

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DAS FIBRAS INTERNAS E EXTERNAS DO BAMBU DA ESPÉCIE *BAMBUSA VULGARIS*

LUCAS V. S. FELICIO¹, CRISTIANE P. MARIN²

¹ Graduando em Engenharia civil, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Votuporanga, l.felicio@aluno.ifsp.edu.br.

² Professora Ma. da área de Edificações, IFSP, Campus Votuporanga, crismarin@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.02.02-2 Estruturas de madeira

RESUMO: O bambu é uma gramínea conhecida e utilizada há milênios em diversas aplicações, e o Brasil possui clima favorável e extensão territorial para o plantio de diversas variedades. Porém, a falta de tradição no emprego do bambu como matéria-prima combinada com as lacunas de conhecimento e tecnologia resultam na pouca utilização do material no Brasil. Utilizado como elemento estrutural sozinho ou combinado com outros materiais como solo e concreto tem demonstrado em pesquisas potencial para substituir o aço em algumas aplicações. Entretanto, para submeter o bambu a essa interação, é preciso primeiramente conhecer as propriedades físicas e mecânicas das fibras do bambu. Algumas pesquisas demonstraram que a distribuição de fibras varia da região próxima da casca em direção ao centro do bambu, impactando na densidade e resistência do material dependendo da região onde as fibras estão posicionadas (internamente ou externamente). Dessa forma, buscou-se nesse projeto de pesquisa avaliar a resistência à tração das fibras internas e externas do bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*. As fibras externas apresentaram resistência à tração bem superior às fibras internas, com valores médios superiores ao dobro dos obtidos para as fibras internas.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de bambu; Diferenciação de fibras; Construção civil; Resistência à tração; Engenharia civil.

EVALUATION OF THE TENSILE STRENGTH OF THE INTERNAL AND EXTERNAL FIBERS OF BAMBOO OF THE SPECIES *BAMBUSA VULGARIS*

ABSTRACT: Bamboo, a grass known and used for millennia in various applications, has great potential in Brazil due to favorable climate conditions and vast territory for growing diverse species. However, the lack of tradition in using bamboo as a raw material, combined with gaps in knowledge and technology, has resulted in limited utilization of the material in the country. When employed as a structural element, either alone or combined with other materials such as soil and concrete, bamboo has shown potential in research to replace steel in certain applications. Nevertheless, to integrate bamboo into such applications, it is essential to first understand the physical and mechanical properties of its fibers. Research has shown that fiber distribution varies from the outer region near the bark toward the center of the bamboo, impacting the material's density and strength depending on the fiber location (internal or external). This research project aimed to evaluate the tensile strength of the internal and external fibers of *Bambusa vulgaris*. The results showed that the external fibers exhibited significantly higher tensile strength, with average values more than double those of the internal fibers.

KEYWORDS: Bamboo structures; Fibers differentiation; Civil construction; Tensile testing; Civil engineering.

INTRODUÇÃO

A engenharia como ciência é definida por uma constante busca e aprimoramento de materiais que atendam melhor a demanda da sociedade. Frente à futura escassez de recursos não renováveis e que são explorados em grande escala pela indústria, pesquisas sobre materiais sustentáveis são cada vez mais impulsionadas. Este é o caso do bambu, material natural e facilmente encontrado em todo o Brasil.

Pela boa resistência à tração, o bambu acaba se tornando um forte concorrente ao aço utilizado como armadura de concreto, que enfrenta problemas ambientais relacionados a sua produção (Ghavami, 1992). Isso prova que o bambu, quando explorado de maneira consciente, pode formar novas tecnologias para a construção civil, desde que seja bem caracterizado.

O bambu é dividido em duas partes principais, o colmo, parte exposta da planta, e o rizoma, parte subterrânea, que contém as raízes do vegetal. O colmo é composto por fibras, que conferem a resistência do bambu, e que têm na sua composição principalmente a celulose e a lignina. A proporção dessa composição é alterada ao longo do colmo, por isso, existe uma diferença de resistência entre a base, o meio e o topo do bambu (Mota; Junior; Pastor, 2021).

Outra característica observada é com relação à distribuição de fibras na espessura do colmo. Conforme a FIGURA 01, a região mais próxima da casca possui maior concentração de fibras, para que o bambu resista de maneira mais eficaz às cargas de vento as quais é submetido na natureza (Ghavami, Marinho, 2004).

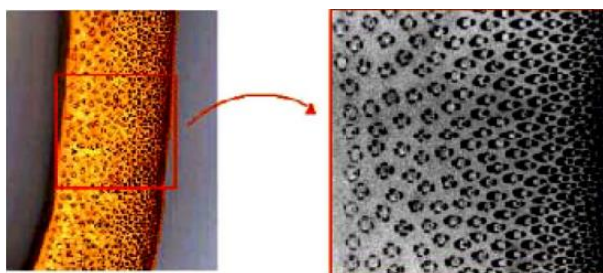


FIGURA 01. Diferença de fibras ao longo da parede de um colmo de bambu

Fonte: Ghavami (2005)

Essa característica motivou a pesquisa aqui relatada, buscando identificar a variação de resistência à tração ao analisar as fibras próximas à casca e as fibras mais internas na espessura do colmo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*, devidamente seco após o corte, porém sem nenhum tratamento.

