

COMPORTAMENTO DA FLEXÃO DINÂMICA NA MADEIRA DE *Patagonula americana* L. E *Ocotea catharinensis* Mez.

Joel Telles de Souza<sup>1</sup>, Flávio Roberto Filipini<sup>2</sup>, Ronaldo Nogueira Guimarães Bortoluzi<sup>2</sup>,  
Rafael Beltrame<sup>3</sup>, Magnos Alan Vivian<sup>4</sup>, Walmir Marques de Menezes<sup>5</sup>

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo determinar a flexão dinâmica e comparar as espécies de *Patagonula americana* L. (Guajuvira) e *Ocotea catharinensis* Mez (Canela Preta), nos sentidos tangencial e radial avaliando, assim, os seus potenciais de utilizações em construção civil, fabricação de móveis, artigos esportivos, mastros, cabos de ferramentas, entre outros. Para isso, foram abatidas duas árvores de cada espécie e retirados os corpos de prova com dimensões de 2 x 2 x 30 cm (dimensão radial, tangencial e longitudinal) ao nível do DAP (diâmetro e altura do peito). Após a confecção das 20 amostras por árvores, foram submetidos aos ensaios de resistência ao impacto, utilizando-se um pêndulo de CHARPY de acordo com a norma DIN e AFNOR-IPT, descrita por Moreschi (2005). Para auxiliar na interpretação dos dados de resistência ao impacto, determinou-se a massa específica aparente a 12% de umidade. Com a análise dos resultados, pode verificar-se que, para todos os parâmetros obtidos (trabalho absorvido – W, coeficiente de resiliência – K e cota dinâmica – CD), houve diferenças significativas entre as espécies, mostrando que essas madeiras diferenciam-se entre si, quando se trata das propriedades de flexão dinâmica.

**Palavras-chave:** espécies florestais; resistência ao impacto; qualidade da madeira.

DYNAMIC BEHAVIOR OF BENDING IN WOOD *Patagonula americana* L. AND  
*Ocotea catharinensis* Mez.

**Abstract:** This study aimed to determine and compare the dynamic bending species *Patagonula americana* L. (Guajuvira) and *Ocotea catharinensis* Mez (Cinnamon Black), senses tangential

---

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, M.Sc., Professor dos cursos de Engenharia Florestal e Engenharia Bioenergética, UNOESC, <joeltelles@hotmail.com>.

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Florestal. Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), <flavioeffilipini@hotmail.com>, <nado\_ng@hotmail.com>.

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, M.Sc., Professor Assistente do Curso de Engenharia Industrial Madeireira, UFPel, <browbeltrame@yahoo.com.br>.

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), <magnosalan@yahoo.com.br>.

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), <walmirmenezessm@hotmail.com>.

and radial, thus evaluating their potential uses in construction, furniture, sporting goods, flagpoles, tool handles among others. For that were felled two trees of each species removed and the samples with dimensions of 2 x 2 x 30 cm (size radial, tangential and longitudinal), the level of DBH (diameter at breast height). After fabrication of the 20 samples per tree were submitted to tests of resistance to impact using a pendulum CHARPY according to DIN and AFNOR-IPT as described by Moreschi (2005). To assist in interpreting the data of impact resistance was determined bulk density at 12% moisture. With the analysis of results, it is found that, for all parameters obtained (absorbed work (W), resilience coefficient (K) and dynamic dimension (CD)), there were significant differences between species, showing that these timbers are differ from each other when it comes to dynamic bending properties.

**Keywords:** forest species; impact resistance; wood quality.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, com a grande demanda de materiais alternativos focando a sustentabilidade, a madeira vem ganhando grande espaço nesse segmento de mercado, uma vez que pode ser utilizada para os mais diversos fins.

O Brasil, pela sua localização privilegiada e seu clima temperado, propicia fatores edafoclimáticos adequados para a existência de inúmeras espécies arbóreas, muitas delas com grande potencial produtivo, e de madeiras de alta qualidade, fator que chama a atenção de pesquisadores para definir qual o melhor uso para essa matéria prima.

