



CERNE

ISSN: 0104-7760

cerne@dcf.ufla.br

Universidade Federal de Lavras

Brasil

Beltrame, Rafael; Gatto, Darci Alberto; Soares Modes, Karina; Martins Stangerlin, Diego; Trevisan, Rômulo; Haselein, Clovis Roberto  
RESISTÊNCIA AO IMPACTO DA MADEIRA DE AÇOITA-CAVALO EM DIFERENTES CONDIÇÕES  
DE UMIDADE  
CERNE, vol. 16, núm. 4, outubro-diciembre, 2010, pp. 499-504  
Universidade Federal de Lavras  
Lavras, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74418613009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## RESISTÊNCIA AO IMPACTO DA MADEIRA DE AÇOITA-CAVALO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE

Rafael Beltrame<sup>1</sup>, Darci Alberto Gatto<sup>2</sup>, Karina Soares Modes<sup>1</sup>, Diego Martins Stangerlin<sup>3</sup>,  
Rômulo Trevisan<sup>4</sup>, Clovis Roberto Haselein<sup>5</sup>

(recebido: 12 de agosto de 2009; aceito: 29 de julho de 2010)

**RESUMO:** Neste estudo, objetivou-se comparar a resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. et Zucc Mart.) ensaiada em condições de equilíbrio a 12% de umidade e saturada em água. Para tanto, foram utilizadas árvores procedentes de duas regiões fisiográficas do estado do Rio Grande do Sul. Os corpos-de-prova foram submetidos ao impacto, utilizando-se pêndulo de Charpy e avaliados quanto à resistência oferecida à aplicação da carga nos planos radial e tangencial e nas posições de retirada (medula - casca) das toras, para as duas regiões fisiográficas em cada condição de umidade. Para auxiliar na interpretação dos dados determinou-se a densidade aparente a 12% e saturada, teor de umidade, trabalho absorvido, resistência ao impacto, coeficiente de resiliência e a cota dinâmica. Os resultados evidenciaram que a madeira de açoita-cavalo testada na condição saturada apresentou maior resistência, indicando que a espécie é mais resistente ao impacto quando verde, absorvendo grande parte da força aplicada sobre ela, quando comparada a resistência a 12% de umidade.

Palavras-chave: Flexão dinâmica, qualidade da madeira, madeira saturada.

### IMPACT STRENGTH OF *Luehea divaricata* WOOD ON DIFFERENT MOISTURE CONDITIONS

**ABSTRACT:** This study aimed to compare the impact strength of *Luehea divaricata* wood tested under conditions of equilibrium at 12% and saturated moisture content. Trees from two different physiographic regions of Rio Grande do Sul state were used. The specimens were submitted to the impact using a pendulum of Charpy and evaluated with relationship to the resistance offered to the application of the load in the radial and tangential plans and with the positions in the log (pith - bark) for the two physiographic regions at each moisture condition. Also the specific gravity at 12% moisture content and in saturated conditions, the moisture content, the work absorbed, the impact strength, coefficient of resilience and dynamic quota were determined. The results showed that the wood of *Luehea divaricata* in saturated condition, presented greater strength, indicating that the specie is more resistant to the impact when it is green than when it is at 12% moisture content.

Key words: Dynamic bending, wood quality, saturated wood.

## 1 INTRODUÇÃO

A eficiente utilização de um material, principalmente para fins estruturais, está condicionada ao conhecimento de suas propriedades físico-mecânicas, tanto no que se refere aos aspectos de segurança, quanto aos de economicidade. Dessa forma, a madeira merece especial destaque, em razão da grande variabilidade que suas propriedades apresentam em comparação com as de outros materiais, da sua adequabilidade a inúmeras utilizações e da enorme variedade de espécies existentes (LISBOA et al., 1993).

Para Oliveira & Sales (2001), os avanços tecnológicos têm permitido melhorar o aproveitamento da madeira e de seus derivados, criando novos produtos e ampliando sua aplicação. Dependendo do uso futuro de uma determinada peça de madeira, essa deverá ser capaz de suportar algumas condições adversas como uma sobrecarga ou eventual impacto.

