

APLICAÇÃO DO BAMBU COMO ELEMENTO ESTRUTURAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL

*APPLICATION OF BAMBOO AS A STRUCTURAL ELEMENT OF
CIVIL CONSTRUCTION*

ANDRADE, Éderson Pereira de

Graduando em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de Minas Gerais.
ederson@ciatlus.com.br

Izabel Cristina de Matos Andrade e Luciana Nunes de Magalhães

RESUMO

Existem vários tipos de processos construtivos e a cada dia são introduzidos novos processos com seus respectivos elementos nas obras. O bambu é uma alternativa que vem sendo pesquisada e explorada para ser empregado como elemento estrutural, tornando a construção mais sustentável e econômica, sem haver perdas de resistências, visto que sua resistência mecânica supera a da madeira e do concreto, sendo comparada até mesmo com a do aço. No Brasil, o bambu é pouco utilizado, entretanto, já é possível perceber o seu uso diversificado em edificações de países latino-americanos, devido as suas vantagens como leveza, resistência e versatilidade. Desta forma, realizou-se uma pesquisa na literatura a respeito dos conceitos fundamentais sobre o bambu, suas características e usos sustentáveis, objetivando, discutir a importância do seu uso como elemento estrutural, seus benefícios em relação aos demais materiais e suas propriedades. Concluiu-se que o bambu é um excelente material podendo ser aplicado na construção civil, não só como elemento estrutural, mas também como alvenaria de vedação, revestimentos e no concreto reforçado.

Palavras-chave: Bambu. Construção civil. Materiais estruturais. Sustentabilidade.

ABSTRACT

There are several types of construction processes and every day new processes are introduced with their respective elements in the works. Bamboo is an alternative that has been researched and explored to be used as a structural element, making construction more sustainable and economical, without loss of strength, as its mechanical strength surpasses that of wood and concrete, being even compared with that of steel. In Brazil, bamboo is little used, however, it is already possible to see its diversified use in buildings in Latin American countries, due to its advantages such as lightness, strength and versatility. Thus, there was a research in the literature about the fundamental concepts about bamboo, its characteristics and sustainable uses, aiming to discuss the importance of its use as a structural element, its benefits in relation to other materials and its properties. It was concluded that bamboo is an excellent material that can be applied in civil construction, not only as a structural element, but also as a masonry for sealing, coatings and reinforced concrete.

Keywords: Bamboo. Construction. Structural materials. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Para se fabricar materiais construtivos convencionais é necessária uma vasta captação de recursos financeiros, bem como um alto consumo energético e a centralização dos processos de produção.

Embora a Construção Civil seja um dos macros setores da economia, também é responsável pelo excessivo consumo dos recursos naturais do planeta, com estimativas que variam de 14% a 50% (JOHN, 2000).

A fim de tornar a construção civil mais sustentável do ponto de vista ambiental, torna-se indispensável a exploração de alternativas para materiais ecológicos de baixo custo e com reduzido consumo de energia em sua produção, minimizando o impacto na natureza, garantindo a conservação dos recursos não renováveis, a preservação de um ambiente saudável e que não favoreça a proliferação de doenças.

Nessa perspectiva, o bambu pode ser uma boa opção, visto que se trata de uma matéria-prima disponível em abundância, renovável e de uso ecologicamente sustentável. Esse material pertence à família das gramíneas e possui mais de mil espécies espalhadas por todo o globo. É uma planta predominantemente tropical e que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, necessitando, em média, de três a seis meses para que um broto atinja sua altura máxima, de até 30 m, para as espécies denominadas gigantes (FARRELY, 1984).

Considerando sua rapidez de reprodução, evitando-se o replantio após o corte, torna-se um grande potencial agrícola. Ele apresenta uma das estruturas mais perfeitas da natureza, combinando flexibilidade e leveza (PEREIRA e BERVALDO, 2007). Aliado a essas qualidades, possui boa resistência a diferentes esforços e um baixo peso específico, reduzindo o custo de seu manuseio e transporte, como observa Ghavami (2006). A sua resistência, é tão resistente quanto o aço em termos de tração e mais resistente que o concreto em termos de compressão (BRINK, 1996).