Segundo Lisboa et al. (1993), a correta utilização de um material está associada às suas características e está diretamente condicionada ao conhecimento das suas propriedades mecânicas, principalmente para fins estruturais. De acordo com Paes et al. (1995), a madeira não foge à regra, mostrando-se de grande importância o conhecimento de suas características, afim de prognosticar seu comportamento em diferentes utilizações.

Conforme Beltrame (2007), alguns fatores podem influenciar na resistência ao choque, dentre os quais podem ser citados: forma e dimensões das peças, inclinação da grã, massa específica, teor de umidade e propriedades anatômicas da madeira. A madeira merece especial destaque, devido à grande variabilidade das suas propriedades comparativamente às de outros materiais, da sua adequabilidade a inúmeras utilizações, além da enorme variedade de espécies existentes (LISBOA et al., 1993).

A flexão dinâmica é de grande importância para testar madeiras provenientes de diferentes espécies, pois, assim, consegue-se avaliar a capacidade do material em resistir a

impactos e, dessa forma, contribui para o conhecimento da qualidade e utilização futura desse material. A flexão dinâmica é definida como a capacidade de determinada peça resistir ao choque (impacto). Essa propriedade mecânica tem importância na vida prática, especialmente quando se utiliza a madeira como cabos de ferramentas, mastros, na construção de escadas, carrocerias, aeronaves e alguns determinados artigos esportivos (MORESCHI, 2005).

As propriedades mecânicas da madeira dependem principalmente de massa específica, composição química e anatômica, ângulo das microfibrilas, percentual de lenho juvenil, largura dos anéis de crescimento, inclinação da grã, dentre outros (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980).

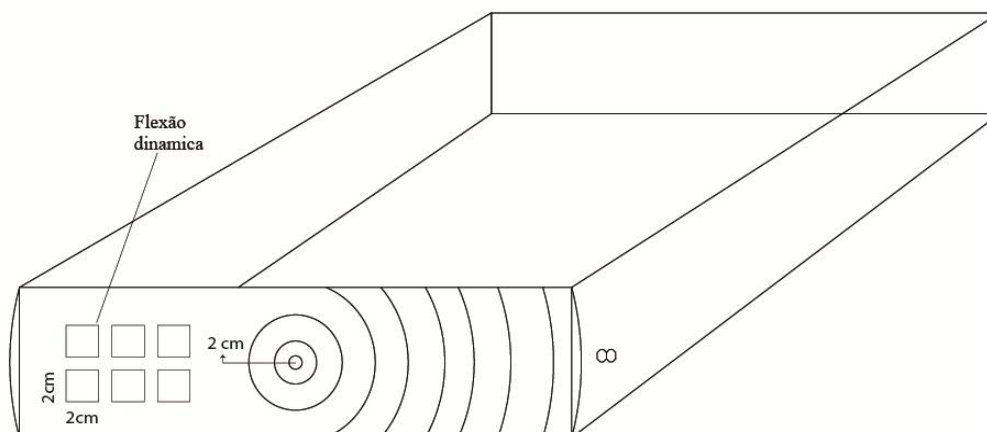
De acordo com Lobão et al. (2004), a madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas ao desempenho de funções específicas e existindo grandes variações entre as espécies. Assim, vários estudos têm sido realizados visando identificar quais os fatores que afetam as propriedades mecânicas da madeira e os que podem ser inerentes ao próprio material ou ao ambiente onde as árvores se desenvolveram.

Nesse contexto, objetivou-se determinar a flexão dinâmica de Guajuvira (*Patagonula americana*) e de Canela Preta (*Ocotea catharinensis*), recomendando a sua melhor aplicação no mercado de produtos florestais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho é proveniente de duas árvores da espécie *Patagonula americana* L.(Guajuvira) e de duas *Ocotea catharinensis* Mez (Canela-preta), com 25 anos de idade, abatidas numa propriedade rural no município de Xanxerê no Estado de Santa Catarina, entre as coordenadas 26°53'59''(S) e 52°22'7''(W), com altitude de 800m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, que corresponde a um clima mesotérmico úmido. A temperatura média anual é de 17° C com precipitações médias anuais de 2002,5 mm.

