

ESTIMATIVA DO MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO DE TORAS DE MADEIRA POR VIBRAÇÃO TRANSVERSAL

Marcelo Rodrigo Carreira (carreira@utfpr.edu.br) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); **Antônio Alves Dias** (dias@sc.usp.br) - Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO: As toras de madeira possuem algumas características peculiares que associadas ao menor processamento em relação à madeira serrada trazem certas vantagens em relação a essa como menor variabilidade das propriedades mecânicas, maior resistência mecânica e menor custo. As toras destinadas a aplicações estruturais, necessitam passar por um processo de avaliação de qualidade para garantir que o material atenda às especificações de projeto quanto às propriedades mecânicas. O método de inspeção mais antigo consiste em avaliar visualmente a superfície das toras. Uma das desvantagens desse método é a impossibilidade de examinar a integridade interna do material. Dessa maneira, a inspeção visual sempre deve ser acompanhada de algum outro método complementar de Avaliação Não-Destrutiva (AND). Este trabalho apresenta um estudo experimental sobre a estimativa do módulo de elasticidade a flexão de toras de madeira por meio de ensaios de vibração transversal. Foram testadas 10 toras de *Eucalyptus citriodora* com comprimento de cerca de 4,2 m e diâmetro médio de 18 cm. A análise estatística dos resultados mostrou uma boa correlação entre os módulos de elasticidade estático e dinâmico indicando que o ensaio de vibração pode ser empregado para avaliar com boa precisão a rigidez de toras de madeira com dimensões dessa ordem de grandeza.

Palavras-chave: Avaliação Não-Destrutiva, rigidez à flexão, ensaio dinâmico

ESTIMATE OF BENDING MODULUS OF ELASTICITY OF WOOD LOGS BY TRANSVERSE VIBRATION

ABSTRACT: The logs intended for structural applications need to go through a process of quality assessment in order to verify that the mechanical properties of the material meets the project requirements. The oldest method of inspection is to visually assess the surface of the logs. However, the inability to examine the internal integrity of the material is one of the biggest drawbacks of this method. Thus, the visual inspection should always be accompanied by some additional method of Non-Destructive Evaluation (NDE). This paper presents an experimental study on estimating the bending modulus of elasticity of logs through the transverse vibration testing. Ten *Eucalyptus citriodora* logs with a length of about 4.5 m and diameter of 16 cm were tested for static bending test and transverse vibration. The analysis showed a good correlation between the static and dynamic modulus of elasticity indicating that the vibration test can be used to assess the bending stiffness of logs.

Keywords: Non-Destructive Evaluation, bending stiffness, logs

1. Introdução

O *Eucalyptus sp* é a madeira de reflorestamento mais abundante no Brasil. A grande disponibilidade, o preço competitivo e as boas propriedades mecânicas de certas espécies de *Eucalyptus sp* estão contribuindo para a utilização dessas espécies em substituição às espécies nativas.

Na sua forma original, as toras de *Eucalyptus sp* exibem algumas vantagens em relação à madeira serrada, como maior resistência, menor variabilidade de suas propriedades mecânicas e menor preço.

Para a utilização do eucalipto roliço como elemento estrutural é necessário avaliar as propriedades mecânicas. A inspeção visual é a técnica mais antiga de Avaliação Não-Destrutiva (AND) de elementos estruturais de madeira. Entretanto, não é aconselhável empregar somente essa técnica na avaliação da qualidade estrutural das toras visto a impossibilidade de examinar a integridade interna das mesmas e à baixa sensibilidade das propriedades mecânicas desses elementos às características observadas na inspeção visual.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a aplicação da técnica de vibração transversal para a estimativa do módulo de elasticidade à flexão de toras de *Eucalyptus citriodora*.

2. Fundamentação Teórica

A equação diferencial que descreve o movimento de uma viga reta em vibração transversal livre, desprezando-se os efeitos do esforço cortante, é mostrada na Equação 1 (TIMOSHENKO, 1938):

$$m(x) \frac{\partial^2 v(y,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[EI \frac{\partial^2 v(y,t)}{\partial y^2} \right] = 0 \quad (1)$$

Sendo:

E: módulo de elasticidade;

I: momento de inércia da seção transversal;

m: massa por unidade de comprimento;

v: deslocamento transversal;

t: tempo;

x: coordenada na direção longitudinal.

y: coordenada na direção transversal.

Essa equação é válida para vigas cujo comprimento é muito maior do que a altura da seção transversal.

Empregando-se o método de separação de variáveis e aplicando-se as condições de contorno do problema é possível encontrar uma expressão que relaciona o módulo de elasticidade do material com a frequência natural do primeiro modo de flexão de uma viga em suspensão livre-livre (Equação 2).