

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

**METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O ENSAIO DE VIBRAÇÃO
TRANSVERSAL EM VIGAS ESTRUTURAIS DE ANGELIM ARAROA**

André Bartholomeu (bartholomeu@netwave.com.br)

Universidade São Francisco/Itatiba(SP) e Faculdade Politécnica de Jundiaí (SP)

Raquel Gonçalves (raquel@agr.unicamp.br)

Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP

Isabella Guimarães (isalamarca@hotmail.com), **José Irineu de Camargo**

Faculdade Politécnica de Jundiaí

RESUMO: Os ensaios não-destrutivos são métodos de avaliação e caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos mais diversos materiais, que não são inutilizados, possibilitando repetição da análise e mesmo diversidade de ensaios na mesma peça. Dentre estes ensaios, pode ser destacado o de vibração transversal, pelo qual se obtém o módulo de rigidez da peça (E_{vt}), que pode ser comparado com o obtido por flexão estática (E_m). Entretanto, os equipamentos disponíveis no mercado para aplicação destes ensaios são importados e de custo relativamente alto. Nestes equipamentos, o módulo de rigidez é obtido pela vibração provocada manualmente no centro da viga apoiada sobre dois suportes. A frequência de vibração, em Hz, é captada por uma célula de carga instalada em um dos apoios. Essa célula também fornece a massa da viga. Com o objetivo de viabilizar o mesmo ensaio, nesse trabalho foi avaliada a possibilidade de utilização de *software* utilizado na afinação de instrumentos musicais na obtenção da frequência. Estes *softwares*, disponíveis na Internet, são facilmente executáveis em computadores de pequeno porte, e necessitam apenas de um microfone para captação da onda sonora provocada pela vibração transversal da viga. Como resposta o equipamento apresenta o espectro da onda e o valor da sua frequência fundamental. Foram ensaiadas 91 vigas de dimensões 0,06 x 0,12 x 2,50 m de Angelim araroba na condição seca ao ar. A frequência foi captada pela vibração da viga em esquema estrutural simplesmente apoiado. Com a determinação da densidade aparente da peça, do seu comprimento, e da altura da sua seção transversal, o módulo de rigidez de cada peça (E_{vt}) foi determinado. Em seguida, as vigas foram ensaiadas à flexão estática em esquema estrutural de 04 pontos, segundo a Norma ASTM D198-84, obtendo-se valores do módulo de elasticidade à flexão (E_m). As análises estatísticas indicaram valores de correlação, entre E_{vt} , obtidos pelo método da vibração transversal, e E_m , obtidos pelo ensaio de flexão, significativos, indicando ser possível a adoção de metodologia simplificada para o ensaio de vibração transversal.

Palavras-chave : madeira ; ensaio não-destrutivo ; vibração transversal.

**SIMPLIFIED METHODOLOGY FOR EVALUATION TESTS OF TRAVERSE
VIBRATION IN STRUCTURAL BEAMS OF ANGELIM ARAROA**

ABSTRACT: No-destructive tests are methods to obtain the physical and mechanical properties of several materials, without to destroy the sample, making possible duplication of the analysis and even other evaluations with different tests using the same piece. Among the no-destructive test traverse vibration is one of the most common. From that it is possible to obtain the dynamic module of elasticity of the piece (E_{vt}) that can be compared with the static module in bending (E). However, the available equipments in the Brazilian market for application of these test are imported and of relatively high cost. In these equipments, the vibration, forced manually, at the center of the simply supported beam, obtains the dynamic elasticity module. A load cell installed in one of its supports captures the vibration frequency, in Hz. This cell also measured the mass of the beam. In order to present an alternative method to measure the transverse natural frequency of a large sample of wood, this work presents the result obtained using the equipment and software available for tuning musical instruments. This software, available at the Internet, is easily executable in personal computers, and only need a microphone for reception of the sound wave provoked by the traverse vibration of the beam. The equipment presents the wave spectrum and the value of its fundamental frequency. 91 beams of Angelim araroba, with 0.06 x 0.12 x 2.50 m, air-dried, were tested. The beam natural frequency was captured by the vibration of the beam simple supported. With the determination of the piece apparent density, length, and height of traverse section, the module of rigidity of each piece (E_{vt}) was calculated. Afterwards, the beams were submitted to static bending, according to Standard ASTM D198-84, and the module of elasticity in bending (E) was obtained. Statistical analyses indicated significant correlation, among E_{vt} , obtained by the method of the traverse vibration, and E , obtained by static bending, indicating that it is possible to adopt of methodology proposed.

Key words: wood; no-destructive test; transverse vibration.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil sempre foi um país muito rico por sua fauna e flora e, talvez por isso, por muito tempo a consciência ecológica não era tão presente gerando devastação indiscriminada de algumas espécies.

Entretanto, há alguns anos esta situação vem se modificando e leis ambientais vêm sendo criadas com o intuito de preservar o meio ambiente.

Na construção civil, embora a norma brasileira NBR 7190/97 trate da questão da classificação mecânica de elementos estruturais, pode-se dizer que, na prática, esse procedimento é ainda inexistente em nosso país. Várias razões podem ser apontadas para explicar essa situação, e certamente uma delas é a dificuldade que o setor encontra para realizar os ensaios, uma vez que os mesmos dependem de laboratório especializado e com disponibilidade de equipamentos.

Há alguns anos estão sendo realizadas, no Brasil, pesquisas cujo objetivo é o estudo de métodos não-destrutivos para a determinação de propriedades da madeira visando a classificação de peças estruturais.

O método de vibração transversal possibilita a determinação do módulo de elasticidade dinâmico, obtido através da frequência, da densidade, do comprimento e da altura da peça estrutural. Esse módulo pode ser correlacionado com o módulo de elasticidade à flexão estática.

O princípio da vibração transversal se baseia na indução de uma perturbação no meio material que produz uma onda mecânica, sonora e transversal, cuja direção de oscilação é perpendicular a direção de propagação. Esta vibração é amortecida, uma vez que, normalmente o sistema no qual há a propagação da onda é ideal. Para a obtenção da frequência natural da onda, é necessário utilizar-se um grau de amortecimento, que neste caso é de aproximadamente 22,4% do vão total da viga. A frequência de um sistema é o número de oscilações da onda em 1 segundo, e é medida em Hertz (Hz).

FONSECA (1964) estudando os efeitos das vibrações em barras prismáticas demonstrou que a equação da frequência natural em uma barra simplesmente apoiada, e cujos apoios se situam a uma distância da borda correspondente a 22,4% do comprimento da barra é dada pela Equação 1

$$Fn = C [E I g / W L^3]^{1/2} \quad (1)$$

onde : C = constante de fixação da barra = 3,56

E = módulo de elasticidade dinâmico do material

I = momento de inércia da seção transversal da barra

g = aceleração da gravidade

W = peso da barra

L = comprimento total da barra