

DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE EM *Eucalyptus sp.* POR MÉTODOS DESTRUTIVOS E NÃO-DESTRUTIVOS

Felipe S. BASTOS*, **Marcos O. PAULA**, **Laura V. L. LIMA**, **Ingrid R. DORIGUETTO**, **Reginaldo P. B. SOUZA**, **Ana Márcia M. L. CARVALHO** e **Frederico C. MAGNANO**

* – Estudante em Graduação – felipe.bastos@ufv.br - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar se existe diferença significativas entre o Modulo de Elasticidade e Modulo de Ruptura obtidos através de ensaios destrutivos e não-destrutivos em madeira de *Eucalyptus sp.*, para fazer esta verificação foi realizado ensaios destrutivos de compressão na direção normal às fibras, flexão estática e cisalhamento ensaios não-destrutivos em equipamento de ultrassom. Com base nos resultados pode-se concluir que a composição química da madeira em estudo, é semelhante aos descritos na literatura com pequenas variações nos teores, mas dentro dos níveis aceitáveis; o teor umidade dos corpos-de-provas estavam dentro do estipulado pela norma; a densidade aparente media, apresentou valores inferior aos encontrados em literatura, o que pode ser justificado pelo fato de estarmos trabalhando com uma árvore jovem com idade de 10 anos; O método ultrassom é uma importante ferramenta para inferência não-destrutiva do módulo de elasticidade da madeira; apesar dos valores absolutos dos módulos de elasticidade obtidos pelos métodos destrutivo e não-destrutivo serem diferentes, o método ultrassom é eficiente por avaliar, de forma rápida e eficaz, as diferenças relativas à qualidade da madeira.

Palavras chave: *Eucalyptus sp.*, Características físicas, Método ultra-sonoro, Características químicas.

ABSTRACT: This study was conducted with the objective of determining if there is significant difference between the Modulus of Elasticity and Modulus of Rupture obtained through destructive testing and non-destructive *Eucalyptus sp.*, To do this check was conducted destructive testing compression in the direction perpendicular to grain, bending and shear non-destructive testing on ultrasound equipment. Based on the results it can be concluded that the chemical composition of wood under study is similar to those previously described with minor variations in the levels, but within acceptable levels, the moisture content of the bodies of the tests were within the standard stipulated by , the apparent density media apparent lower values found in the literature, which can be explained by the fact that we are working with a young tree aged 10 years; ultrasound method is an important tool for inference nondestructive elasticity modulus wood, although the absolute values of the elastic modulate obtained by the methods destructive and non-destructive be different, the ultrasound method is efficient for evaluating, quickly and effectively, the differences in the quality of the wood.

Keywords: *Eucalyptus sp.*, physical Characteristics, ultra-resonant Method, chemical Characteristics.



1. INTRODUÇÃO

Em razão de suas boas propriedades físicas e mecânicas, a madeira vem, atualmente, sendo empregada para os mais variados fins e, com a possibilidade de escassez dos recursos minerais não-renováveis, é provável que, futuramente, seja a principal fonte de matéria-prima para a construção civil, fabricação de móveis e casas. No entanto, o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é uma importante base tecnológica para a utilização racional desse material, a fim de atender às normas de segurança e durabilidade (STANGERLIN et al. 2010).

Segundo McALISTER & CLARK (1991) e GEIMER et al. (1997), peças estruturais que contenham uma determinada quantidade de madeira juvenil apresentam classes de resistências inferiores, sendo esse o motivo pelo qual as diferenças entre as propriedades da madeira juvenil e adulta são importantes para a utilização racional da madeira. Tanto o módulo de elasticidade, como as resistências à compressão paralela e normal à flexão estática e à tração paralela são seriamente afetados pela presença de madeira juvenil (EVANS et al., 2000).

Segundo DARCI et al. (2008), as avaliações de natureza destrutiva são, em geral, os principais métodos utilizados para o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira. Os resultados obtidos a partir dessa metodologia, por vezes, são onerosos em razão do tempo consumido com a confecção dos corpos-de-prova e custo dos equipamentos. Além disso, os resultados obtidos são apenas uma estimativa, já que os ensaios são realizados por meio de amostragem e não da peça real em uso.