Foram retirados 26 corpos de prova da base do colmo, sendo 13 para análise das fibras internas e 13 para análise das fibras externas. Para o preparo dos corpos de prova e realização do ensaio de resistência à tração, foram seguidas as indicações da NBR16828-2 (2020). O ensaio foi realizado em uma máquina de tração da EMIC linha DL GR048, com capacidade de carga de 300 kN.

Os corpos de prova no padrão da normativa devem ser de seção transversal retangular, com largura igual à espessura da parede do colmo (t) e base (b) no máximo igual à metade deste valor e menor que 20mm (NBR 16828-2, 2020), conforme a FIGURA 02:

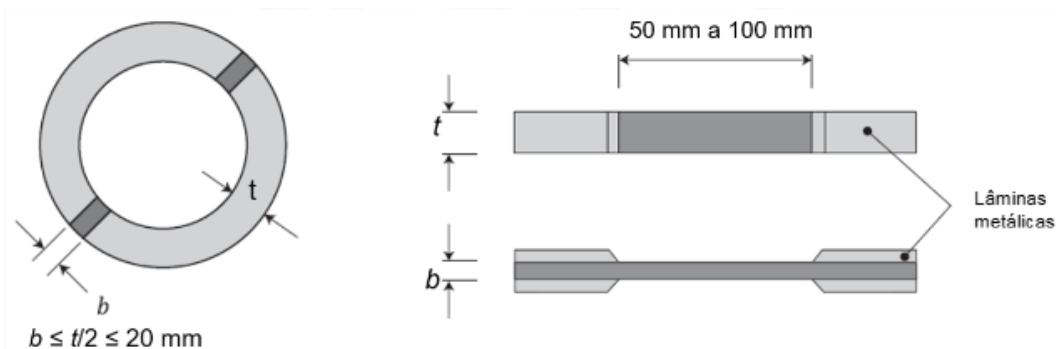


FIGURA 02. Corpo de prova para ensaio de tração paralela às fibras

Fonte: NBR 16828-2 (2020)

Para a análise das fibras internas e externas isoladamente, foi utilizado um modelo de corpo de prova diferente da normativa referenciada, visto que esta resultaria na resistência geral da amostra, com todas as fibras da espessura do colmo trabalhando em conjunto. Para fins de investigação científica, portanto, o modelo utilizado é o SS (*strip cut-side curve*), de acordo com Al-Fasih *et al.* (2021). Este modelo consiste em um corpo de prova com seções retangulares na região da garra do equipamento que traciona o corpo, porém, com uma estricção no centro. Para avaliação de fibras externas, a estricção foi realizada de modo a retirar as fibras internas na região central do corpo de prova, buscando captar somente a contribuição das fibras restantes, idem para a avaliação das fibras internas. A FIGURA 03 demonstra o detalhamento do corpo de prova implementado, com suas medidas reais.

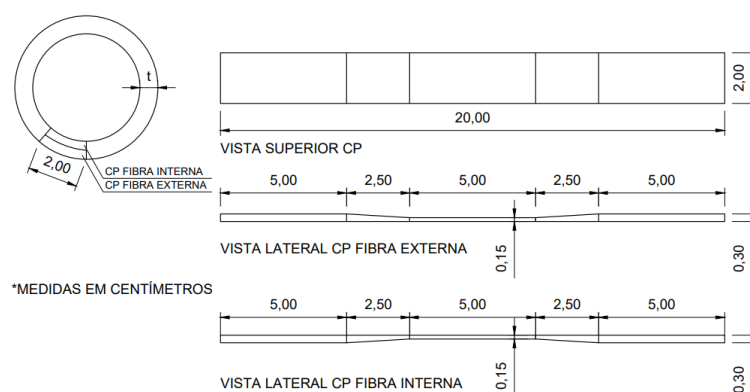


FIGURA 03. Detalhamento dos corpos de prova à tração

Fonte: Próprio autor (2024)

Quando o bambu é solicitado por esforços de tração, as fibras são responsáveis pela sua resistência mecânica, porém, por conta da matriz de lignina que as envolve, a ruptura do material se dá por cisalhamento entre as fibras (Ghavami, Marinho, 2004). Esse tipo de ruptura é comum em materiais fibrosos e é conhecido como ruptura do tipo vassoura (Al-Fasih *et al.*, 2021), como exposto na FIGURA 04. A informação é importante para destacar o tipo de ruptura esperada para esse material.