A flexão dinâmica é uma importante propriedade mecânica da madeira e seu estudo possibilita a determinação da capacidade de resistência ao impacto e, assim, determinar suas possíveis formas de uso. No entanto, a

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria – 97105-900 – Santa Maria, RS – browbeltrame@yahoo.com.br, ksmodes@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, Professor Doutor em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Pelotas – Cx. P. 354 – 96.010-900 – Pelotas, RS – darcigatto@yahoo.com

<sup>3</sup>Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Florestais – Universidade de Brasília – SQS 406, Bloco A, apto. 306, Asa Sul – 70255-010 – Brasília, DF – diego\_stangerlin@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Engenheiro Florestal, Professor Doutor em Engenharia Florestal – Centro de Educação Superior Norte-RS/CESNORS – Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – 98400-000 – Frederico Westphalen, RS – trevisanr@smail.ufsm.br

<sup>5</sup>Engenheiro Florestal, Professor Doutor em Produtos Florestais – Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Santa Maria – 97105-900 – Santa Maria, RS – haseleic@ccr.ufsm.br

resistência ao impacto de um corpo sólido depende diretamente de sua capacidade em absorver energia e dissipá-la por meio de deformações. Alguns fatores podem influenciar na resistência ao impacto, tais como, a forma e as dimensões dos corpos-de-prova, os ângulos das fibras, a massa específica, o teor de umidade, a temperatura e as propriedades anatômicas da madeira (MORESCHI, 2005).

De acordo com Lahr (1999), o teor de umidade da madeira modifica substancialmente os valores de resistência mecânica das madeiras. Ao comparar a resistência de espécies, ou peças, a uma determinada solitação, é necessário estabelecer-se um teor de umidade de referência, pois uma espécie de menor resistência, com baixo teor de umidade, pode aparentar maior resistência que uma espécie sabidamente mais resistente, porém com elevado teor de umidade (LOGSDON & CALIL, 2002).

Em geral, a resistência mecânica das madeiras aumenta à medida que diminui o teor de umidade, em razão do adensamento e rigidez das paredes celulares e ao aumento do material lenhoso por unidade de volume, causada pela perda de água. Essa condição não se aplica para testes de flexão dinâmica em que a resistência mecânica da madeira livre de defeitos não aumenta à medida que diminui o teor de umidade, pois a madeira verde absorve maior energia em relação à madeira seca, embora a resistência máxima alcançada seja menor (ECHENIQUE & ROBLES, 1993).

Para Christiansen (1997), as variações dos teores de umidade na madeira podem causar grandes influências sobre sua resistência mecânica. Também concluiu que as variações encontradas em relação à resistência das madeiras não são atribuídas somente ao teor de umidade, mas sim a diversos fatores intrínsecos desta.

A madeira de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. et Zucc Mart.) possui densidade básica de 0,64 g/cm<sup>3</sup> à umidade de 15%, portanto, moderadamente densa, de boa aparência, com resistência mecânica variando entre média e baixa, é indicada para confecções de estruturas de móveis, caixas, embalagens, artefatos de madeira, peças torneadas, salto para calçados, construção civil como ripas, molduras e fabricação de coronhas de armas (REITZ et al., 1988; RIZZINI, 1995). Em consequência de seu amplo uso, o estudo de seu comportamento sob condições extremas de umidade é necessário para predição de sua qualidade, quando em condições de uso que exijam grande resistência mecânica, visto que a maioria das propriedades sofre alterações de valores absolutos com as variações de umidade.

Diante do exposto, neste estudo, objetivou-se comparar a resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) em duas condições de umidade: a 12% e saturada em água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do material selecionado

Considerando que a norma brasileira NBR 7190, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997), não prevê amostragem por espécies, mas apenas para lotes de madeira serrada, foram utilizadas as recomendações da Comissão Panamericana de Normas Técnicas - COPANT (1971) e a norma D 5536-94, da American Society for Testing and Materials - ASTM (1995).

Para o estudo, foram amostradas ao acaso, dez árvores adultas da espécie *Luehea divaricata*, cinco provenientes da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul – Região 1 e as outras cinco da Depressão Central – Região 2.

De cada árvore colhida, retirou-se uma tora de 3 m, da qual se confeccionou um pranchão central, de 80 mm de espessura com a medula incluída e bem orientada. Todo o material foi transportado para o Laboratório de Produtos Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, onde os pranchões foram gradeados em local arejado para uma secagem lenta. Depois de secos, a espessura dos pranchões foi reduzida de 80 para 60 mm cm por meio de uma plaina desengrossadeira. Em seguida, foram confeccionados oito corpos-de-prova, quatro próximos à casca (lenho adulto), e quatro próximos à medula (lenho juvenil) com dimensões de 20 mm x 20 mm x 300 mm, totalizando 80 corpos-de-prova para a realização dos ensaios.