Para ABENDE (2002), os ensaios não-destrutivos são aqueles realizados em materiais para verificar a existência ou não de discontinuidades ou defeitos, por meio de princípios físicos definidos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir em seu uso posterior. Os métodos mais usuais utilizam-se de ultra-som, radiografia, correntes parasitas, análise de vibrações, emissão acústica, entre outros. Na área de pesquisas, as avaliações não-destrutivas, utilizando vibrações e ultra-som, são empregadas para a determinação das propriedades físicas e mecânicas de materiais. Para alguns materiais, como os metais e ligas metálicas, essa técnica tem sido bastante usada, uma vez que pode detectar defeitos e descontinuidade nesses materiais. No caso da madeira, como esses problemas são característicos do material, os ensaios não-destrutivos são usados, quase sempre, para verificar como essas ocorrências afetam as suas características físicas e mecânicas (TARGA ET al., 2005).

Segundo Wang et al. (2007), significativos esforços estão sendo direcionados para o desenvolvimento de uma tecnologia consistente de avaliação não-destrutiva capaz de prever com eficácia as propriedades intrínsecas da madeira.

Diante do exposto, a presente investigação teve como objetivo de verificar se existem diferenças significativas entre o Módulo de Elasticidade e Módulo de Ruptura obtidos através de ensaios destrutivos e não-destrutivos, respectivamente, em madeira de *Eucalyptus sp.*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do presente estudo foi utilizado a madeira *Eucalyptus sp.*, abatida de plantios homogêneos com idade média de 10 anos. Foram selecionadas árvores, de modo aleatório, com bom fuste e grã reta, das quais foram retiradas toras de 1 m de comprimento cada.

Com auxílio de uma serra-de-fita, as toras foram desdobradas em tábuas. Posteriormente, de cada tábua, foram retirados os corpos-de-prova para realização dos ensaios, de acordo com as especificações das normas NBR 7190 (ABNT, 1997). Para todos os



ensaios foram utilizados 10 corpos-de-prova, tendo o cuidado em descartar o material que apresentar defeitos, como, inclinação acentuada da grã, presença de nós e/ou medula.

Antecedendo os ensaios, destrutivo e não-destrutivo, os corpos-de-prova foram acondicionados em câmara climatizada (20° C de temperatura e 65 % de umidade relativa) até o momento em que os mesmos apresentaram um teor de umidade de equilíbrio equivalente a 12%, estipulado por norma.

Além do ensaio destrutivo e não-destrutivo foi realizada caracterização do material com base nas propriedades físicas e químicas.

Para a realização dos ensaios não-destrutivos foram utilizado equipamento de ultrassom dotado de transdutores (microfones) de pontos secos com frequência de aproximadamente 45 kHz, que medem diretamente o tempo de propagação das ondas, em microssegundos (μ s).

A determinação do tempo de propagação das ondas ultra-sônicas foi realizada no centro das amostras, considerando a direção longitudinal da madeira. Para tanto, foram realizadas duas leituras do tempo de propagação das ondas e, a partir da razão entre o valor médio dessas e a distância do trecho percorrido (comprimento real do corpo-de-prova) foi calculado a velocidade de propagação das ondas. A constante elástica dinâmica (E_d) será calculada por meio do produto entre a velocidade de propagação e a massa específica da madeira.

O calculo constante elástica dinâmica foi feito com base na seguinte equação:

$$E_d = V^2 * ME$$

Em que:

- E_d = Módulo de elasticidade dinâmico (MPa);
- V = Velocidade de propagação da onda (m.s-1);
- ME = Massa específica da madeira a 12% de umidade (kg.m-3).

Para avaliar a sensibilidade do método ultrasonoro após tal ensaio, os corpos-de-prova foram submetidos a ensaios destrutivos de compressão paralela às fibras que foram executados em máquina universal de ensaios, eletromecânica, servocontrolada e com sistema de aquisição de dados computadorizados, fabricada pela EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, com posterior obtenção dos módulos de elasticidade e de ruptura.

