

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

**DISCUSSÕES SOBRE AS PROPRIEDADES ACÚSTICAS E SUA UTILIZAÇÃO EM
MADEIRA**

Takashi Yojo (yojos@ipt.br)

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Divisão de Produtos Florestais

RESUMO: Este trabalho apresenta a relação entre o comportamento dinâmico e as propriedades físicas e mecânicas da madeira, visando a sua utilização em instrumentos musicais. As variáveis envolvidas na análise dinâmica são a velocidade de propagação, ângulo de fase, atenuação (espalhamento geométrico, irradiação sonora e amortecimento por atrito interno) e frequência de vibração de um sistema estrutural, cujos resultados dependem da geometria da peça, condições de contorno, densidade, módulo de elasticidade e coeficiente de atrito interno.

As principais formulações, relacionando as velocidades e fases de propagação no sólido tridimensional às constantes elásticas e à densidade, bem como a determinação dos modos de vibração e frequência natural de vigas, são apresentados. Adicionalmente, outras propriedades como impedância acústica e amortecimento sonoro, que envolvem a transmissão de ondas de choque no material e transmitidas por irradiação ao ambiente, são mencionadas.

Os valores das propriedades físicas, mecânicas e acústicas, madeiras de pau-brasil e outras seis espécies, foram avaliados comparativamente considerando-se as características mais adequadas para instrumentos musicais. Conclui-se que do ponto de vista acústico a madeira de pau-brasil, oriundo de reflorestamento e com 20 anos de idade, não apresenta características que se destacam em relação a outras essências estudadas.

Palavras-chaves: pau-brasil, madeira, acústico, frequência de ressonância.

**DISCUSSION OF ACOUSTIC PROPERTIES AND THEIR APPLICATIONS TO
WOOD**

ABSTRACT: This paper presents the relationship between dynamic behavior of wood and its physical and mechanical properties aiming its use to musical instruments. The variables involved in dynamic analysis are propagating velocity, phase angle, attenuation (geometric spreading, sound radiation and damping capacity) and frequency of vibration whose results depend on the geometry of media, boundary conditions, density, modulus of elasticity and internal damping.

The main relationship, three dimensional dynamic response of elastic materials as well as the vibration analysis and resonant frequency of beams, are presented. Moreover other acoustic properties considered important to sound propagation like acoustic impedance and sound attenuation, which is related to the transmission of sound waves of media to environment, are mentioned

The physical, mechanical and acoustical properties of pau-brasil and other six species were analyzed considering the most important characteristic to musical instruments. It was noticed that 20 years old reforested pau-brasil presents no advantages in relation to other species.

Keywords: pau-brasil, wood, acoustic, resonant frequency

1. INTRODUÇÃO

A escolha de madeira para instrumentos musicais é baseada em conhecimentos práticos transmitidos de geração a geração por fabricantes e músicos. Recentemente pesquisadores têm buscado um critério fundamentado em dados científicos. Este processo iniciou-se com a caracterização das propriedades tecnológicas das espécies de madeira tradicionalmente utilizadas em instrumentos musicais de alta qualidade. Os principais tópicos abrangem as espécies mais utilizadas, análises dos parâmetros tais como: idade da árvore e após o seu desdobro, defeitos naturais, processamento, propriedades físicas, mecânicas e acústicas.

1.1 Espécies utilizadas em violinos

Tradicionalmente as principais madeiras utilizadas na fabricação de um violino, segundo BUCUR (1995), são sugar maple (*Acer saccharum*), sycamore maple (*Acer pseudoplatamus*), Norway maple (*Acer platanoides*) e Itaya maple (*Acer mono*) para peça posterior e arco. Espécies como European spruce (*Picea abies*), sitka spruce (*Picea sitchensis*) e Glehn's spruce (*Picea glehnii*) são utilizadas para as tábuas harmônicas.

Outras espécies utilizadas nos arcos de violino são o pau-brasil (*Guilandesia echinata*), BUCUR (1995) e MATSUNAGA et al (1996). Outras espécies citadas por BUCUR (1995) são maçaranduba (*Manilkara bidentata*) e bois d'amourette (*Piratinera guyanensis*).

1.2 Propriedades físicas e mecânicas

Propriedades físicas e mecânicas, tais como contração baixa na direção radial; resistências altas ao cisalhamento e flexão, módulo de elasticidade alto; alta relação entre o módulo de elasticidade e a densidade, são importantes, segundo ONO (1989), BUCUR (1995) e MATSUNAGA et. al. (1996).

1.4 Propriedades acústicas

Propriedades acústicas são aquelas determinadas a partir das relações entre as propriedades físico-mecânicas com a dinâmica das estruturas. As propriedades acústicas, obtidas diretamente pela teoria da dinâmica das estruturas, são a velocidade de propagação, frequência de vibração, amortecimento por atrito interno ou decaimento logarítmico, vide CLOUGH (1982), BEALL (1989), ONO (1989), PELLERIN (1989), SMITH (1989) e BUCUR (1995). As propriedades derivadas fundamentais, segundo a teoria que estuda a reflexão e a refração das ondas, são a impedância acústica e anisotropia do material.

Segundo ONO (1989) e MATSUNAGA et al (1996), velocidades de propagação altas nas direções radial e longitudinal às fibras; impedância acústica baixa; amortecimento por irradiação sonora alto e atrito interno ou decaimento logarítmico baixo, são importantes na escolha da madeira.

MUSGRAVE (1970), CHEADE (1991), BUCUR e BÖHNKE (1994) e BUCUR (1995) apresentam os fundamentos matemáticos da teoria da propagação sonora num meio contínuo relacionando as constantes elásticas e a densidade de massa com a velocidade de propagação, polarização e ângulo de fase. Faz comentários sobre a atenuação da energia sonora que foi dividida em três tipos: espalhamento geométrico, irradiação sonora e amortecimento por atrito interno. Traz, também, considerações sobre os parâmetros utilizados para mensurar as