

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

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE ULTRA-SOM EM VIGAS
ESTRUTURAIS E CLASSES DE RESISTÊNCIA DA NBR-7190/97 EM PEÇAS
ESTRUTURAIS DE DICOTILEDÔNEAS

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: A Norma NBR-7190/97 indica a classificação de peças estruturais de madeira por meio de classificação mecânica que garanta a homogeneidade da rigidez das peças que compõem o lote de madeira a ser empregado. Entretanto, na prática, essa classificação ainda não é realizada no Brasil pela inexistência de equipamentos e métodos que, de fato, a viabilizem. Essa lacuna origina desconforto para o consumidor que, sem conhecer as propriedades da madeira que adquire, de modo geral a emprega de maneira tecnicamente inadequada. Os ensaios não-destrutivos são procedimentos de avaliação das propriedades físicas e mecânicas de um material sem a necessidade de inutilizar a peça avaliada. A metodologia que utiliza a velocidade de propagação longitudinal da onda de ultra-som como parâmetro de avaliação tem se revelado como ferramenta eficiente na predição de propriedades importantes para a utilização da madeira em estruturas. Neste trabalho, estudou-se a correlação entre a velocidade de propagação longitudinal em peças de dimensões estruturais saturadas e a resistência à compressão paralela às fibras em corpos-de-prova secos ao ar, retirados das mesmas peças. O objetivo foi avaliar a possibilidade de correlacionar a velocidade de propagação da onda na peça estrutural, com as classes de resistência adotadas pela norma, as quais se baseiam no ensaio de compressão paralela às fibras em corpos-de-prova à 12% de umidade. Para o estudo foram utilizadas 219 vigas estruturais englobando 4 espécies de dicotiledôneas, sendo 47 de *Eucalypto citriodora*, 31 de *Eucalypto grandis*, 52 de *Cupiúba* e 89 de *Angelim Araroba*. Os resultados permitiram a obtenção de faixas de velocidades nas quais podem ser enquadradas as peças de dimensões estruturais saturadas em relação aos valores de fc_{0k} obtidos nos corpos-de-prova com teor de umidade de 12%.

Palavras-chave : madeira ; ensaios não-destrutivos ; ultra-som ;classificação

ULTRA-SOUND WAVES PROPAGATION SPEED IN STRUCTURAL BEAMS AND
GRADES OF RESISTANCE OF NBR-7190/97 IN STRUCTURAL PIECES OF
DICOTILEDÔNEAS

ABSTRACT: The Brazilian Standard NBR-7190/97 indicates the classification of wood structural pieces through mechanical grades in a way that guarantees the rigidity homogeneity of the pieces of a lot. However, in practice, that classification is not accomplished in Brazil because there are no equipments and methods to carry out the test. That gap cause discomfort for the consumer that, without knowing the properties of the wood that are being acquires, in general uses it technically in an inadequate way. The non-destructive tests are physical evaluation procedures, to determine material mechanical properties, which does not destroy the sample piece. The methodology that uses the longitudinal propagation speed of the ultra-sound wave as evaluation parameter has been revealing as efficient tool in the prediction of important properties of structural wood. A study was undertaken to determine the correlation among the ultra-sound longitudinal propagation speed in saturated wood pieces with structural dimensions and the compression strength parallel to the grain in air dry samples (fc_{0k}), taken from the same pieces. The objective was to evaluate the possibility to correlate the wave propagation speed in the structural piece, with the grades adopted by the Brazilian standard, which are based on the compression parallel to grain at 12% moisture content sample. For the study 219 structural beams were used including 4 dicotiledôneas species, being 47 of *Eucalyptus citriodora*, 31 of *Eucalyptus grandis*, 52 of *Cupiúba* and 89 of *Angelim Araroba*. The results allowed determining a range of speeds in which saturated structural dimensions pieces can be correlated to the fc_{0k} values obtained using samples with 12% moisture content.

Keywords : wood; no-destructive test; ultra-sound waves; classification.

1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de produção e de comercialização de madeira serrada necessita, ainda, de tecnologia de classificação das peças. Essa carência faz com que o consumidor final não receba um produto com qualidade garantida, o que, via de regra, induz a um superdimensionamento das peças estruturais, além de gerar falta de confiança, tanto para os consumidores quanto para os profissionais que utilizam a madeira em seus projetos. Sendo assim, a classificação de peças estruturais de madeira possibilitaria, aos calculistas e construtores, o emprego mais seguro e otimizado das peças e, aos consumidores, economia.

Há vários métodos de ensaios não-destrutivos que poderiam ser utilizados, na prática, para a classificação de peças estruturais de madeira e, dentre eles, o método que utiliza a propagação longitudinal de ondas de ultra-som. Esse método tem sido considerado, em diversos países, como viável, apresentando pontos altamente positivos tais como economia, rapidez e confiabilidade.

A hipótese fundamental de utilização de ensaios não-destrutivos na madeira foi elaborada por Jayne em 1959, citado por Ross e Pellerin (1994). Sua proposta foi de que as propriedades de armazenamento e dissipação de energia, na utilização de métodos não-destrutivos em determinado material, são controladas pelos mesmos mecanismos que determinam o comportamento estático desse material. Como consequência, relações matemáticas entre essas propriedades e o comportamento estático, de rigidez e de resistência, podem ser alcançadas através da análise estatística de regressão.

Por meio da velocidade de propagação das ondas e da densidade aparente de peças estruturais (vigas), pode-se calcular a Constante Dinâmica (C_{LL}) utilizando-se a Equação 1.

$$C_{LL} = \rho v^2 \cdot 10^{-4} \text{ (kN/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Onde: ρ = densidade aparente da peça estrutural de madeira (g/cm^3); v = velocidade de propagação longitudinal da onda de ultra-som (m/s)

Segundo Herzig (1992), o módulo dinâmico C_{LL} indica as características elásticas das fibras, pois utiliza a propagação de energia entre elas, enquanto que o módulo estático E_L é função das propriedades elásticas tridimensionais do corpo-de-prova (efeito de Poisson), uma das razões que explicam o fato de E_L ser sempre menor que C_{LL} .

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Waubke (1981), na Alemanha, foi o primeiro a obter resultados de classificação de peças estruturais de madeira através do ultra-som. Para isso ele buscou correlações entre velocidade de propagação de ondas de ultra-som e módulo de elasticidade dinâmico, módulo de elasticidade estático à flexão em 4 pontos e tensão de ruptura à flexão, utilizando 138 vigas da espécie *Fichte* (*Picea abies*), de dimensões 0,08 x 0,08 x 4,50 m. Os teores de umidade utilizados foram: saturado, 20% e seco ao ar (aproximadamente 13%). A Tabela 01 apresenta um resumo dos resultados dos coeficientes de correlação (r) obtidos pelo autor.