Foram utilizados onze corpos-de-prova do *Eucalyptus sp.*, com idade média de dez anos, teor de umidade médio de 12%, enumeradas aleatoriamente. A confecção dos corpos de prova e os cálculos seguiram os parâmetros da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7190 (ABNT, 1997).

Antes de iniciar o ensaio as amostras foram medidas, pois durante a confecção destas ocorrem pequenos desvios sob as dimensões planejadas, e é de grande importância o conhecimento do valor exato de suas medidas para o cálculo da resistência à compressão normal às fibras.

Para os ensaios de cisalhamento na direção paralela às fibras e flexão estática também foram utilizados onze amostras da madeira do *Eucalyptus sp.*, com teor de umidade médio de 12%, enumeradas aleatoriamente. As dimensões e os ensaios seguiram os parâmetros da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7190 (ABNT, 1997). Conforme descrito no ensaio de compressão normal às fibras.

Os procedimentos para a determinação da umidade seguiu a NBR 79191 (1997), para tanto, foram utilizadas 10 amostras para cada ensaio.

Para a determinação do teor de Umidade (w) as amostras foram pesadas em balança com precisão de 0,01g. Após a determinação da massa inicial (m_1) os corpos de provas foram



colocados em câmara de secagem com temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Durante a secagem a massa dos corpos de prova foram medidas a cada 6 h, até que ocorra uma variação, entre duas medidas consecutivas, menor ou igual a 0,5% da última massa medida sendo considerada essa massa como a massa seca (m_2). Conhecida a massa seca (m_2) determina-se a umidade à base seca pela expressão:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100$$

Para a determinação da densidade aparente foi utilizado o método de imersão em mercúrio, conforme seguindo a norma NBR 7190/ 97- Estruturas de Madeira.

Tendo conhecimento da massa seca (m_s) e de posse de seu volume (V_w), é possível determinar sua densidade aparente (ρ) pela expressão:

$$\rho = \frac{m_s}{V_w}$$

A composição química da madeira foi realizada com o intuito de se determinar os componentes não estruturais da madeira. Nos componentes estruturais incluem-se a celulose, as hemiceluloses e a lignina, que são macromoléculas responsáveis pelas propriedades mecânicas da madeira. Quanto aos componentes não estruturais são constituídos por substâncias com massa molecular baixa ou média, do tipo orgânica ou inorgânica, vulgarmente denominados por extrativos e cinzas.

A determinação da caracterização química foi realizada seguindo orientação das normas ABCP M10 (1971) e TAPPI T 264 cm (1997), onde, pequenos cavacos de madeira foram transformados em serragem por meio de um moinho de facas e peneirados (42 mesh) para obtenção dos grânulos de serragem, totalizando 6g. O teor de umidade dos grânulos de serragem foi obtido de acordo com a NBR 7190 (1997). A retirada dos extrativos organo-solúveis foi procedida de 2g de amostra seca (a.s.) em extrator tipo Soxhlet, no qual será realizada em duas etapas:

- 1) Extração de álcool tolueno por 5 horas;
- 2) Extração em água fervente por 3 horas.

A serragem foi filtrada e submetida à lavagem com etanol 95%, seca ao ar e pesada, sendo o conteúdo de extrativos determinado com base na diferença entre a massa da serragem anterior e posterior ao processo de extração.

Para determinação do teor de cinzas, foram utilizados 5g de grânulos de serragem seca em cadinhos de porcelana e calcinados em uma mufla à 565°C por um período de 6 horas. Utilizou-se a seguinte expressa para cálculo do teor de cinzas das amostras:

$$C_z (\%) = \frac{M_z \cdot 100}{M_s}$$

Onde:

- C_z : teor de cinzas da amostra em porcentagem;
- M_z : massa de resíduo de cinza em gramas;
- M_s : massa de serragem em gramas.



Partindo da premissa de que, no geral, existe diferenças significativas entre os resultados (de ensaios destrutivos e não-destrutivos) para madeira, em todas as análises, foi executado o teste de comparação de médias.

