

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO BAMBU

Aluno: Bruno Moreira Longuinho

Orientador: Khosrow Ghavami

Introdução

O déficit habitacional em países em desenvolvimento motiva a busca de novas tecnologias para a construção civil de baixo custo. Dentro desse cenário o bambu figura como um dos melhores substituintes das tecnologias convencionais hoje encontradas, devido ao seu baixo custo e por ser encontrado em grande parte do Brasil. Mas para que seja possível a sua utilização na construção é necessário que sejam conhecidas as suas propriedades físicas e mecânicas para a utilização segura deste material.

Objetivos

Mapear as propriedades físicas e mecânicas de corpos de prova de bambu através de ensaios já normatizados e fazendo uso também de ensaios concebidos por pesquisadores da equipe do Professor Ghavami.

Metodologia

Foram feitas medidas de algumas características físicas, como tamanho do internó, espessura da parede e diâmetro interno, e como essas propriedades variam ao longo do colmo do bambu.

Para a análise foram medidos 3 partes da base (B1, B2 e B3), duas do meio (M1 e M2) e uma do topo (T) do colmo de um bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*. A figura 1 mostra os resultados obtidos.

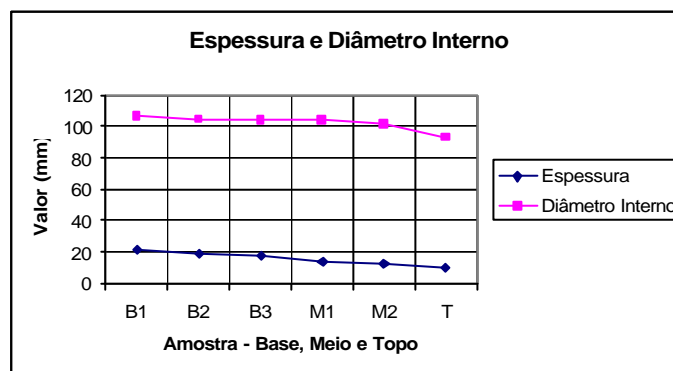


Figura 1: Espessura da parede e diâmetro interno

A norma ISO N314 regula os ensaios para determinação das propriedades mecânicas do bambu, mas para determiná-las foram usados ensaios não normatizados, concebidos por pesquisadores da equipe do professor Ghavami. Neste trabalho estão alguns dos resultados obtidos para os ensaios de Flexão e Torção em um corpo de prova de bambu da espécie Mosó que foram feitos em conjunto com o aluno Luis Alberto Torres no seu projeto final de graduação [1].

Para os dois ensaios foram feitos o carregamento e o descarregamento das cargas aplicadas. Para a flexão o carregamento foi feito na ponta do corpo de prova, e para a torção o ensaio foi montado de modo a gerar um momento torsor puro (sem flexão).

No ensaio de flexão foram utilizados 4 relógios comparadores posicionados longitudinalmente ao longo do corpo de prova, e para o de torção foram utilizados dois

relógios, um para medir a variação do ângulo de giro do bambu e o outro para verificar que o bambu não se flexionaria com o momento torsor aplicado.

As figuras 2 e 3 são os gráficos obtidos com os ensaios. No gráfico de flexão, cada curva representa as medições de cada um dos relógios para as diferentes posições em que foram colocados.

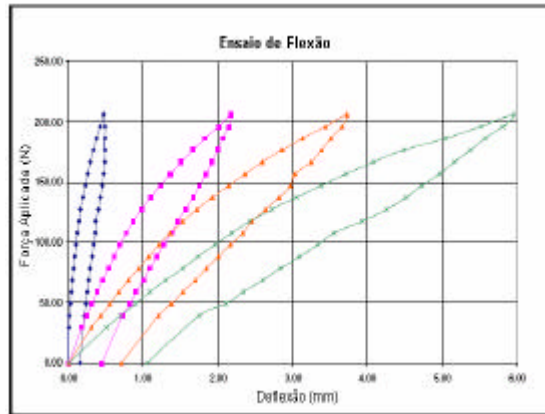


Figura 2: Ensaio de Flexão.

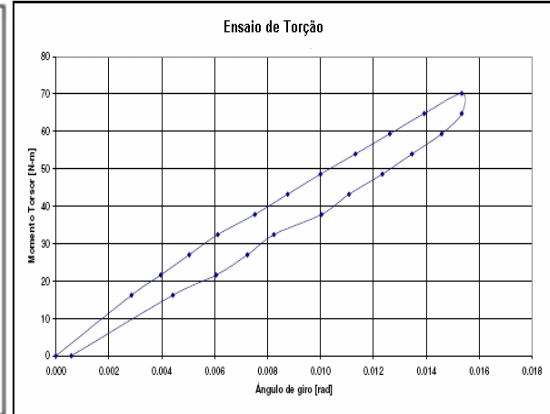


Figura 3: Ensaio de Torção.

Nas figuras 4 e 5 estão a montagem dos ensaios de flexão e torção feitos no laboratório.



Figura 4: Montagem do ensaio de flexão



Figura 5: Montagem do ensaio de torção

Após o ensaio os dados foram analisados a fim de se obter os módulos de elasticidade (E) e de rigidez (G) dos bambus usados nos ensaios.

