

# 1. Introdução

O desenvolvimento de materiais de baixo custo na construção civil, torna-se uma exigência atual básica. Os materiais convencionais mobilizam vultuosos recursos financeiros, consomem muita energia e requerem processos centralizados de produção. Neste sentido impõem-se materiais ecológicos de baixo custo e reduzido consumo de energia na produção, minimizando a poluição, o consumo de energia, garantindo a conservação dos recursos não renováveis e a manutenção de um ambiente saudável que não favoreça a proliferação de doenças (GHAVAMI, 1992).

Pela sua versatilidade, o bambu é um dos materiais mais antigos a ser utilizado pela humanidade. Seu uso na engenharia data da era A.C. na China, onde pontes suspensas foram construídas com cabos de bambu. A partir destas pontes, estruturas treliçadas em construções como cúpulas, andaimes e coberturas tornaram-se usuais, principalmente nos países asiáticos. Técnicas de construção desenvolvidas na Índia neste período são até hoje utilizadas em países orientais como Tailândia, Taiwan e Indonésia.

As diversas espécies de bambu permitem numerosas aplicações na atividade humana. Em países orientais, os bambus são empregados na construção de casas, móveis, cercas, pontes, utensílios domésticos, vasos para armazenamento de água, ladrilhos para piso, brinquedos, instrumentos musicais, produção de papel, etc. A eficiência deste material para a construção civil é comprovada considerando a durabilidade das obras construídas pelos povos asiáticos.

Em alguns países da América do Sul com abundância do material, como Colômbia, Peru e Equador, várias aplicações têm sido exploradas, principalmente na confecção de paredes, muros e andaimes. A Colômbia é o país da América Latina que mais emprega o bambu na construção de habitações populares. A fim de solucionar os problemas habitacionais na Colômbia, vem se desenvolvendo programas governamentais que incentivam o uso deste material.

O Brasil possui registros que mostram a eficiência do bambu. Nos últimos anos seu emprego vem ganhando importância econômica e espaço na construção civil. No meio rural está sendo utilizado em cercas, paredes de pau a pique,

tubulações para irrigação, etc. Construções de grande porte como casas, pousadas e lojas afirmam a qualidade e beleza do material.

### 1.1. O problema da habitação popular

Grande parte da população brasileira vive sob condições precárias de vida e não apresenta condições financeiras suficientes para adquirir moradia adequada. Em contrapartida, o país possui inúmeros recursos naturais que apresentam potencial como elementos construtivos e que, por serem de baixo custo, poderiam minimizar o problema habitacional.

O bambu é um material que oferece grandes vantagens para sua aplicação, principalmente no Brasil, cujo clima tropical é favorável ao seu crescimento, e onde pode ser encontrado em abundância. Esta disponibilidade do material, o torna interessante do ponto de vista econômico, viabilizando o desenvolvimento de sistemas construtivos.

O emprego do bambu em habitações e edifícios, além de atender à carência social e econômica da construção civil, responderia também ao aspecto cultural, pois é um material de identidade regional e beleza estética. É um material de grande potencial econômico que, ao mesmo tempo que resgata uma antiga cultura construtiva, valoriza os materiais naturais como elementos construtivos e atende às necessidades sócio - econômicas do país.

### 1.2. Vantagens do bambu

Devido à carência de material e energia, nasceu uma nova preocupação com o uso de materiais alternativos e de baixo custo, principalmente em países de economia agrícola e com problema habitacional. O bambu, é um material renovável e ao mesmo tempo ecológico, não apresentando implicações poluentes em sua produção. A ampliação do uso de recursos renováveis e o uso de tecnologias não poluentes amenizam os impactos dos processos industriais que agredem o ecossistema: *“Voltar os olhos para o bambu, a fim de ampliar sua faixa de utilização, tornando-o um elemento manipulável pela engenharia, inserir-se neste quadro de desenvolvimento de tecnologias não poluentes, facilmente acessíveis e de baixo impacto ambiental”* (MOREIRA, 1991).

Experiências realizadas no Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio demonstram que o bambu se combina a qualquer outro tipo de material, sendo possível seu uso na construção de lajes e vigas de concreto leve, substituindo o uso do aço e reduzindo o custo da obra. As principais vantagens do bambu quando empregado como reforço do concreto são: baixa energia por unidade de tensão e alta resistência à tração. O bambu possui no entanto duas desvantagens: baixo módulo de elasticidade, variação de seu volume por absorção de água e suscetibilidade ao ataque químico e de microorganismos (GHAVAMI, 1992). As Tabelas 1.1 e 1.2 apresentam uma comparação do bambu com outros materiais de construção. Esta comparação baseia-se na energia de produção por unidade de tensão e na relação entre resistência à tração e peso específico.