Ainda, o seu formato original (circular) extremamente adaptativo ao sistema de construção de pré-fabricados, auxiliando a construção de unidades leves e termicamente resistentes.

Um estudo realizado por Ghavami e Marinho (2005), no qual foram efetuados ensaios mecânicos em várias espécies (*Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia*,

Guadua angustifolia, *Guadua tagoara*, *Phyllostachys heterocycla pubescens*-Mosó, e *Phyllostachys bambusoides*-Matake), permitiu o mapeamento das propriedades físicas e mecânicas da planta, além de determinar o módulo de resistência e a tensão na superfície do colmo devido ao momento de flexão dos referidos bambus. Com base nos resultados, é possível estabelecer critérios de dimensionamento e emprego de processos industriais que viabilizem o seu uso.

Os orientais desenvolveram técnicas para a sua utilização na construção civil, bem como na área de irrigação, móveis, instrumentos mecânicos para a locomoção, entre outros. Alguns países da América Latina, como a Colômbia, seguem desenvolvendo, em conjunto com outros materiais como o concreto, o aço e a madeira, novas tecnologias de construção com bambu, possibilitando, dessa forma, a construção de estruturas imponentes, belas e resistentes (CARBONARI, 2017).

O presente trabalho, discute através de uma pesquisa bibliográfica sobre a importância do uso do bambu como elemento estrutural na construção civil, identificando suas propriedades, características e sustentabilidade quanto ao seu uso, assim como os benefícios deste material em relação aos demais materiais estruturais da construção civil.

2. DESENVOLVIMENTO

A planta cresce naturalmente na África, Ásia, América e Oceania, e mais de 1.200 espécies já foram catalogadas (XIAO, ZHOU e SHAN, 2010). Uma característica comum entre estas espécies é seu rápido crescimento, que pode chegar a 25 cm por dia.

Dessas espécies, aproximadamente 20 são consideradas adequadas para fins de construção. As mais importantes são o bambu *Moso* (*Phyllostachys edulis*), *Guadua* (*Guadua angustifolia* Kunth), e *Dendrocalamus asper*. Estas espécies têm caules com diâmetro entre 10 e 18 cm, e sua altura varia de 12 a 20 m, sendo classificada como as espécies referência para fins comerciais (BRINK, 1996).

Suas dimensões variam de uma espécie para outra e com a ecologia de seu local de crescimento. Devido à sua grande resistência, flexibilidade e versatilidade, os caules têm sido amplamente utilizados para habitação e outros fins de construção. Foram identificados cinco materiais de construção à base de bambu: postes, bambu achatado, *bamboomate* tecido, *bamboo mate* laminado com cola, e *matpanel* de bambu laminado (BRINK, 1996; BERALDO e RIVERO, 2003).

Na Colômbia, Equador e Peru, estes materiais foram integrados em sistemas de engenharia construtiva graças à extensa pesquisa sobre o comportamento mecânico dos compósitos de bambu-cremes, bambu laminado com cola e sistemas de paredes de suporte de carga. Os códigos de construção para o bambu usado na construção estão disponíveis na Colômbia desde 2011 e foram introduzidos mais recentemente no Peru e no Equador. Os dois seguintes sistemas construtivos gerais são definidos nestes códigos: estruturas espaciais e paredes portantes (GHAVAMI, 2006).

Historicamente, essa planta era usada em combinação com outros materiais naturais de construção como madeira, argila, cal e grama. Recentemente, é usado em combinação com cimento ou adesivos para produzir materiais muito mais fortes e esteticamente agradáveis que são compatíveis com o estilo de vida moderno (MCCLURE, 1981).

Segundo Tedeschi (2011), existem três tipos de moradias em bambu, a de menor custo conhecida como tradicional de colmos, a *bahareque* é a estrutura de colmos mais cimento ou argila e as pré-fabricadas com placas laminadas. Em 1955, no Brasil, na cidade de Bauru em São Paulo foi construído uma casa de bambu, com paredes pré-moldadas em quadro de sarrafos, recebendo uma camada de reboco e pintura. E na faculdade de engenharia agrícola (Feagri), em 1999, foi construído o escritório com esteiras de bambu rachado revestidas por argamassas. De acordo com Beraldo et al (2000), é possível utilizar o bambu e o cimento para confeccionar telhas onduladas, pisos, blocos vazados, contrapiso e placas para calçamento.