3. RESULTADOS E DISCURSSÃO

Os itens que seguem apresentam os resultados da caracterização física, química e mecânica durante do material estudado.

3.1 Caracterização Física

Os resultados dos ensaios de teor de umidade demonstraram que a madeira encontra-se com umidade média de aproximadamente 12%, conforme especificado pela NBR 7190 como umidade ideal para determinar resistência mecânica pelos ensaios destrutivos e não-destrutivos.

Em relação à densidade aparente media, observou-se que o valor obtido, $0,42\text{g/cm}^3$, foi inferior aos resultados apresentados por diversos autores como Shimoyama e Barrichello (1991), Carmo (1996), Lima(1996) e Oliveira et al. (2005), fato esse justificado pelo fato de estarmos trabalhando com uma árvore jovem com idade de 10 anos, uma vez que, é sabido que a relação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* tende a aumentar com a idade em consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição das larguras das células.

3.2 Composição Química

Na Tabela 01, encontram-se a análise da composição química da madeira para a espécie avaliada.

Tabela 01: Porcentagem da composição química da madeira de *Eucalyptus sp.*.

Composição Química	Percentual (%)
Teor de Lignina	27,17
Teor de Holocelulose	65,43
Teor de Extrativos	6,81
Teor de Cinzas	0,59

A média encontrada do valor do teor de lignina encontra-se parecido com os valores descritos na literatura para o gênero *Eucalyptus*, que varia de 20 a 30% relatados para madeira de folhosas segundo Hillis e Brown (1978).

Os valores obtidos para o teor médio de holocelulose também estão de acordo com os descritos na literatura para a espécie, com variação de 52 a 84% conforme Hillis e Brown (1978). Segundo Trugilho et al. (2003) o valor médio de holocelulose para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* estão na ordem de 65,43%. Os resultados obtidos neste trabalho para a holocelulose estão parecidos aos descritos pelos autores, essa pequena variação pode ser explicado devido à diferença de idade das árvores, localidade do plantio e até mesmo devido aos tratamentos silviculturais adotados.

Os resultados apresentados para o teor médio de extrativos totais estão dentro das literaturas encontradas, para folhosas, que varia de 2 a 25% (FOELKEL, 1977), no qual se compreendeu com um valor médio de 6,81% para os extrativos solúveis em álcool tolueno e água fervente.

O teor de cinzas, encontra-se dentro dos padrões, observa-se que o valor de 0,59% está entre 0,4 a 2% segundo Enciclopedia of Chemical Technology (1998) .

3.3 Ensaio Mecânico

Na tabela 02, observa-se a tensão média aplicada no ensaio mecânico e a respectiva resistência para os ensaios de compressão e cisalhamento.

Tabela 02: Dados médios obtidos para o ensaio de compressão e cisalhamento normal às fibras.

Ensaio	Fmax (kgf)	Tensão de Compressão Normal(kgf/cm ²)
Compressão*	4488,4	470,4
Cisalhamento*	4149	163,5

*Média de 11 corpos de prova.

O valor médio de resistência a compressão encontrado para as amostras ensaiadas foi 470,4 kgf/cm², a 12,00% de umidade conforme especificado pela norma. Este valor, apesar de estar próximo, é inferior ao valor médio descrito na NBR 7190 de (505,0 kgf/cm²), para madeiras de folhosas do gênero. Fato esse que também foi observado por Moreschi (2010). Essa diferença pode ser justificada pelo fato de estarmos trabalhando com uma árvore jovem com idade de 10 anos, outro fator importante que deve ser levado em consideração é a posição em que foi retirado os corpos-de-prova no lenho (Cerne, Alburno).

O valor médio encontrado para resistência ao cisalhamento paralela às fibras foi 163,5 kgf/cm², a 12,00% de umidade. Valor esse próximo ao valor médio descrito na NBR 7190 de 165,0 kgf/cm², para madeiras de folhosas do gênero.

Observam-se na Tabela 03, os resultados requeridos e obtidos no ensaio flexão estática destrutivo, e o respectivo Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR).

Tabela 03: Ensaio flexão estática destrutivo o respectivo Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR).