As árvores foram seccionadas em toras, a partir do DAP (diâmetro à altura do peito) até 4 m de altura, sendo desdobradas em pranchões centrais de aproximadamente 8 cm de espessura, em seguida transportada para a marcenaria da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC). Para a confecção dos corpos de prova no teste de flexão dinâmica utilizou-se a norma NF B51-009 (NFA, 1942) de acordo com a Figura 1. Os corpos de prova, com dimensões de 2 x 2 x 30 cm (dimensão radial, tangencial e longitudinal), respectivamente, foram retirados a partir da medula, descontando 2 cm para cada lado, enumerados de acordo com espécie e posição.



**Figura 1.** Pranchão retirado da árvore, demonstrando o desconto de 2 cm a partir da medula, e as dimensões dos corpos de prova obtidos para o teste de flexão dinâmica.

**Figure 1.** Board removed from the tree, showing the discount of 2 cm from the core, and the samples dimensions for the dynamic bending test.

De cada árvore, foram retirados 20 corpos de prova, totalizando um total de 40 peças para cada espécie. Após a obtenção dos corpos de prova, estes foram levados para o laboratório de produtos florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sendo armazenados em câmara climatizada na condição de 20°C e 65% de umidade relativa, onde permaneceram até atingirem o equilíbrio higroscópico a um teor de umidade correspondente a 12%.

Para determinação da massa específica aparente os corpos de prova foram pesados em balança analítica de precisão 0,01 g e mensurados com o uso de um paquímetro digital para determinação de seu volume (método estereométrico). Com esses dados e através da Equação 1, calculou-se a massa específica aparente correspondente ao teor de 12% de umidade.

$$MEA = \frac{P_{12\%}}{V_{12\%}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: MEA 12% = massa específica aparente a 12% de umidade (g/cm<sup>3</sup>); p = peso ou massa a 12% de umidade (g); v = volume a 12% de umidade (cm<sup>3</sup>).

Para a realização dos testes de flexão dinâmica, os corpos de prova das madeiras de Guajuvira e Canela-preta foram ensaiados em um Pêndulo de CHARPY (Figura 2). Os corpos de prova foram submetidos ao impacto na sua região central, no vão de 24 cm da máquina.



**Figura 2.** Pêndulo de CHARPY utilizado no teste.

**Figure 2.** Pendulum of CHARPY used in the test.

Após a queda do pêndulo, ocorre o impacto com a amostra, obtendo-se o trabalho absorvido (W) em Joule, na escala graduada da máquina. Para facilidade de cálculos, transformou-se o trabalho absorvido de Joule em kgm através da relação: 1 Joule = 0,102 kgm.

Obtidos os resultados do trabalho absorvido (W) para romper os corpos de prova, foram calculados o coeficiente de resiliência e a cota dinâmica, conforme descrito por Moreschi (2005).

Para o cálculo do coeficiente de resiliência (K) utilizou-se a Equação 2.

$$K = \frac{W}{b \cdot h^{10/6}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: K = coeficiente de resiliência (Kgm/cm<sup>2</sup>); W = trabalho absorvido para romper o corpo de prova (Kgm); b e h = aresta da seção transversal do corpo de prova (cm).

A cota dinâmica é um valor calculado segundo a Norma AFNOR com a finalidade de comparar diferentes madeiras, mas com correção para que a influência causada pela variação em massa específica entre espécies seja eliminada (MORESCHI, 2005).

Para o cálculo da cota dinâmica utilizou-se a Equação 3.