Os 80 corpos-de-prova foram acondicionados em uma câmara climatizada nas condições de (20±2)°C de temperatura e (65±5)% de umidade relativa até atingirem umidade de equilíbrio em torno de 12%. Após a climatização (30 dias), 40 corpos-de-prova, (20 lenho juvenil e 20 lenho adulto) foram submersos em um recipiente com água, até atingirem a condição saturada.

### 2.2 Determinação da densidade aparente

Os corpos-de-prova a 12% de umidade e saturados foram pesados em balança analítica de precisão 0,01g e, posteriormente, mensuradas suas dimensões com o uso de um paquímetro digital para determinação de seu volume

(método estereométrico). De posse desses dados, pode-se calcular a densidade aparente correspondente ao teor de 12% de umidade e saturado, conforme Durlo (1991).

### 2.3 Procedimentos para os ensaios de flexão dinâmica

Para a realização dos testes de resistência ao impacto (flexão dinâmica) foi utilizado um pêndulo de CHARPY com capacidade de 100 Joules. Os corpos-de-prova foram testados quanto aos sentidos da resistência ao impacto, radial e tangencial (Figura 1a), e posições de retirada (próxima à medula e próxima à casca) das duas regiões fisiográficas para as condições de umidade a 12% e saturada.

Os corpos-de-prova foram colocados no vão da máquina de 240 mm e atingidos em sua região central pelo pêndulo (Figura 1b). Após a queda do pêndulo, de uma altura de 1m, ocorre o impacto com o corpo-de-prova, obtendo-se o trabalho absorvido (W), que causa a fratura do corpo-de-prova, em Joules, constatado na leitura da escala graduada. Em alguns cálculos, transformou-se o trabalho absorvido de kgf.m para Joule, usando a relação  $1\text{kgf.m} = 10^{-1}\text{J}$ .

Obtido o trabalho absorvido (W), foi possível calcular a resistência ao impacto (Equação 1), definida pela NBR 7190 da ABNT (1997).

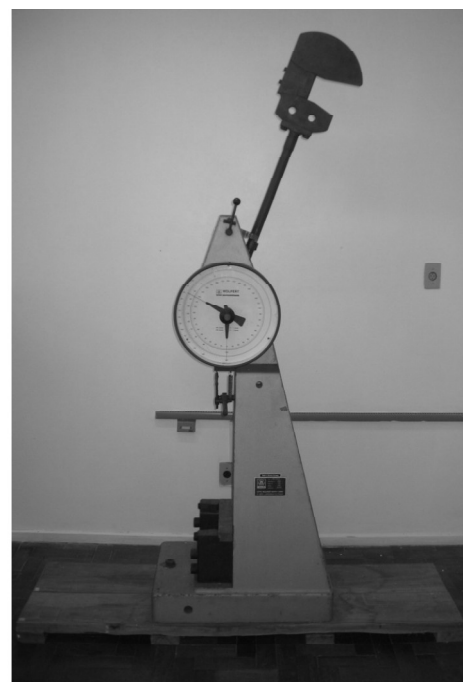
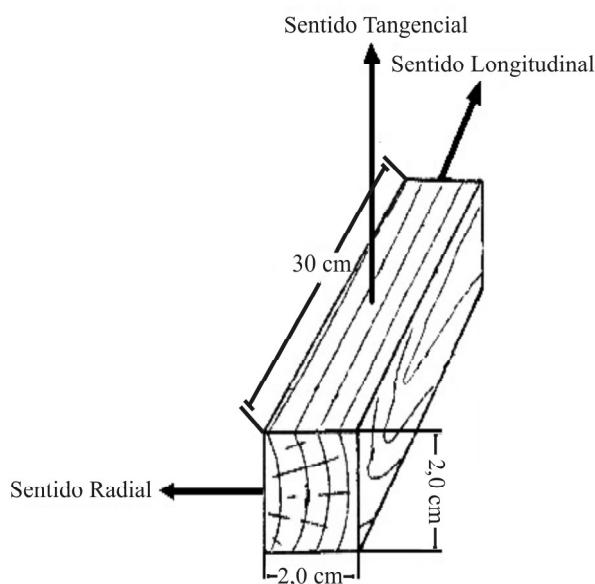
$$f_{bw} = \frac{1000.W}{b.h} \quad (1)$$

em que:  $f_{bw}$  = resistência ao impacto, em  $\text{KJ/m}^2$ ; W = energia necessária para fraturar o corpo-de-prova (trabalho absorvido), em Joules (J); b e h = dimensões transversais do corpo-de-prova (mm).

