

ANÁLISE DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE ULTRASSOM NA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES DE EUCALIPTOS E SUAS RELAÇÕES COM A MASSA ESPECÍFICA.

MATTOS, Bruno Dufau¹; GÜTHS, William Gamino¹; GATTO, Darci Alberto²

¹Acadêmico do curso de Graduação em Engenharia Industrial Madeireira, UFPel – RS,
brunodufamattos@yahoo.com.br

²Prof. Dr. Adj. do curso de Engenharia Industrial Madeireira, UFPel – RS, *darciatto@yahoo.com*

1. INTRODUÇÃO

As técnicas de propagação de ondas por meio de ultrassom, para determinação da qualidade da madeira, são relativamente novas no Brasil, tendo começado há pouco mais de uma década. Calegari *et al.* (2008), afirmou que a velocidade de propagação das ondas ultrassônicas está intrinsecamente relacionada com as propriedades elásticas dos materiais sólidos, sendo função da raiz quadrada da razão entre o módulo de elasticidade dinâmico e a massa específica desse material.

Na madeira, muitos são os fatores que influenciam na propagação das ondas ultrassônicas, tais como: características anatômicas, teor de umidade, massa específica, inclinação e distorção da grã, nós, bem como tipo de transdutores e tamanho de amostras (Calegari *et al.*, 2008).

Quanto à massa específica, Calegari *et al.* (2008) observou aumento proporcional da velocidade ultrassônica com o aumento dessa propriedade na madeira de pinus. Já para a madeira de eucalipto, foi observado comportamento inverso. Conforme Shimoyama (2005), madeiras de maior massa específica apresentam maior teor de substância madeira, portanto, menores espaços vazios, propiciando aumento da velocidade de propagação das ondas. Bartholomeu (2001), analisando duas espécies de dicotiledôneas – cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) e *Eucalyptus citriodora* Hook. – e uma de conífera (*Pinus elliottii* Engelm.), observou pequeno aumento da velocidade com o aumento da massa específica aparente.

Dessa forma o presente estudo tem como objetivo determinar a velocidade de propagação de ondas mecânicas na madeira de *Eucalyptus saligna* Smith., *Eucalyptus teretirconis* Smith. e *Corymbia citriodora* Hill & Johnson e correlacionar com a massa específica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo foram eleitas três árvores adultas para cada espécie, de bom fuste, com diâmetro superior a 30 cm a 1,30 metros de altura (DAP). As árvores foram obtidas em povoamentos homogêneos localizados no município de Santa Maria – RS. Após o desdobra das árvores foram confeccionados os corpos de prova com as seguintes dimensões: 2,0 x 2,0 x 31,0 cm para respectivamente largura, espessura e comprimento.

Para o cálculo de massa específica aparente a 12% das espécies foi utilizado paquímetro digital para medir as dimensões dos corpos-de-prova e balança eletrônica analítica para a determinação da massa, depois que os mesmos estavam estabilizados em câmara climatizada (Umidade relativa de 65% e temperatura de

20°C). Para a determinação da velocidade da onda ultrassônica fez-se uso do equipamento de ultrassom (Figura 1).



Figura 1 – Equipamento de ultrassom utilizado no experimento.

Foi medido diretamente o tempo de propagação da onda, em microssegundos e por meio da relação entre tempo e distância foi calculada a velocidade. Os transdutores utilizados foram do tipo exponencial (ponta seca) e com frequência de aproximadamente 50 kHz.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os parâmetros estatísticos referentes a massa específica aparente a 12% da madeira das três espécies de eucaliptos. Observa-se que as três espécies de eucalipto apresentaram diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5% de erro, entre elas para a referida propriedade.

Tabela 1 – Massa específica aparente a 12% de umidade da madeira das três espécies.

Espécie	Massa específica aparente 12% (g.cm ⁻³)						
	Amostra	Média	DP	CV	Mínimo	Máximo	R
<i>Eucalyptus saligna</i>	180	0,79 A	0,085	10,8	0,57	0,94	0,37
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	180	0,92 B	0,064	7,02	0,74	1,13	0,38
<i>Corymbia citriodora</i>	180	1,02 C	0,036	3,55	0,84	1,09	0,24

DP – desvio padrão, CV – coeficiente de variação (%), R – amplitude. Não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores que compartilham uma mesma letra nas colunas, de acordo com o teste LSD de Fisher, ao nível de 5,0% de erro.