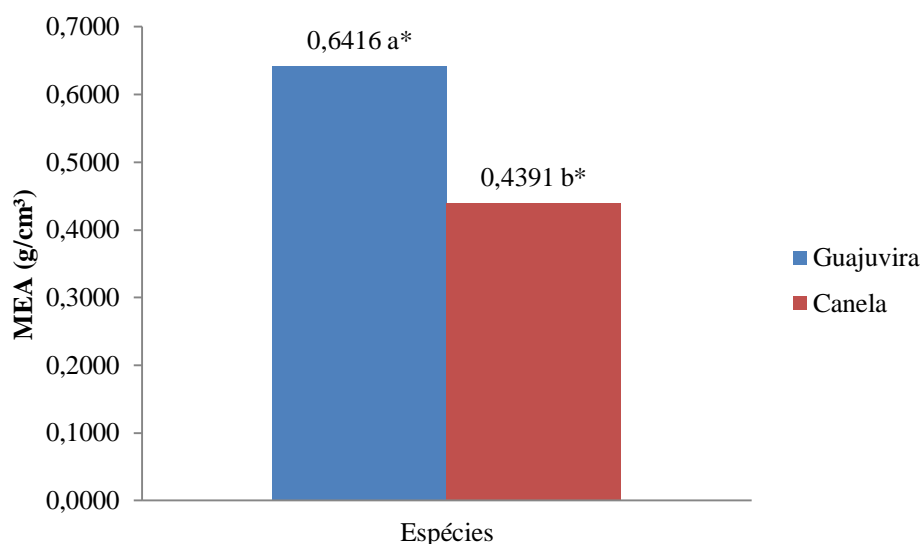
$$CD = \frac{K}{MEA} \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: CD = cota dinâmica (kgf.cm/g); K = coeficiente de resiliência (Kgm/cm<sup>2</sup>); MEA = massa específica aparente (g/cm<sup>3</sup>).

Para avaliar o comportamento da resistência ao impacto da madeira de *Patagonulus americana* e *Ocotea catharinensis*, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote estatístico Statgraphic Plus.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, estão apresentados os valores médios encontrados para a massa específica aparente (MEA) referente às espécies estudadas.



**Figura 3.** Valores médios de massa específica aparente da madeira de *Patagonulus americana* e *Ocotea catharinensis*. \* Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade de erro; teste de médias (LSD = Least Significant Difference).

**Figure 3.** Mean values for specific gravity of *Patagonulus americana* and *Ocotea catharinensis* wood. \* Means followed by the same letter in each column do not differ significantly at 5% probability of error; test (LSD = Least Significant Difference).

Através da análise estatística, comprovou-se que há diferença significativa para a massa específica aparente (MEA) em nível 5% de probabilidade de erro, entre as espécies *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*, em que o *Patagonula americana* apresentou a maior média 0,6464 g/cm<sup>3</sup> e a *Ocotea catharinensis* menor média 0,4931 g/cm<sup>3</sup>.

Comparando os resultados encontrados para ambas espécies, com a classificação de Carvalho (1996), a madeira da Guajuvira é considerada como moderadamente pesada, e a madeira de canela-preta considerada madeira leve.

Na Tabela 1, são apresentadas as médias do trabalho absorvido (W) das madeiras de *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*, as quais diferiram estatisticamente em nível  $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro e  $\text{Prob.}>F = 0,0000$ .

**Tabela 1.** Comparação de médias do parâmetro trabalho absorvido dos corpos de prova das espécies *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*.

**Table 1.** Comparison of mean parameter work absorbed for the sample test species *Patagonula americana* and *Ocotea catharinensis*.

Espécies <sup>1</sup>	W (kgm) <sup>2</sup>
Guajuvira	4,74 a <sup>3</sup>
Canela	1,53 b

<sup>1</sup> Espécies utilizadas na pesquisa; <sup>2</sup>W = trabalho absorvido (kgm); <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade de erro; teste de médias (LSD = Least Significant Difference).

Cademartori et al. (2008), em estudo de características físicas e mecânicas do pessegueiro-bravo, encontraram valores para trabalho absorvido (W) de 3,3 kgm. Mainieri; Chimelo (1989), em estudo de resistência ao impacto para a espécie *Araucaria angustifolia*, encontrou valores para o trabalho absorvido (W) de 1,50 kgm, valor muito próximo ao trabalho absorvido da canela-preta.