- Módulo de Elasticidade (E):

De acordo com a teoria, a curva elástica de uma viga de tamanho L com uma carga P aplicada no seu extremo é obtida através da equação 1:

$$v = \frac{Px^2}{6EI}(3L - x) \quad [1]$$

Onde v representa a deflexão em um ponto a uma distância x da extremidade presa da viga, E é igual ao módulo de elasticidade longitudinal do material e I é o momento de inércia da seção transversal da viga com respeito à linha central a que está sendo flexionada.

De acordo com a equação 1, a deflexão medida a uma distância d da extremidade livre da viga é:

$$v = \frac{Px^2}{6EI}(3L - x) \quad [2]$$

Operando-se a equação 2 de maneira que a deflexão v fique como a variável independente e a carga P fique como a variável dependente, se chega à expressão 3:

$$P = \frac{6EI}{(3L - d) \cdot d^2} \cdot v \quad [3]$$

Esta última fórmula é dizer que tendo-se uma curva de carga vs. deflexão de um ponto a uma distância d da extremidade presa da viga, a variável ' s ' é dada pela fração que multiplica v na equação. De modo que, conhecendo-se a variável ' s ', o módulo de elasticidade é dado pela equação 4:

$$E_f = \frac{(3L - d) \cdot d^2}{6I} \cdot s \quad [4]$$

Fazendo uso desta formulação teórica foi possível determinar o módulo de elasticidade do bambu Mosó para os resultados obtidos em cada um dos relógios comparadores utilizados no ensaio:

E_{f1} [GPa]	E_{f2} [GPa]	E_{f3} [GPa]	E_{f4} [GPa]
0.2	2.0	3.1	3.8

Figura 6: Resultados para cada um dos relógios comparadores.

Como a deflexão no primeiro comparador foi a menor, uma vez que este estava próximo da extremidade presa, o módulo de elasticidade calculado com os seus dados foi também o menor. E obteve-se o maior módulo de elasticidade justamente no ponto de aplicação da carga, que se localizava na ponta livre do bambu ensaiado.

- Módulo de Rigidez (G):

O modo utilizado para se obter o módulo de rigidez foi medir o giro que sofre um cilindro de bambu quando é submetido a um torque e relacionar o valor obtido com o módulo G .

De acordo com a resistência dos materiais, o giro f de um tubo cilíndrico submetido a um torque T pode ser calculado da seguinte forma:

$$\varphi = \frac{T \cdot L}{J \cdot G} \quad [5]$$

Onde L é o tamanho longitudinal do tubo, J é o momento de inércia polar do mesmo e G o módulo de rigidez do plano perpendicular ao eixo do tubo, no caso G_{zf} .

Operando-se a equação 5 de modo a deixar f como variável independente e o torque T como a variável dependente tem-se que:

$$T = \frac{J \cdot G_{zf}}{L} \cdot \varphi \quad [6]$$

De forma análoga à feita para o ensaio de flexão, considerando uma curva de torque vs. Giro de um cilindro elástico, a variável 's' deve ser dada pela fração que multiplica f na equação 6. Conhecendo-se a variável 's', o módulo de rigidez G_{zf} pode ser calculado pela expressão 7:

$$G_{zf} = \frac{L}{J} \cdot S \quad [7]$$

Uma vez que na montagem experimental não foram feitas medidas dos ângulos de giro, e sim de pequenos deslocamentos horizontais, foi usada uma equação trigonométrica para relacionar os deslocamentos com o ângulo de giro.

A figura 7 mostra uma reta vertical oa que é girada de um pequeno ângulo f até a sua posição final ob . A projeção horizontal do arco ab é a distância op no esquema. Dessa forma a distância op medida durante o experimento pode ser relacionada com o Ângulo de giro f de acordo com a expressão 8:

$$\varphi = \arctan\left(\frac{op.}{ad.}\right) \quad [8]$$

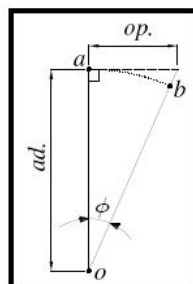


Figura 7 : esquema explicativo para equação [8].

Fazendo uso da formulação teórica acima e os dados obtidos com os resultados do experimento, que foi feito duas vezes, foi possível determinar o módulo de rigidez para os dois ensaios realizados, que estão representados na figura 8.

Ensaio	G (Mpa)
Primeiro	890
Segundo	930

Figura 8: Resultados para o ensaio de torção

Conclusões

Com as experiências feitas neste trabalho foi possível perceber a importância das pesquisas e do uso de materiais e tecnologias não convencionais. O uso de ensaios não normatizados serve de exemplo e incentivo para a procura de novos métodos experimentais que possam ser mais econômicos e igualmente eficazes aos regulados pelas normas.

Com os resultados obtidos fica claro que o bambu pode ser usado como material confiável na construção civil, tendo sempre em vista o desenvolvimento sustentável, e a não agressão ao meio ambiente.

Referências

[1] TORRES CRUZ, L.A. **Modelo anisótropo de elementos finitos para el análisis mecánico del bambú y su verificación experimental.** Santiago de Cali, 2005. 133p. Trabalho Final - Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Universidad del Valle.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Determination of physical and mechanical properties of bamboo**, ISO N314. 1999.