Considerando a necessidade de comparar valores, obtidos por meio de outros instrumentos normativos, com os deste trabalho, também foi calculado o coeficiente de resiliência (Equação 2) para fins práticos, segundo a Norma NF B51-009 da Association Francaise de Normalization - AFN (1942):

$$K = \frac{W}{100.b.(h^{\frac{10}{6}})} \quad (2)$$

em que: K = coeficiente de resiliência ( $\text{MPa.m}$ ); W = trabalho absorvido para romper o corpo-de-prova (J); b e h = dimensões transversais do corpo-de-prova (cm).



**Figura 1** – Representação dos corpos-de-prova obtidos (a) e o pêndulo de Charpy (b) utilizado no teste.

**Figure 1** – Representation of the obtained specimen (a) and the Charpy pendulum (b) used in the test.

A cota dinâmica (Equação 3) é outro valor a ser calculado, com a finalidade de comparar diferentes madeiras, mas com correção para que a influência causada pela variação da densidade aparente entre espécies seja eliminada (MORESCHI, 2005).

$$CD = \frac{10 \cdot K}{\rho_{ap}^2} \quad (3)$$

em que: CD = cota dinâmica; K = coeficiente de resiliência (MPa.m);  $\rho_{ap}$  = densidade aparente (g/cm³).

#### 2.4 Determinação dos teores de umidade

Posterior à realização dos testes de flexão dinâmica, amostras laterais de 50 mm retiradas dos corpos-de-prova na condição a 12% de umidade e saturados foram pesadas e colocadas em estufa a  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$  até atingirem massa constante. De posse desses valores, calculou-se o teor de umidade da madeira.

#### 2.5 Análise estatística dos dados

Para o estudo do comportamento da flexão dinâmica, os dados foram submetidos à análise de variância com posterior comparação por teste de médias (LSD - Fischer,  $p > 0,05$ ) utilizando o pacote estatístico Statgraphics Plus.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as médias da densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ), do trabalho absorvido (W), da resistência ao impacto ( $f_{bw}$ ), do coeficiente de resiliência (K) e da cota dinâmica (CD) da madeira de acoita-cavalo a 12% de umidade e saturada em água.

Analisando os resultados, pode-se verificar que a madeira de acoita-cavalo na condição saturada apresentou as maiores médias para  $\rho_{ap}$ , W e  $f_{bw}$  indicando ser mais resistente ao impacto, absorvendo grande parte da força

aplicada sobre ela. Já, os valores de K foram estatisticamente iguais para ambas as condições; e a CD foi superior para a condição de 12 % de umidade já que esta é inversamente proporcional à densidade aparente.

Pedroso & Matos (1987) em estudo realizado com a espécie de acoita-cavalo procedente de Cruz Alta – RS, com  $\rho_{ap}$  (15% de umidade) de 0,67 g/cm³, encontraram valores médios para o W de 3,40 kgf.m (34,0 J) que acarretaria em  $f_{bw}$  de aproximadamente 85 KJ/m², K de 0,54 kgf.m/cm² (0,054 MPa.m) e valores de CD de 1,30. Verifica-se, portanto, que os resultados obtidos pelo autor para o W e, em consequência, para o  $f_{bw}$  aproximam-se dos encontrados no estudo para a condição saturada. Já, os valores do K e CD para as duas condições de umidade encontram-se inferiores aos valores citados pelo autor.

Da mesma forma, Mainieri & Chimelo (1989) testando também a madeira de acoita-cavalo, porém procedente de São Paulo – SP obtiveram um W de 3,25 kgf.m (32,5 J), que acarretaria em um  $f_{bw}$  de aproximadamente 81,25 KJ/m², K de 0,52 kgf.m/cm² (0,052 MPa.m) classificado como médio, e CD de 1,30, sendo essa classificada como alta. A  $\rho_{ap}$  (15% de umidade) de 0,64 g/cm³ foi considerada como moderadamente pesada, sendo que o K e a CD foram superiores ao encontrado no presente estudo para as condições de umidade de 12% e saturada.

Considerando valores de CD superiores a 1,2 para uma madeira resiliente (CARVALHO, 1996), ou seja, altamente resistente ao impacto, nenhuma das condições de umidade do estudo apresentou valores superiores ao descrito pela classificação do autor.