CP	Largura (cm)	Altura (cm)	Distância apoios	Fmax (kgf)	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)
1	3,09	3,08	66	295,4	998	133813
2	3,10	3,09	66	280,9	940	146774
3	3,10	3,10	66	330,1	1097	126625
4	3,10	3,05	66	304,6	1046	144251
5	3,10	3,10	66	353,1	1174	147542
6	3,09	3,11	66	317,0	1050	137129
7	3,02	3,10	66	194,0	662	97547
8	3,10	3,14	66	277,1	898	105345
9	2,97	3,10	66	351,2	1218	147370
10	3,06	3,11	66	321,7	1076	146299
11	3,10	3,16	66	285,3	912	125745
Média	3,07	3,10	66	300,94	1006,45	132585,45



Os valor médio encontrado do Modulo de Elasticidade (MOE), foi 132585,45 kgf/cm², a 12,00% de umidade, e o valor médio do Modulo de Ruptura (MOR) foi 1006,45 kgf/cm², estes valores estão próximos aos valores médios descritos na NBR 7190, que é de 139000,00 kgf/cm² e 1100,00 kgf/cm², MOE e MOR respectivamente, para madeiras de folhosas do gênero.

Na tabela 04, observa-se as três frequências obtidas, (f1,f2,f3) e sua média (fm), com o respectivo Modulo de Elasticidade (MOE) calculado.

Tabela 04: Cálculo do MOE pelo método do ensaio não-destrutivo utilizando ultrassom.

CP	f1,m1 (Hz)	f2,m1 (Hz)	f3,m1 (Hz)	fm (Hz)	MOR (kgf/cm2)	MOE (kgf/cm2)
1	2980	2974	2980	2978,0000	834	145017
2	3189	3196	3195	3193,3333	899	175375
3	2855	2863	2863	2860,3333	790	136976
4	3023	3016	3015	3018,0000	833	148192
5	3069	3070	3070	3069,6667	856	163714
6	3124	3124	3133	3127,0000	863	155783
7	2812	2812	2812	2812,0000	523	111557
8	2940	2939	2939	2939,3333	796	118808
9	3067	3047	3067	3060,3333	799	169572
10	3272	3273	3273	3272,6667	892	176372
11	3068	3069	3069	3068,6667	912	145867
Média					899,7	164723,3

Os valores médios encontrados do Modulo de Elasticidade (MOE) pelo método da ultrassom, foi 164723,3kgf/cm², a 12,00% de umidade, e o valor médio do Modulo de Ruptura (MOR) foi 899,7kgf/cm², estes valores estão distantes aos valores médios descritos na NBR 7190, que é de 139000,00 kgf/cm² e 1100,00 kgf/cm², MOE e MOR respectivamente, para madeiras de folhosas do gênero.

Em relação ao MOE e MOR, os valores encontrados estão consoantes aos observados por Vivian (2011), para a mesma espécie em questão, com 16045,6 e 124,5 MPa, respectivamente, para MOE e MOR.

Por meio das tabelas 3 e 4, pode-se verificar que o valor médio do módulo de elasticidade dinâmico (método do ultrassom) foi superior ao valor médio do módulo de elasticidade estático (ensaio de compressão), confirmando os resultados apresentados por Bodig e Jayne (1993).

Com os dados experimentais obtidos pelos ensaios destrutivos e não-destrutivos na madeira de Eucalyptus sp, foi feito a análise de variância para verificar se há diferença significativas entre o Modulo de Elasticidade (MOE) e Modulo de Ruptura (MOR) obtido pelos dois métodos em estudo, conforme Tabela 05 e 06.