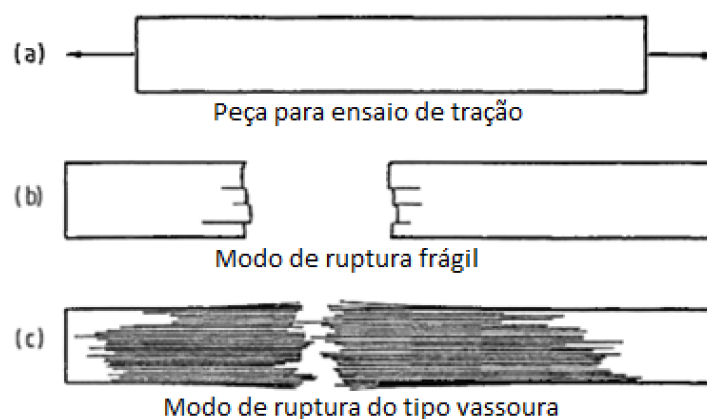


FIGURA 04. Tipos de ruptura de materiais compósitos

Fonte: Bader (1988)

Após executado os ensaios de tração, foram obtidos os valores médios de resistência de cada amostra. Para converter esses valores para resistência característica do colmo analisado, é necessário utilizar a expressão proposta pela NBR 16828-1 (2020), demonstrada pela equação 1.

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,645.S \quad (1)$$

Em que, f_{ck} é a resistência característica, f_{cm} é a resistência média das amostras e S é o desvio padrão do conjunto de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de resistência à tração média e característica obtidos nos ensaios são apresentados na TABELA 01.

TABELA 01. Valores de resistência obtidos no ensaio de tração (Fonte: Próprio autor)

Corpos ensaiados	Resistência média (MPa)	Desvio padrão	Resistência característica (MPa)
Fibras internas	115,46	24,33	75,44
Fibras externas	252,66	36,87	192,00

Com a análise dos dados da TABELA 01, verifica-se que os valores de resistência das fibras externas são maiores que os de fibras internas, a concordar com a bibliografia que indica uma maior concentração de fibras na região externa do colmo. E como as fibras são os elementos que conferem a resistência mecânica do bambu, é esperado que essa região na espessura do colmo apresente maior resistência mecânica.

A FIGURA 05 e a FIGURA 06 apresentam o aspecto de um corpo de prova extraído internamente e outro extraído externamente após a ruptura. A ruptura do tipo vassoura foi observada em ambos.



FIGURA 05. Corpo de prova interno após o ensaio de tração paralela às fibras
Fonte: Próprio autor (2024)



FIGURA 06. Corpo de prova externo após o ensaio de tração paralela às fibras
Fonte: Próprio autor (2024)

CONCLUSÕES

Portanto, conclui-se que o bambu é um material de grande resistência que pode ser utilizado pela construção civil como uma alternativa sustentável às construções convencionais. Sua composição pode ser explorada dividindo suas fibras e obtendo valores de resistência mecânica ainda maiores, fazendo com que estas possam servir como compósito para incorporação do bambu em outros materiais. Sua ruptura quando submetido à tração se dá por cisalhamento das fibras, conforme previsto pela bibliografia e as fibras externas apresentaram maior resistência, como esperado.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

C.P.M. contribuiu com a definição da problemática do projeto, orientação e revisões textuais.
L.V.S.F. contribuiu com o desenvolvimento do projeto, metodologia aplicada, interpretação de resultados e redação do trabalho.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, por conceder a bolsa para o desenvolvimento do projeto e a todos que participaram, direta ou indiretamente do processo.

REFERÊNCIAS

- AL-FASIH, M. *et al.* Tensile properties of bamboo strips and flexural behaviour of the bamboo reinforced concrete beams. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19648189.2021.1945954>. Acesso em: 12 nov. 2023
- ARANDA JÚNIOR, M. L. **Elaboração de cartilha para montagem de cobertura em bambu para moradias rurais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/2598>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1**: Estruturas de Bambu - Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020. Acesso em: 26 mar. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16828-2**: Estruturas de Bambu - Parte 2: Determinação Das Propriedades Físicas e Mecânicas Do Bambu. Rio de Janeiro, 2020. Acesso em: 26 mar. 2024.
- BADER, M.G. Tensile Strength of Uniaxial Composites. **Science and Engineering of Composite Materials**, p. 1 - 12. 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/SECM.1988.1.1.1>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- FERNANDES, C. V. **O impacto do tratamento de redução de amido, utilizando soluções de hidróxido de sódio, ácido bórico com borax e água fria, nas resistências à tração das fibras de bambu da espécie Bambusa Vulgaris**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Votuporanga, 2023.
- GHAVAMI, K. Bambu: um material alternativo na engenharia. **Revista Engenharia, Construção civil, Pesquisa, Engenho**, n. 492, pp. 23-27. 1992.
- GHAVAMI, K. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. **Cement and Concrete Composites**, pp. 637-649. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2004.06.002>. Acesso em: 24 maio. 2024.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100016>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- MOTA, G.; JUNIOR, A.; PASTOR, J. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 55, p. 152-164, set. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4366>. Acesso em: 24 maio 2024.