

1.

Introdução

O Bambu classificado genericamente como Bambusoideae ou como Bambusaceae, é encontrado no mundo em mais de 1200 espécies divididas em cerca de 90 gêneros. São encontrados em altitudes que variam de zero até 4800 metros. São resistentes a temperaturas abaixo de zero (principalmente os leptomorfos ou alastrantes) e a temperaturas tropicais (principalmente os paquimorfos ou entouceirantes). Crescem como pequenas gramíneas e chegam a extremos de 40 metros de altura. São encontrados em abundância em regiões tropicais e sub-tropicais.

As espécies observadas no Brasil são na sua maioria exóticas provenientes do continente asiático, tais como *Bambusa vulgaris*, *Dendrocalamus strictus*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys aurea* (AZZINI et al, 1997).

Segundo o sistema radicular os bambus classificam-se em Paquimorfo ou Entouceirantes (exemplos: *Bambusa*, *Guadua* e *Dendrocalamus*) e Leptomorfos ou Alastrantes (exemplo: *Phyllostachys*). Os primeiros possuem rizomas curtos e grossos com gemas laterais, e o segundo grupo possui rizomas que desenvolvem-se no solo de forma a ocupar grandes áreas. Existem ainda os Anfipodiais, que combinam características dos dois (exemplo: *Chusquea*).

O bambu tem um crescimento diferente das árvores, ele não apresenta um crescimento simultâneo radial e perpendicular. Já surge do solo geralmente com seu diâmetro máximo. À medida que vai crescendo, as fibras vão se tornando cada vez mais duras e resistentes até chegar a um máximo entre os 3 e os 5 anos, idade apropriada para seu emprego na construção. Depois que o bambu passa de 6 anos, seu colmo começa lentamente a tornar-se claro até que seca completamente. (GHAVAMI, 1992).

1.1.

As vantagens do bambu

Segundo GHAVAMI (1992), estudos sobre as propriedades do bambu provaram que ele é melhor do que materiais como aço, madeira e concreto, quando fazemos uma relação entre a resistência à tração e a massa específica, conforme a Tabela 1.1. Onde mostra que o bambu apresenta a maior relação entre eles, tornando vantajoso o seu emprego na construção civil.

Tabela 1.1 – Relação entre a resistência à tração e a massa específica dos materiais.

Material	Resist. Tração σ_t (N/mm ²)	Massa específ. M_{eb} (N/mm ³ x 10 ⁻²)	$R = \frac{\sigma_t}{M_{eb}} * 10^2$	R/R _{aço}
Aço (CA 50 A)	500	7.83	0.64	1.00
Bambu	140	0.80	1.75	2.73
Alumínio	304	2.70	1.13	1.77
Ferro Fundido	281	7.20	0.39	0.61

O bambu tem ainda a vantagem de ter baixo consumo de energia e baixo custo na sua produção, além de ser um material ecológico e renovável, que é uma necessidade dos dias atuais. A Tabela 1.2 mostra a relação entre a energia de produção dos materiais por unidade de tensão, provando que o bambu consome pouca energia para a sua produção. (GHAVAMI, 1992)

Tabela 1.2 - Relação entre energia de produção por unidade de tensão de materiais.

Material	Bambu	Madeira	Concreto	Aço
MJ/m ³ /MPa	30	80	240	1500

1.2.

A utilização do bambu na Engenharia

De acordo com Hidalgo Lopez [1] a utilização do bambu pelos seres humanos é feita há milênios, principalmente no Oriente, em países como China, Índia, Japão, Indonésia e Filipinas, e no Ocidente, em países como Colômbia e Costa Rica, mas em geral nos continentes americanos e asiáticos, principalmente, onde existem indústrias voltadas para exploração e comercialização de produtos manufaturados como pisos, forros e laminados.

Na Ásia encontram-se estruturas muito antigas de bambu, como exemplo tem-se o Taj Mahal e algumas pontes na China.

Alguns exemplos de obras já realizadas de bambu: Templo Bambushain em Hangzhou, na China (Figura 1.1), ponte de bambu (Figura 1.2), Pavilhão de bambu na Expo de Hannover, Alemanha em 2000 (Figura 1.3), Ponte de bambu de Stuttgart, Alemanha (Figura 1.4), ponte de bambu na Colômbia (Figura 1.5), ponte de bambu na Colômbia (Figura 1.6).



Figura 1.1 - Templo Bambushain em Hangzhou, na China.



Figura 1.2 - Ponte de bambu.



Figura 1.3 - Pavilhão de bambu na Expo de Hanover – Alemanha em 2000.



Figura 1.4 – Ponte de Bambu de Stuttgart, na Alemanha.



Figura 1.5 – Ponte de Bambu na Colômbia.



Figura 1.6 – Ponte de Bambu na Colômbia.

O bambu é muito utilizado na construção civil em regiões sujeitas aos abalos sísmicos. Estas construções mostraram que o bambu possui boa resistência às cargas sísmicas.

1.3.

Objetivos e motivação

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo experimental para levantar as propriedades dinâmicas, em particular o amortecimento estrutural de três espécies

de bambu, *Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia* e *Phyllostachys aurea*, sobre segmentos de seção aberta e de seção circular fechada.

Na literatura disponível não se encontram muitos estudos sobre o comportamento dinâmico do bambu. O único trabalho publicado sobre o assunto foi no NOCMAT/3 por GHAVAMI et. al. em 2002.

Em Bangalore na Índia, um protótipo de uma casa de bambu com dimensões de 2,7 x 2,7 metros, feita com colunas e grelhas de bambu, cobertos com 50 mm de argamassa e telhado feito com tesouras e terças de bambu, foi desenvolvido para o estudo de resistência a terremotos, Figura 1.6. Fixado a uma mesa vibratória que realiza movimentos triaxiais, o protótipo foi submetido à simulação do forte terremoto que abateu Kobe no Japão em 1995. A construção resistiu aos testes sem qualquer perda de capacidade estrutural, provando o excelente desempenho do bambu quando sujeito a abalos sísmicos.

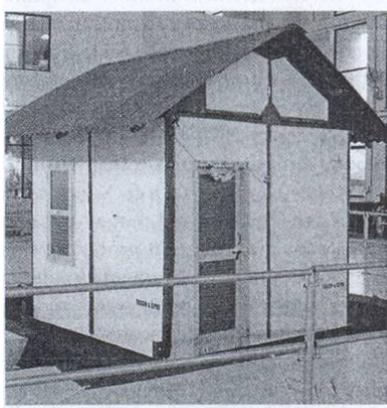


Figura 1.7 – Protótipo de uma casa de bambu usada na Índia para o estudo da resistência ao terremoto.

1.4.

Organização do trabalho

Além do Capítulo 1, o trabalho está dividido em mais quatro capítulos descritos a seguir:

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica sobre dinâmica das estruturas, mostrando métodos de determinação do fator de amortecimento, assim como alguns métodos utilizados no estudo de análise modal.

Capítulo 3 - Abordagem das metodologias utilizadas em todos os ensaios realizados nesta pesquisa.

Capítulo 4 - Apresentação e análise dos resultados provenientes dos ensaios realizados.

Capítulo 5 - Conclusões e sugestões para trabalhos que possam ser realizados futuramente.

Apêndice A - Análise numérica dos segmentos de bambu.

Apêndice B – Análise analítica dos segmentos de bambu.