Beltrame et al. (2012) encontraram valores para a espécie de noqueira-pecã de 2,90 kgm. Comparando a madeira de canela-preta com essas espécies, observa-se inferioridade dessa espécie em relação às demais, demonstrando a baixa absorção da força aplicada sobre ela, quando submetida a grandes impactos e vibrações.

Na Tabela 2, são apresentadas as médias do coeficiente de resiliência (K) das madeiras de *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*, as quais diferiram estatisticamente em nível  $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro.

**Tabela 2:** Comparação de médias do parâmetro coeficiente de resiliência (K) dos corpos de prova das espécies *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*.

**Table 2.** Comparison of mean parameter coefficient of resilience (K) of the sample the *Patagonula americana* species and *Ocotea catharinensis*.

Espécies <sup>1</sup>	K (kgm/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
Guajuvira	0,72 a <sup>3</sup>
Canela	0,23 b

<sup>1</sup> Espécies utilizadas na pesquisa; <sup>2</sup> K = coeficiente de resiliência, em kgm/cm<sup>2</sup>; <sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade de erro; teste de médias (LSD = Least Significant Difference).

Stangerlin et al. (2008a), em estudo com três espécies de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna*), encontraram para o coeficiente de resiliência valores máximos de 0,34808 e 0,32988 kgm/cm<sup>2</sup> e valores mínimos de 0,05596 e 0,05047 kgm/cm<sup>2</sup>, nos sentidos tangencial e radial, respectivamente. Ao comparar o presente estudo com as espécies de Eucalipto citadas anteriormente, evidencia-se que a madeira da guajuvira é mais elástica e flexível, sendo mais resistente ao choque.

De acordo, com Beltrame et al. (2010), valores médios do coeficiente de resiliência para a madeira de açoita – cavalo são de 0,0419 kgm/cm<sup>2</sup>.

Na Tabela 3, são apresentadas as médias da cota dinâmica (CD) das madeiras de *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*, as quais diferiram estatisticamente em nível  $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro.

**Tabela 3.** Comparação de médias do parâmetro cota dinâmica dos corpos de prova das espécies *Patagonula americana* e *Ocotea catharinensis*.

**Table 3.** Comparison of average dimension of the parameter dynamics of the samples the *Patagonula americana* species and *Ocotea catharinensis*.

Espécies <sup>1</sup>	CD (kgm.cm/g) <sup>2</sup>
Guajuvira	1.68 a <sup>3</sup>
Canela	1.17 b

<sup>1</sup> Espécies utilizadas na pesquisa; <sup>2</sup> CD = Cota dinâmica (kgm.cm/g); <sup>3</sup> Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade de erro; teste de médias (LSD = Least Significant Difference).

Stangerlin et al. (2008b), em estudo com três espécies (*Eucalyptus grandis*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*), encontraram valores máximos para o parâmetro cota dinâmica de 0,557 kgm.cm/g, 0,460 kgm.cm/g, e valores mínimos de 0,492 kgm.cm/g, 0,394 kgm.cm/g nos sentidos tangencial e radial, respectivamente. Ao comparar com as madeiras



usadas neste estudo, fica evidente a inferioridade das espécies de eucalipto no parâmetro cota dinâmica.

Carvalho (1996) classificou as madeiras com cota dinâmica superior a 1,22 kgm.cm/g, como resiliente, o que permite concluir que a madeira de Guajuvira enquadra-se como madeira resistente ao impacto, e a madeira de canela-preta como uma madeira de baixa resistência a choques violentos, pois apresenta valores abaixo de 1,22 kgm.cm/g.

Pedroso; Mattos (1987), em estudo realizado com diversas espécies no estado do Rio Grande do Sul, encontraram para a caúna (*Ilex pseudobuxus*), com massa específica aparente a 15% de umidade de 0,75 g/cm<sup>3</sup>, valores médios para W, K e CD de 4,2 kgf, 0,65 kgf/cm<sup>2</sup> e 1,23, respectivamente, demonstrando a semelhança das características entre as espécies.

