

**IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA  
CUIABÁ – JULHO DE 2004**

**CLASSIFICAÇÃO ESTRUTURAL DE PINUS sp POR VIBRAÇÃO TRANSVERSAL**

**Marcelo Rodrigo Carreira** (marcelo.carreira@ig.com.br)

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Unidade de Campo Mourão

**Antônio Alves Dias** (dias@sc.usp.br), **Andrés Batista Cheung** (cheung@sc.usp.br), **Carlito Calil Jr.** (Calil@sc.usp.br)

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos

**RESUMO:** Em função da grande variabilidade de suas propriedades mecânicas, a utilização racional das espécies de madeira de florestas plantadas só pode ser conseguida com a classificação de todas as peças de madeira a serem utilizadas. A norma brasileira NBR 7190:1997 (Projeto de Estruturas de Madeira) permite o uso estrutural da madeira não classificada, entretanto aplica um coeficiente de redução da resistência para levar em consideração a variabilidade do material. A utilização da classificação mecânica permite aumentar o coeficiente  $K_{mod3}$  o que resulta em um ganho imediato de 25% na resistência. Existem diversas técnicas e equipamentos disponíveis para a classificação mecânica de peças estruturais de madeira. Todas as técnicas utilizam um estimador para avaliar as propriedades mecânicas da madeira. A técnica de vibração transversal é utilizada para avaliar o módulo de elasticidade a flexão (MOE). Esta técnica correlaciona a frequência natural de vibração da peça de madeira com sua rigidez a flexão. O objetivo deste trabalho compreende a verificação da correlação entre o módulo de elasticidade à flexão (MOE), obtido no ensaio estático de flexão com peças de dimensões estruturais e o módulo de elasticidade dinâmico, obtido no ensaio de vibração transversal. Nestes ensaios foram utilizadas 600 peças de dimensões estruturais de *Pinus* sp que foram coletadas em uma indústria localizada em Lages-SC. Os testes estatísticos apresentaram uma boa correlação entre os dados e a técnica de vibração transversal apresentou-se como um método expedito e de elevada confiabilidade para a determinação da rigidez a flexão de peças estruturais de *Pinus* sp.

**Palavras-chave:** madeira, estruturas de madeira, avaliação não-destrutiva, vibração transversal

**STRUCTURAL GRADING OF PINUS FOR TRANSVERSE VIBRATION**

**ABSTRACT:** In function of the great variability of their mechanical properties, the rational use wood species from planted forests can only be gotten with the grading of all wood pieces to be used. The Brazilian standard NBR 7190:1997 ( Design of Timber Structures) allows the structural use of non-grading lumber, however it applies a coefficient of reduction of the strength to take in consideration the variability of the material. The use of the mechanical grading allows to increase the coefficient  $K_{mod3}$  that results in an immediate gain of 25% in the strength. Several techniques and equipments are available for the mechanical grading lumber. All techniques use a predictor to evaluate the mechanical properties of the lumber. The technique of transverse vibration is used to evaluate the bending modulus of elasticity (MOE). This technique correlates the natural frequency of vibration of the lumber with its bending rigidity. The objective of this research include the verification of the correlation among the bending modulus of elasticity (MOE), obtained in the static bending tests with pieces of structural sizes and the dynamic modulus of elasticity, obtained in the traverse vibration test.

**Keywords:** wood, timber structures, non-destructive evaluation, transverse vibration.

## 1. INTRODUÇÃO

Diferentemente de outros materiais homogêneos e isotrópicos como os metais, os plásticos e as cerâmicas, cujas propriedades mecânicas são conhecidas e rigorosamente controladas por processos de produção, a madeira é gerada pela natureza e devido a esta característica apresenta grande variabilidade em suas propriedades mecânicas.

Segundo CURRY (1969), isto ocorre devido a dois fatores: O primeiro se deve a forte correlação existente entre a resistência mecânica e a densidade da madeira e a grande variação nesta propriedade entre as árvores de uma mesma espécie. O segundo corresponde ao efeito adverso que os defeitos, em particular os nós, provocam na resistência mecânica.

A classificação da madeira não tem por objetivo separar as peças de melhor qualidade e desprezar as de qualidade inferior, mas sim conhecer as propriedades mecânicas de cada peça de madeira possibilitando o uso de toda a capacidade resistente do material sem que o mesmo venha a ruptura. Desta forma é possível projetar estruturas mais econômicas e com a mesma confiabilidade de outros materiais de aplicação estrutural.

Atualmente existem diversas técnicas de avaliação não-destrutiva que podem ser utilizadas para a classificação estrutural da madeira, entre elas: Classificação visual, Ultra-som, MSR, Scanner, Raio X, Stress wave e vibração transversal. Todas as técnicas de avaliação não-destrutiva se baseiam no uso de um estimador para avaliar as propriedades mecânicas da madeira. Na técnica de vibração transversal a frequência natural de vibração do material é correlacionada com sua rigidez a flexão.

De acordo com ROSS & PELLERIN (1994), a hipótese fundamental da avaliação não-destrutiva da madeira foi fundamentada por JAYNE (1959). Ele propôs que a energia armazenada e as propriedades de dissipação da madeira podem ser medidas por meios não destrutivos, sendo que tais mecanismos determinam o comportamento estático da madeira.

Como consequência podem ser obtidas convenientes relações matemáticas entre as propriedades físicas e as propriedades estáticas de resistência e elasticidade por meio de análises de regressão estatística.

Neste trabalho foi realizado o teste de flexão estática em relação ao eixo de menor inércia em 600 peças de *Pinus sp*, com dimensões nominais de 3,5 x 12,5 x 260cm, para a medida do MOE. Estas peças também foram classificadas mecanicamente por meio de equipamento de vibração transversal. Foram feitas correlações entre o MOE estático medido no teste de flexão estática e o MOE dinâmico medido com a técnica de vibração transversal com o objetivo de verificar a precisão deste equipamento.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A avaliação não-destrutiva por meio da técnica de vibração transversal empregada neste estudo é baseada na relação existente entre a rigidez e a frequência natural de vibração.

Este método consiste em aplicar um golpe em uma peça de madeira bi-apoiada, tendo um apoio em forma de lâmina em uma de suas extremidades e uma célula de carga na outra. A peça de madeira irá vibrar na sua frequência natural de vibração até que a vibração cesse em função do amortecimento. A frequência em que a peça de madeira irá vibrar dependerá do módulo de elasticidade da madeira, do vão, da densidade e do tipo de apoio.