi observado em outras literaturas (Rodrigues, 2002; BALLARIN, 2012), como também o de Dureza Janka constatado por (Lima, 2004).

4. CONCLUSÕES

A utilização de múltiplas espécies pode ser uma alternativa para a obtenção de dados com variabilidade suficiente para a construção de modelos matemáticos baseados em quimiometria. Os coeficientes de variação obtidos ficaram acima de 25% para todos os ensaios.

A próxima etapa deste trabalho envolverá a obtenção de espectros de infravermelho próximo de cada amostra separadamente, para sua futura correlação matemática com os respectivos resultados de propriedades mecânicas destas madeiras.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM STANDARD D143 1994 (2014). Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. **Annual Book of ASTM Standard**. West Conshohocken, PA, 2014: ASTM International.

BALLARIN, Adriano Wagner; ALMEIDA, Pedro; PALMA, Hernando Lara. Estimating hardness of eucalyptus wood with a portable hardness tester. In: **World Conference on Timber Engineering 2012**, WCTE 2012. 2012. p. 71-74.

BATISTA, Djeison Cesar; KLITZKE, Ricardo Jorge; SANTOS, Carlos. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de Eucalyptus. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Ibá 2015**: ano base 2015. 64 f. 2016.

LENGOWSKI, E. C.; MAGALHAES, W. L. E.; NISGOSKI, S.; BOLZON DE MUNIZ, G. I.; SATYANARAYANA, K. G.; LAZZAROTTO, M. New and improved method of investigation using thermal tools for characterization of cellulose from eucalypts pulp. **Thermochimica Acta**, v. 638, p. 44-51, Aug. 2016.

LIMA, José Tarcísio et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista árvore**, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

MUÑIZ, G. I. B.; CARNEIRO, M. E.; NISGOSKI, S.; RAMIREZ, M. G. L.; MAGALHÃES, W. L. E. SEM and NIR characterization of four forest species charcoal. **Wood Science and Technology**, v. 47, n. 4, p. 815-823, 2013.

OLIVEIRA, JT da S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia forestalis**, v. 56, p. 113-124, 1997.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para construção civil**. 2002. 76 f. 2002. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)—Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.