Tabela 1.1. Relação energia de produção – unidade de tensão para materiais de construção.

<b>Material</b>	Bambu	Madeira	Concreto	Aço
<b>MJ/m<sup>3</sup>/MPa</b>	30	80	240	1500

Tabela 1.2. Relação resistência à tração – peso específico.

<b>Material</b>	<b>Resist. tração (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso específico (N/mm<sup>3</sup>10<sup>-2</sup>)</b>	<b>R=(<math>\sigma/v</math>)10<sup>2</sup></b>	<b>R/R<sub>aço</sub></b>
Aço (CA50A)	500	7,83	0,63	1,00
Bambu	140	0,80	1,75	2,77
Alumínio	304	2,70	1,13	1,79
Ferro fundido	281	7,20	0,39	0,62

### 1.3. Usos na engenharia e arquitetura

Pesquisas científicas isoladas visando a aplicação do bambu na engenharia datam de 1914 na China e Estados Unidos e posteriormente na Alemanha, Japão, Índia, Filipinas e outros países. No Brasil, os primeiros estudos científicos relativos ao bambu tiveram início em 1979, no Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio sob a orientação do professor Khosrow Ghavami. A partir dessa data até hoje foram desenvolvidos vários programas de investigação do uso do bambu e fibras naturais (coco, sisal, piaçava e polpa celulósica de bambu) como materiais de baixo custo, empregados na construção, principalmente como alternativa para o aço em estruturas de concreto e estruturas espaciais (GHAVAMI, 1995).

Dentre as obras já realizadas utilizando bambu podem ser citadas o Memorial da Cultura Indígena em Campo Grande - MS, inaugurado em Setembro de 1999 (Figura 1.1), casa construída inteiramente de bambu, apresentada no Casa Show de Itanhangá (Figura 1.2), pontes de bambu, construídas na Alemanha e na Colômbia (Figuras 1.3 e 1.4), Catedral construída em bambu na Colômbia (Figura 1.5), Boate Cozumel na Lagoa - RJ (Figuras 1.6 e 1.7), entre outras.



Figura 1.1. Interior do Memorial Indígena em Campo Grande - MS.



Figura 1.2. Casa de bambu em Itanhangá - RJ.



Figura 1.3. Ponte de bambu em Stuttgart, Alemanha.



Figura 1.4. Ponte de bambu na Colômbia.



Figura 1.5. Vistas frontal e interna da Catedral construída em bambu na Colômbia.





Figura 1.6. Vista frontal da Boate Cozumel na Lagoa em fase de construção e revestimento com barro.



Figura 1.7. Vista frontal da Boate Cozumel concluída.

#### 1.4. Objetivo e estrutura do trabalho

Para o uso do bambu em grande escala como material de engenharia economicamente viável e com possibilidades de industrialização, é necessário realizar um estudo científico sistemático, englobando os processos de plantação, coleta, cura, tratamento e pós-tratamento, além de realizar a análise estatística completa das propriedades físicas e mecânicas dos colmos de bambu inteiros. A partir destes estudos, será possível criar critérios confiáveis de dimensionamento e emprego de processos industriais viabilizando economicamente o uso do bambu.

A espécie *Phyllostachys aurea* pela sua grande resistência é muito utilizada em varas de pescar, estruturas, móveis e trançados, sendo até o presente muito pouco estudada do ponto de vista de suas propriedades físicas, mecânicas e mesoestruturais. Assim objetivo do presente trabalho é determinar as principais características desta espécie, dando ênfase ao comportamento à flambagem de colunas de bambu quando submetidas à compressão.

No capítulo dois faz-se uma revisão bibliográfica sobre as propriedades do bambu, abordando as principais características físicas, químicas, mecânicas e mesoestruturais de outras espécies de bambu encontradas na literatura, apresentando-se ainda uma revisão sobre o comportamento de cascas cilíndricas sob o fenômeno de perda de estabilidade ou seja o fenômeno de flambagem.

O capítulo três descreve a metodologia utilizada para a determinação das propriedades físicas, mecânicas e mesoestruturais da espécie *Phyllostachys aurea*. Uma explicação dos testes é apresentada, assim como a análise dos resultados.

O capítulo quatro apresenta um estudo sobre a flambagem de colunas de bambu, abordando a metodologia dos ensaios e análise dos resultados.

O capítulo cinco aborda as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

O trabalho consta também dos seguintes apêndices:

- Apêndice A, com imagens obtidas no microscópio eletrônico de varredura as quais caracterizam os modos de ruptura de corpos de prova ensaiados à tração e ao cisalhamento interlaminar.
- Apêndice B, são apresentadas fotos dos ensaios de flambagem.