#### 4 CONCLUSÕES

A madeira de Guajuvira é mais resistente do que a madeira de canela-preta quando submetida a grandes impactos.

Houve relação entre as variáveis estudadas (W, K, e CD) e a massa específica aparente, mostrando que quanto maior é a massa específica aparente, maior é a resistência ao impacto da madeira.

A madeira de *Patagonula americana* foi superior à madeira de *Ocotea catharinensis* em todos os parâmetros da flexão dinâmica analisados, sendo superior também a outras espécies citadas na literatura consultada, indicando que a espécie é muito resistente a choques violentos, podendo ser utilizada na construção civil, sendo ideal para cabos de ferramentas e materiais esportivos. Já a espécie *Ocotea catharinensis*, pode ser utilizada para materiais que sofram menos impactos, como móveis, cabos de facas, painéis e paredes internas.

No entanto, recomenda-se a realização de mais alguns estudos referentes a outras propriedades mecânicas das duas espécies, como teste de cisalhamento e módulo de ruptura.

#### 5 REFERÊNCIAS

BELTRAME, R. **Determinação da resistência ao choque para madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus x acerifolia*.** 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

BELTRAME, R. Resistência ao impacto da madeira de Nogueira-pecã em diferentes condições de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1583-1587, set, 2012.

BELTRAME, R.; GATTO, D.A.; MODES, K.S.; STANGERLIN, D.M.; TREVISAN, R.; HASELEIN, C.R. Resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo em diferentes condições de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 499-504, out./dez. 2010.

CADEMATORI, P.H.G.; GATTO, D.A.; ARALDI, D.B.; STANGERLIN, D.M.; MELO, R.R.; BELTRAME, R. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Prunus sellowii* Koehne oriunda de floresta nativa. In: XVII Congresso de Iniciação científica. X Encontro de pós-graduação. **Anais...** Novembro de 2008. Pelotas, Rio Grande do Sul.p.1-4.

CARVALHO, A. Escola Superior de Tecnologia de Viseu - **Estrutura Anatômica, Propriedades, Utilizações**. Vol. I, Instituto Florestal, 1996. Disponível em: <[http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/jqomarcelo/Tim3/tim3\\_TP1\\_Na2.pdf](http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/jqomarcelo/Tim3/tim3_TP1_Na2.pdf)> Acesso em: 25 de julho de 2009.

LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L. M.; MELO, J. E. Amostragem e Propriedades Físico-Mecânicas de Madeiras Amazônicas. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Brasília: **IBAMA**, 1993.

LOBÃO, M.S.; LÚCIA, R.M.D.; MOREIRA, M.S.S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.

L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION - NFA. Norme française, bois essai de choc ou flexion dynamique. NF B51-009. Paris, 1942. 3p

MORESCHI, J. C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira** - Manual Didático 2005 (Apostila).

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

PEDROSO, O.; MATTOS, J. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Ataliba Paz, Porto Alegre, RS, 181p. 1987.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology**.4.ed. New York: Mc. Graw Hill, 1980. 722p.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; SILVA, J. M. **Variação Longitudinal e radial da densidade básica da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* D.C.)**. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 5, Belo Horizonte - MG, p.225-234, 1995.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; BELTRAME, R.; TREVISAN, R.; CALEGARI, L. Qualificação das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna* através da resistência ao choque. In: XVI congresso de iniciação científica, pesquisa e responsabilidade ambiental. Pelotas, Rio Grande do Sul. **Anais...** 2008a. Ufpel, Pelotas Rio Grande do Sul. p.1-5.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R.R.; DOMINGUES, J.M.X.; TREVISAN, R.; GATTO, D.A.; MULLER, M.T.; CALEGARI, L. Determinação da Resistência ao Impacto para as Madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*. In: XI Encontro brasileiro em madeira e estruturas de madeira, 14, Londrina, **Anais...** 2008b.