

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

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO FATOR DE AMORTECIMENTO DA
MADEIRA**

Adenílcia Fernanda Grobério Calenzani (fernanda@dees.ufmg.br), Edgar V. Mantilla Carrasco (mantilha@dees.ufmg.br), Fernando Amorim de Paula (profap@dees.ufmg.br).
Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia

RESUMO: Neste artigo foram obtidos experimentalmente valores para o fator de amortecimento da madeira por meio de ensaio de vibração livre em uma viga bi-apoiada de madeira Pinus. Foram captados os sinais da resposta dinâmica em quatro modelos dessa madeira, oriundos da vibração livre induzida por um deslocamento inicial dado no meio do vão. Utilizando-se filtros digitais, os sinais foram tratados e obteve-se, em função do tempo, os gráficos do decaimento da resposta dinâmica relativos à primeira e terceira componentes de frequência do sinal. Em seguida foram obtidos valores para o fator de amortecimento de cada gráfico, utilizando o método do ajuste da curva de decaimento. Conceitos sobre a análise dinâmica de sistemas com múltiplos graus de liberdade, imprescindíveis para o perfeito entendimento desse artigo, são revistos.

Palavras-chave: vibração livre, filtros digitais, fator de amortecimento da madeira.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF WOOD DAMPING FACTOR

ABSTRACT: In this paper experimental values for the wood damping factor were obtained through free vibration test in a beam of Pinus wood simply-supported at both ends. The dynamic responses originated from the free vibration due a initial displacement given in the middle span were obtained for four Pinus beam models. The response graphics at the time domain related to the first and third signal frequency components were obtained using suitable digital filters. Then, damping factor values were obtained using the decay curve fitting method. Concepts about dynamic analysis of multiple-degree-of-freedom system, important for the perfect understanding of this paper, are reviewed.

Keywords: free vibration, digital filters, wood damping factor.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Vibração Livre não Amortecida

As equações do movimento para vibração livre não amortecida de um sistema discretizado em um número finito J de graus de liberdade, na forma matricial, são:

$$m\ddot{v}(t) + kv(t) = 0 \quad (1)$$

Onde m e k são respectivamente as matrizes ($J \times J$) de massa e de rigidez do sistema, $\ddot{v}(t)$ e $v(t)$ são respectivamente os vetores ($J \times 1$) de aceleração e deslocamento e 0 ($J \times 1$) é um vetor com todas as componentes nulas. Assumindo movimento harmônico a solução da Equação (1) será dada por:

$$v(t) = \hat{v} \sin(\omega t) \quad (2)$$

Na Equação (2), $\hat{v}$ representa as formas de vibração do sistema ($\hat{v}$ não varia com o tempo, somente a resposta). Quando a Equação (2) e sua derivada segunda são substituídas na Equação (1), obtêm-se um problema de autovalor.

$$[k - \omega^2 m] \hat{v} = 0 \quad (3)$$

A Equação (3) terá solução não trivial se e somente se o determinante da expressão entre colchetes for igual a zero.

$$|k - \omega^2 m| = 0 \quad (4)$$

A Equação (4) é chamada de equação característica ou equação de frequência. Ela é uma equação algébrica de grau J em ω^2 , e possui em geral J raízes distintas, chamadas de autovalores. As J raízes são referenciadas por $\omega_1^2, \omega_2^2, \dots, \omega_J^2$ e representam o quadrado das frequências naturais do sistema ω_r ($r = 1, 2, \dots, J$). As frequências naturais são arranjadas em ordem crescente de magnitude, isto é, $\omega_1 \leq \omega_2 \leq \dots \leq \omega_J$, onde a menor frequência é chamada de frequência fundamental. Em geral todas as frequências naturais ω_r são distintas, embora em alguns casos duas ou mais frequências possam ter o mesmo valor.

Para cada autovalor ω_r^2 há um vetor não trivial correspondente, isto é, $(\omega_1^2, \hat{v}_1), (\omega_2^2, \hat{v}_2), \dots, (\omega_J^2, \hat{v}_J)$, que satisfaz à Equação (3). Esses vetores, $\hat{v}_r$ ($r = 1, 2, \dots, J$), conhecidos como autovetores são chamados de modos de vibração pois representam fisicamente os modos naturais de vibração do sistema.

Como a equação (3) é homogênea, os autovetores são arbitrários, ou seja, para cada autovetor existem infinitos vetores proporcionais a ele que também satisfazem essa equação. Consequentemente pode-se dizer que a forma de vibração dos modos naturais é única, porém as amplitudes não são.

Vários procedimentos têm por objetivo normalizar as amplitudes dos autovetores. A normalização de um modo natural pode ser feita tomando como referência uma de suas