

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

ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS DE VIBRAÇÃO TRANSVERSAL NA AVALIAÇÃO DO MÓDULO  
DE ELASTICIDADE DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO

Adriano W. Ballarin ([awballarin@fca.unesp.br](mailto:awballarin@fca.unesp.br)), Luiz A. Targa ([targa@fca.unesp.br](mailto:targa@fca.unesp.br)), Hernando A. Lara  
Palma ([larapalma@fca.unesp.br](mailto:larapalma@fca.unesp.br))

Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP – Botucatu - SP

**RESUMO:** Os métodos não-destrutivos de avaliação de materiais estão em franco desenvolvimento. Numerosas pesquisas têm estudado a sua aplicação aos materiais de matrizes complexas, como é o caso da madeira. O método da vibração transversal foi um dos primeiros métodos não-destrutivos investigados para a determinação do módulo de elasticidade da madeira. Apesar de sua concepção simples, e a despeito dos grandes avanços obtidos nessa área com outros métodos, como por exemplo o ultra-som, o método revela-se como de grande potencial de aplicação, sobretudo pela precisão do modelo matemático a ele associado e pela possibilidade de sua aplicação a peças de dimensões estruturais (*in-grade testing*). Neste trabalho apresenta-se o uso desse método na determinação do módulo de elasticidade de algumas madeiras de reflorestamento. Foram ensaiados não-destrutivamente e por ensaios mecânicos convencionais de flexão corpos-de-prova de 2cm x 2cm x 46 cm de *Pinus taeda* L., *E. grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*. Os ensaios não-destrutivos foram conduzidos com uso do sistema BING – *Beam Identification by Non-destructive Grading*, que permite a análise das vibrações do material nos domínios do tempo e da frequência. Os resultados obtidos revelaram boa correlação entre os dois tipos de ensaios empregados, justificando o início dos ensaios com peças de dimensões estruturais, para viabilização da técnica nas práticas de classificação estrutural.

**Palavras-chave:** ensaios não-destrutivos, vibração transversal, *Eucalyptus* sp., *Pinus taeda* L.

NON-DESTRUCTIVE RESSONANCE METHOD (TRANSVERSAL VIBRATION) TO EVALUATE  
MODULUS OF ELASTICITY OF REFORESTED SPECIES WOOD

**ABSTRACT:** Non-destructive tests of materials are in a consistent development. Numerous researches have been developed, applying these techniques to complex matrix materials, e.g. wood. The resonance method was one of the first studied for the determination of MOE of wood. Despite the great advances obtained in this matter, with the development of special techniques like ultrasound, the resonant method reveals a great potential of utilization mainly due to the well defined mathematical model associated to the physical phenomenon and the possibility to use it on in-grade test (using commercial size lumbers). This paper presents the application of this non-destructive method to several woods from Brazilian reforestation programs. Using resonance non-destructive method and posterior bending static tests were analyzed samples 2cm x 2cm x 46 cm of *Pinus taeda* L., *E. grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*. Non-destructive tests were carried out using BING – ***Beam Identification by Non-destructive Grading***, a commercial system that analyses vibrations in the time and frequency domains. Results revealed a great correlation between MOE determined by the non-destructive and the conventional methods, justifying the start of an experimental program with commercial size lumbers.

**Keywords:** non-destructive tests, transverse vibration, *Eucalyptus* sp., *Pinus taeda* L.

## 1. INTRODUÇÃO

As pesquisas pioneiras sobre a aplicabilidade de ensaios não-destrutivos na inferências de propriedades físicas e mecânicas da madeira foram realizadas na década de 50, nos Estados Unidos.

O potencial despertado por essas técnicas e o progresso internacionalmente obtido com as pesquisas motivaram a realização de diversos simpósios internacionais, sendo que o último deles - 12<sup>th</sup> *International Symposium on Nondestructive Testing of Wood* – foi realizado em setembro de 2000 na Sopron - Hungria.

Embora os Estados Unidos ainda detenham a primazia no desenvolvimento de conhecimentos nessa área específica, países como Suíça, Romênia, Alemanha, Japão e Reino Unido, entre outros, já tem figurado com notoriedade nesse cenário.

Dos esforços iniciais para consolidação das técnicas não-destrutivas resultaram significativos avanços (MSR - *Machine Stress Rating* e a máquina classificadora de lâminas para LVL - *Laminated veneer lumbe*, por exemplo), já de uso sistemático na indústria madeireira americana.

Embora seja grande a variedade de técnicas não-destrutivas para avaliação da madeira (NDE) algumas delas, citadas por ROSS & PELLERIN (1994), tem sido objeto de maior investigação e uso por parte dos institutos de pesquisa. Como exemplo, podem-se citar:

- Técnica da flexão estática - consiste na medição estática do MOE - Módulo de elasticidade na flexão de um exemplar de madeira, sendo o princípio básico de funcionamento da máquina de classificação da madeira serrada. MSR - *Machine Stress Rating*.
- Técnica da vibração transversal (*transverse vibration technique or ressonance technique*) – consiste na análise da vibração de um exemplar de madeira, com obtenção do módulo de elasticidade do material a partir da análise das frequências principais de vibração.
- Técnica das ondas de tensão (*stress wave method*) – consiste na aplicação de uma onda de tensão (impacto) no material e análise do fenômeno de propagação desse estímulo. A velocidade de propagação de uma onda de tensão induzida e sua atenuação no material são os principais parâmetros analisados nesses casos.
- Técnica da propagação de ondas de ultrassom - diversos institutos de pesquisa têm voltado suas atenções para as técnicas de ondas acústicas (*Acoustic emission - AE*) e ultrassônicas (*Acousto-ultrasonic emission - AU*), que têm-se mostrado eficientes para determinados propósitos, como por exemplo a avaliação da orientação da grã da madeira..

Este trabalho apresenta resultados preliminares de estudo encaminhado junto ao Laboratório de Ensaio de Materiais – FCA/UNESP, para análise das potencialidades de aplicação do método da vibração transversal na obtenção de parâmetros elásticos de algumas madeiras de reflorestamento do Brasil.