Tabela 05: Tabela ANOVA, com dados dos (MOR) calculados pelo software GENES.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Probabilidade
A	21.435.468.764.092	1	21.435.468.764.092	5.69	0.027068*
B	753.449.719.909	20	3.767.248.599.545		
Total	96.780.440.755	21			

* Significativo a nível de 2% de probabilidade pelo teste F

Tabela 06: Tabela ANOVA, com dados dos (MOE) calculados pelo software GENES.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Probabilidade
A	2.531.636.364	1	2.531.636.364	0.1429	100.0
B	354.327.636.364	20	17.716.381.818		
Total	96.780.440.755	21			

Ns – não significativo pelo teste F

Observa-se com base na tabela 6 que o MOR obtido pelos dois métodos apresenta diferença significativa à nível de 2% de probabilidade pelo teste F, enquanto o MOE não apresentou diferença significativa, o que comprova que o método do ultrassom é uma boa alternativa para se determinar o MOE de amostras de madeira, no entanto, estudos complementares são necessários para melhor estimativa desses valores.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados e discutidos com relação à madeira de *Eucalyptus sp.* e referentes , ao Modulo de Elasticidade (MOE) e Modulo de Ruptura (MOR) obtidos através de ensaios destrutivos e não-destrutivos em madeira conclui-se que:

- A composição química da madeira em estudo, foi bastante satisfatórios e semelhantes aos descritos na literatura com pequenas variações nos teores, mas dentro dos níveis aceitáveis;

- O teor umidade dos corpos-de-provas estão dentro do estipulado pela norma para a execução dos ensios;

- A densidade aparente media, apresentou valores inferior aos encontrados em literatura, o que pode ser justificado pelo fato de estarmos trabalhando com uma árvore jovem com idade de 10 anos, uma vez que, é sabido que a relação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* tende a aumentar com a idade em consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição das larguras das células;

- O método ultrassom é uma importante ferramenta para inferência não-destrutiva do módulo de elasticidade da madeira.

- Apesar dos valores absolutos dos módulos de elasticidade obtidos pelos métodos destrutivo e não-destrutivo serem diferentes, o método ultrassom é eficiente por avaliar, de forma rápida e eficaz, as diferenças relativas à qualidade da madeira.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO.
Ensaios Não Destrutivos.

Disponível em: <http://www.abende.org.br/ensaios_ao_destrutivos.html>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190:** Projeto de estruturas de madeira. Anexo B – **Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas.** Rio de Janeiro, 1997.

BALLARIN, Adriano; NOGUEIRA, Marcelo. **Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *pinus taeda* por ultrassom,** Jaboticabal, v.25, n.2, p.291-299, maio/ago. 2005.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. **Mechanics of wood and wood composites.** Malabar: Krieger, 1993. 712p.

CARMO, A.P.T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto.** 1996. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

ENCICLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY. Ed. John Wiley & Sons. Ed.4, v. 25, 1998.

FOELKEL, C.E.B. **Qualidade da madeira.** Viçosa, CENIBRA, 1977, 60p.

HILLIS, W.E., Brown, A.G. **Eucalyptus for wood production.** Melbourn, CSIRO, 1978, 434p.

LIMA, T. G. **Variações no sentido radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Eucalyptus pilularis* Sm.** 1996. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

MORESCHI, J. C. Densidade. **Propriedades da Madeira.** 3. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. p. 8-24.

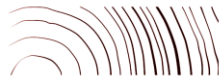
OLIVEIRA, J.T. da Silva; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO, M.F. **Varição do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto.** Revista Árvore, Viçosa, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo.** 2011. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

SHYMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. **Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp.** In: Congresso Anual de Celulose e Papel, 24., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo, ABTCP, 1991. p.178-183.

II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



STANGERLIN, Diego M.; GATTO, Darci A.; MELO, Rafael R.; CALEGARI, Leandro; VIVIAN, Magnos A.; CASTELO Patrícia A. R.; BELTRAME, Rafael. **Uso do ultrassom para estimativa das propriedades mecânicas da madeira de *peltophorum dubium***, Pelotas, v. 01, n. 02, p. 44-53, Jun./Nov. 2010. ISSN: 2177-6830.

STANGERLIN, Diego M.; CALEGARI, Leandro; SANTINI, Elio J.; DOMINGUES, João M. X.; GATTO, Darci A.; MELO, Rafael R. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não-destrutivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 3, n. 2, p. 145-150, abr./jun. 2008.

TRUGILHO, P.F., LIMA, J.T., e MORI, F.A. **Correlação canônica das características químicas e físicas de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. *Cerne*. p. 66-80, 2003.