

VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA  
UBERLÂNDIA - JULHO DE 2002

TENACIDADE DA MADEIRA

**Denise Ortigosa Stolf** (stolf@sc.usp.br), **Francisco Antonio Rocco Lahr** (frocco@sc.usp.br)  
Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos

**RESUMO:** Diversas aplicações relacionadas à madeira dependem da tenacidade, não muito estudada para as madeiras usualmente empregadas no Brasil. Com o intuito de preencher tais lacunas o presente trabalho foi realizado para avaliar a influência da posição dos anéis de crescimento e da umidade da madeira no valor da sua tenacidade. Para isso foram utilizadas as espécies Angelim Saia (*Vatairea sp*), Eucalipto Citriodora (*Eucalyptus citriodora*), Eucalipto Grandis (*Eucalyptus grandis*) e Pinus Elliottii (*Pinus elliottii*), com corpos-de-prova convenientemente amostrados e climatizados. Além disso foram quantificadas as relações entre tenacidade e: densidade da madeira a 12% de umidade; resistência da madeira à compressão paralela às fibras; resistência convencional da madeira no ensaio de flexão estática. Para isto foram considerados os resultados obtidos para trinta e seis espécies tropicais brasileiras, sendo no mínimo doze amostras por espécie. A experimentação foi realizada seguindo as prescrições do Anexo B da NBR 7190/1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). O valor da tenacidade foi calculado de acordo com as prescrições do documento normativo D143-52, da American Society for Testing and Materials. Na análise dos resultados foram empregados os procedimentos: análise de regressão, comparação de duas médias e comparação de pares, usuais em casos desta natureza.

**Palavras-chave:** madeira, tenacidade, teor de umidade, densidade.

TOUGHNESS OF WOOD

**ABSTRACT:** Several basic uses of timber depend on the toughness, property not widely studied to tropical species grown in Brazil. This work aimed to evaluate the influence of moisture content and growth rings position in values of toughness. In order to reach these objects, species like Angelim Saia (*Vatairea sp*), Eucalipto Citriodora (*Eucalyptus citriodora*), Eucalipto Grandis (*Eucalyptus grandis*), Pinus Elliottii (*Pinus elliottii*), were employed, with well-sampled and seasoned specimens. Besides, relationship between toughness and wood density at 12% of moisture, toughness and wood strength in compression parallel to the grain, toughness and modulus of rupture in static bending test were determined. To reach these subjects, results obtained for thirty-six tropical species grown in Brazil, no less than twelve specimens for specie, were considered. All tests were conducted according to the indications of Annex B of the Brazilian Standard to the Design of Timber Structures (NBR 7190/1997). Toughness results were calculated according to the procedures of American Society for Testing and Materials (ASTM) D143-52. To survey the results, procedures employed were regression analysis, comparison between two media and pairing test, which are very common in these cases.

**Keywords:** wood; toughness; moisture content; density.

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira tem sido muito utilizada pelo homem ao longo do tempo, estando diretamente relacionada à solução de problemas como a habitação; a travessia de obstáculos naturais e/ou artificiais; a construção de veículos para os diferentes meios de transporte; o armazenamento e o transporte de produtos agrícolas; a confecção de móveis, entre outros.

O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira possibilita seu melhor aproveitamento. Especial importância recai sobre o estudo da madeira no que diz respeito ao seu desempenho quando solicitada a ações que provocam impacto, particularmente nas aplicações mencionadas acima. De muita utilidade será relacionar a tenacidade da madeira com parâmetros como umidade, densidade, posição dos anéis de crescimento, entre outras.

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) no âmbito da Área Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A tensão provocada pelo impacto age em curtíssimo intervalo de tempo, por exemplo, poucos microsegundos. A resposta da madeira à tensão de impacto é chamada resistência ao choque, segundo KOLLMANN e CÔTÉ (1968). Uma peça de madeira considerada tenaz é aquela que suporta grande deformação sob flexão ou torção antes de romper-se. Alterações nos valores da tenacidade são bons indicadores de deterioração ou anormalidades em peças estruturais de madeira.

A relação entre a tenacidade e as características anatômicas da madeira têm sido objeto de detalhados exames, conforme registra KEITH (1966). TIEMANN (1951), com base no fato de que uma viga, sob teste de impacto na flexão, apresenta deformação cerca de duas vezes maior que no teste estático, sugere que a tensão de ruptura no impacto seja, também, aproximadamente o dobro em relação ao caso estático. Para a madeira, a tenacidade apresenta valores elevados, em comparação com outros materiais. Isto a torna particularmente útil para aplicações onde o material está sujeito a cargas de impacto, SCHNEIDER et al (1989).

A padronização do teste é altamente desejável, pois diferentes tipos de equipamentos podem apresentar diferentes resultados, segundo DROW et al (1965). Para pequenas variações da seção transversal das amostras, mas com uma distância constante entre os apoios, pode-se considerar uma relação linear entre a dimensão e a tenacidade. Tendo como base esta relação, os resultados podem ser ajustados para uma seção transversal  $A$  por meio da Equação 1:

$$W_{padrão} = \frac{A_{padrão}}{A_{teste}} W_{teste} \quad (1)$$

onde:  $A_{teste}$  = área da seção transversal do corpo-de-prova em teste;  $A_{padrão}$  = área da seção transversal do corpo-de-prova padrão;  $W_{teste}$  = tenacidade do corpo-de-prova em teste;  $W_{padrão}$  = tenacidade do corpo-de-prova corrigida.

KOEHLER (1933) investigou as causas da fragilidade da madeira dadas pela média dos resultados da máquina de pêndulo do tipo FPL (Forest Products Laboratory) e constatou que