Pazos et al. (2003) em estudo de resistência ao impacto para madeiras de *Cedrela odorata*, com densidade básica de 0,34 g/cm³, em condições secas e verdes, obteve valores inferiores quando comparada com as variáveis apresentadas na Tabela 1. O mesmo autor cita que a espécie *Lysiloma bahamensis*, com

**Tabela 1** – Comparação de médias dos parâmetros observados para as condições de umidade a 12% e saturada.

**Table 1** – Average comparison of the observed parameters for the conditions of humidity at 12% and saturated moisture content.

Condição	Parâmetros observados				
	$\rho_{ap}$ (g/cm³)	W (J)	$f_{bw}$ (KJ/m²)	K (MPa.m)	CD
12% umidade	0,628 b	28,87 b	67,07 b	0,0419 a	1,053 a
Saturado	1,076 a	37,03 a	85,88 a	0,0488 a	0,427 b

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste LSD = Least Significant Difference ao nível de 5% de significância. Em que:  $\rho_{ap}$ : densidade aparente; W: trabalho Absorvido;  $f_{bw}$ : resistência ao impacto; K: coeficiente de resiliência; CD: cota dinâmica.

densidade básica de 0,62 g/cm<sup>3</sup> considerada como média, apresentou valores, respectivamente para a madeira seca e verde, de: 4,175 kgf.m (41,75 J) e 4,675 kgf.m (46,75 J) para o W, o que corresponde a aproximadamente 104,38 KJ/m<sup>2</sup> e 116,88 KJ/m<sup>2</sup> para o  $f_{bw}$ ; 0,658 kgf.m (0,0658 MPa.m) e 0,716 kgf.m (0,0716 MPa.m) para o K e 1,214 e 0,623 para a CD, obtendo uma maior resistência ao impacto da madeira na condição verde em relação a condição seca, concordando com os resultados desta pesquisa onde a madeira de açoita-cavalo, na condição saturada, também apresentou-se como mais resistente ao impacto quando comparada à madeira seca ao ar (12% de umidade).

Os resultados evidenciam que a madeira de açoita-cavalo quando comparada a outras espécies já estudadas apresenta uma resistência ao impacto variando de baixa a média intensidade para as duas condições de umidade do estudo.

Na Tabela 2, são apresentadas as médias para a densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ), trabalho absorvido (W), resistência ao impacto ( $f_{bw}$ ), coeficiente de resiliência (K) e a cota dinâmica (CD) para a madeira de açoita-cavalo em relação às regiões Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul (Região 1) e Depressão Central (Região 2), posições (medula e casca) e sentidos (tangencial e radial).

Foi realizada uma comparação de médias entre os tratamentos: duas Regiões, posição (medula e casca) e sentidos (tangencial e radial) nas condições de 12% de umidade e saturada.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que não houve diferença significativa para  $\rho_{ap}$  nas duas condições de umidade em relação às Regiões, posição e sentido da madeira de açoita-cavalo.

Em relação ao W,  $f_{bw}$ , K e CD obteve-se diferença significativa apenas para a variável Região, onde a Região 1 (Encosta Superior do Nordeste) apresentou as maiores médias, tanto na condição a 12% de umidade, quanto na saturada, demonstrando que a espécie pode sofrer grandes influências pelos efeitos produzidos pelo clima, solo, sítio e tipo de manejo sobre as propriedades em estudo.

Valores encontrados por Beltrame et al. (2008), para o *Platanus x acerifolia* nas posições medula e casca em testes de resistência ao impacto, foram inferiores aos valores obtidos para espécie do presente estudo na condição de 12% de umidade. Já Stangerlin et al. (2008), ao analisar o sentido de resistência ao impacto (tangencial e radial) para a espécie de *Eucalyptus dunnii*, obtiveram uma maior resistência ao impacto no sentido radial.

**Tabela 2** – Valores médios da densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ), trabalho absorvido (W), resistência ao impacto ( $f_{bw}$ ), coeficiente de resiliência (K) e cota dinâmica (CD) para as diferentes regiões, posições e sentidos da madeira de açoita-cavalo nas condições de 12% de umidade e saturada.

**Table 2** – Average values of specific gravity ( $\rho_{ap}$ ), absorbed work (W), impact strength ( $f_{bw}$ ), coefficient of resilience (K) and dynamic quota (CD) for different regions, positions and directions of *Luehea divaricata* wood at 12% and saturated moisture content.