Observa-se também que a madeira de *Corymbia citriodora* apresentou melhor estabilidade na propriedade, com coeficiente de variação de 3,5% e com limites

entre 0,84 e 1,09 g.cm⁻³, por outro lado a madeira da espécie de *Eucalyptus saligna* apresentou a pior estabilidade da massa específica com 10,8% de variação nos valores, apresentando desta forma limites entre 0,57 e 0,94 g.cm⁻³.

Conforme Kollmann e Côté (1968), essas variações da massa específica da madeira podem ser explicadas em função das características da própria espécie, bem como das influências externas, assim como das variações ambientais e intervenções silviculturais. Segundo Silva *et al.* (2004), outros fatores são atribuídos para a variação da propriedade nas espécies de *Eucalyptus* como a posição nos sentidos longitudinal e radial, idade da árvore, a amostragem, o genótipo e as condições ambientais.

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros estatísticos para a propagação de ondas mecânicas na madeira das três espécies de eucaliptos.

Tabela 2 – Velocidade da onda de ultrassom na madeira das três espécies.

Espécie	Velocidade de onda ultrassônica (m.s ⁻¹)						
	Amostra	Média	DP	CV	Mínimo	Máximo	R
<i>Eucalyptus saligna</i>	180	3705 A	61,1	1,6	3540	3830	290
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	180	3337 B	203,6	6,1	2890	3770	880
<i>Corymbia citriodora</i>	180	3863 C	67,1	1,7	3670	4030	360

DP – desvio padrão, CV – coeficiente de variação (%), R – amplitude. Não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores que compartilham uma mesma letra nas colunas, de acordo com o teste LSD de Fisher, ao nível de 5,0% de erro.

Com base na Tabela 2 observa-se que, assim como a massa específica, a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas na madeira das três espécies foi diferente entre si estatisticamente significativa ao nível de 5% de erro.

As variações para a velocidade de onda dentro de cada espécie foram menores nas madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia citriodora* com 1,6 e 1,7%, respectivamente, comportando-se de maneira semelhante. Para essas espécies as amplitudes dos intervalos (R) foram de 290 e 360 para *Eucalyptus saligna* e *Corymbia citriodora*, respectivamente.

Por outro lado as variações na velocidade de propagação de ondas de ultrassom foram superiores na madeira de *Eucalyptus tereticornis* variando em torno de 6%, delimitando um intervalo de 3670 a 4030 m.s⁻¹ de acordo com os limites mínimo e máximo da velocidade de onda para a espécie.

A velocidade de propagação de ondas na madeira pode variar dentro da mesma espécie, Pelizan (2005) verificou para a madeira de *Corymbia citriodora* uma massa específica básica de 1,01 g.cm⁻³ e uma velocidade média de ondas ultrassônicas de 4477 m.s⁻¹, estando assim acima do observado nesse estudo para massas específicas iguais estatisticamente. Essas variações podem ocorrer devido ao ritmo de crescimento que modifica as características anatômicas da madeira, como espessura de parede celular. A inclinação da grã é outra possibilidade para explicar essa mudança da velocidade de onda entre os dois estudos.

4. CONCLUSÃO

Com base nesse estudo os autores puderam concluir que o comportamento da propagação de ondas de ultrassom é diferente para madeiras de diferentes espécies florestais, assim como a massa específica. Por outro lado não se pôde correlacionar as duas incógnitas entre si, pois apresentaram parâmetros estatísticos não significativos. Dessa forma os autores indicam a necessidade de novos estudos levando em consideração outros fatores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTHOLOMEU, A. **Classificação de peças estruturais de madeira através do ultra-som**. 2001. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campinas, Campinas, 2001.

CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASEILEN, C. R.; GATTO, D.A., DO CARMO, P.I.O.; FILHOS, L.C.P.S., Avaliação de alguns fatores influentes na velocidade ultra-sônica na madeira. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 607-615, 2008.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlim: Springer - Verlag, 1968. v. 1.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Estimativas de propriedades da madeira de Pinus taeda através do método não-destrutivo emissão de ondas de tensão, visando à geração de produtos de alto valor agregado**. 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JÚNIOR, S.; MATOS, J. L. M de. Influência da idade e da posição radial na massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, 2004.

PELIZAN, T. R. **Estudo de propriedades mecânicas de peças roliças de eucalipto citriodora utilizando a técnica de ultra-som**. 2004. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.