Variáveis		Região 1	Região 2	Medula	Casca	Rd	Tg
$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	12%	0,639 a	0,617 a	0,635 a	0,624 a	0,634 a	0,621 a
	Sat	1,065 a	1,088 a	1,072 a	1,081 a	1,092 a	1,061 b
W (J)	12%	33,22 a	22,71 b	28,60 a	27,28 a	29,25 a	25,71 a
	Sat	53,01 a	23,25 b	41,87 a	33,68 a	34,59 a	40,95 a
$f_{bw}$ (KJ/m <sup>2</sup> )	12%	78,19 a	54,87 b	67,34 a	66,01 a	71,35 a	60,10 a
	Sat	109,28 a	49,33 b	87,63 a	70,98 a	73,01 a	85,60 a
K (MPa.m)	12%	0,0492 a	0,0336 b	0,0422 a	0,0405 a	0,0434 a	0,0380 a
	Sat	0,0673 a	0,0303 b	0,0540 a	0,0437 a	0,0450 a	0,0526 a
CD	12%	1,199 a	0,884 b	1,035 a	1,036 a	1,074 a	0,982 a
	Sat	0,597 a	0,257 b	0,470 a	0,384 a	0,386 a	0,468 a

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem significativamente entre si pelo teste LSD = Least Significant Difference ao nível de 5% de significância. Em que: Região 1 = Encosta Superior do Nordeste; Região 2 = Depressão Central; Posição = medula e casca; Sentido Rd = radial; Sentido Tg = tangencial.

#### 4 CONCLUSÕES

A madeira de açoita-cavalo é mais resistente ao impacto na condição saturada, ou seja, quando verde, absorvendo grande parte da força aplicada sobre ela.

No entanto, estudos adicionais são necessários para determinação da resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo, especialmente em relação ao ponto de intersecção entre madeira saturada em água e a madeira 12% de umidade.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard methods of testing small clear specimens of timber**: ASTM D5536-94. Philadelphia, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: projeto de estruturas de madeiras**. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALIZATION. **Norme Francaise, bois essai de choc ou flexion dynamique** : NF B51-009. Paris, 1942.
- BELTRAME, R.; STANGERLIN, D. M.; SOUZA, J. T. Resistência ao choque da madeira *Platanus x acerifolia* (Airton) Willd. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. CD-ROM.
- CARVALHO, A. **Estrutura anatômica, propriedades, utilizações**. 1996. Disponível em: <[http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/jqomarclo/Tim3/tim3\\_TP1\\_Na2.pdf](http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/jqomarclo/Tim3/tim3_TP1_Na2.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2009.
- CHRISTIANSEN, A. W. Effect of overdrying on toughness of yellow-poplar veneer. **Holz al Roh-und Werkstoff**, v. 55 p. 71-75, 1997.
- COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Selección y colección de maderas**. La Paz, 1971.
- DURLO, M. A. **Tecnologia da madeira**: peso específico. Santa Maria: UFSM, 1991. 29 p. (Série técnica, 8).
- ECHENIQUE, M. R.; ROBLES, F. V. **Ciencia y tecnología de la Madera I**. Veracruz: Universidad Veracruzana, 1993. 137 p.
- LAHR, F. A. R. **Informações sobre madeira**. São Carlos: EESC, 1999.
- LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L. M.; MELO, J. E. **Amostragem e propriedades físico-mecânicas de madeiras amazônicas**. Brasília: IBAMA, 1993. 103 p (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Floresta, 1).
- LOSGDON, N. B.; CALIL, C. J. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 18, p. 77-107, 2002.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba: UFPR, 2005. 168 p.
- OLIVEIRA, F. G. R.; SALES, A. Propagação de ondas acústicas na madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 7., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2001. CD ROM.
- PAZOS, G. B.; MORALES, R. P. Z.; CANDELARIA, V. R. O. Correlación de los resultados de impacto o tenacidad de 16 maderas mexicanas utilizando dos métodos de prueba. **Revista Madera y Bosques**, v. 9, n. 1, p. 55-70, 2003.
- PEDROSO, O.; MATTOS, J. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPRNR, 1987. 181 p. (Publicação IPRNR, 20).
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sudesul, 1988. 525 p.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 1995. 296 p.
- STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; DOMINGUES, J. M. X. Determinação da resistência ao impacto para as madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, 2008. CD ROM.