Com a utilização do bambu laminado ou até mesmo com os resíduos gerados do processamento do mesmo, é possível obter diversas combinações semelhantes às da madeira tradicional, como por exemplo ripas e lâminas (pisos e lâminas para revestimentos), bambu laminado colado (moveis e portas), contra placado (moveis e divisórias), compensado (fôrmas de concreto), painel de lascas ondulado para telhado, painel de partículas (pilares e vigas) e painel composto que é semelhante ao compensado (Figuras 1 e 2) (TEDESCHI, 2011).

Figura 1: Telhas de bambu



Fonte: Padovan (2010)

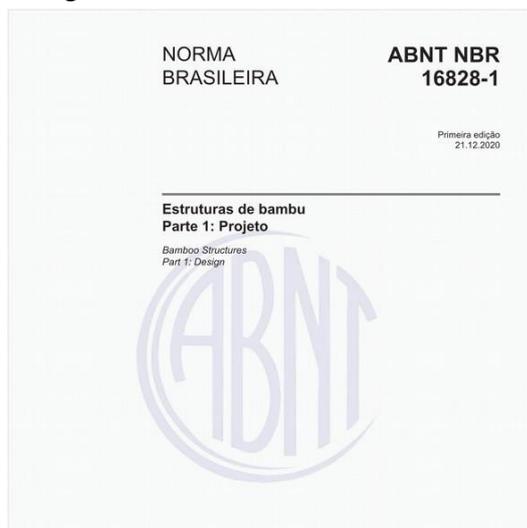
Figura 2: Escada de bambu no Brasil



Fonte: Teixeira (2006)

Para o dimensionamento de estruturas no Brasil, é necessário estar de acordo com as normas técnicas. Para o bambu, a norma entrou em vigor em 2020, NBR 1628-1:2020: estruturas de bambu – parte 1: projeto (Figura 3). Segundo Pontes (2021), a norma atende as propriedades físicas e mecânicas e durabilidade. No entanto, não é adequada para o bambu laminado colado, assim como a norma não inclui os requisitos de prevenção dos estados limites provenientes de ações sísmicas, por exemplo.

Figura 3: ABNT NBR 16828-1/2020



Fonte: NBR 16828-1(2020)

De acordo com ABNT NBR 16828-1 (2020), a estrutura de bambu deve ter capacidade resistente de segurança sob os estados limites de resistência, estabilidade global e local, desempenho de capacidade de utilização da estrutura sem deformações e vibrações excessivas, resistência a influencia ambientais e ataques biológicos.

Segundo Souza (2014) o sistema de estrutura espacial é usado principalmente em telhados, pavilhões e pontes. Este sistema é usado na construção de estruturas leves capazes de cobrir grandes vãos. O sistema de paredes estruturais é composto de estruturas feitas de bambu e é usado principalmente para casas. Os postes são cobertos com bambu achatado e depois rebocados com gesso de solo cimento.

Para Pereira (2012), a utilização do bambu é ideal ara climas frios, suportam até -15°C, assim como as temperaturas altas promovem o crescimento dos bambus, as baixas inibem. De forma geral, o bambu possui um ótimo desempenho entre 8°C e 36°C, e se desenvolve bem na maioria dos solos. Em se tratar de construção renovável e sustentável, o bambu, capta CO₂ e libera oxigênio, possui alta taxa de crescimento, possui pouco desperdício e é fácil de transportar por ser leve e compacto

Como ele é um material natural, concomitantemente é suscetível à degradação natural, se devidamente tratados e processados industrialmente, os componentes feitos dessa matéria prima podem ter uma vida útil razoável de 30-40 anos, embora a durabilidade natural da planta varie de acordo com as espécies e os tipos de tratamentos de acordo com especificação do *Building Materials and Technology Promotion Council* (BMTPC) (GICHOHI, 2014).

Considerado um material resistente e leve, e muitas vezes usado sem processamento ou acabamento de acordo com Gichohi (2014). Ainda que a sua forma redonda e oca represente alguns problemas durante a construção, especialmente nas conexões, suas propriedades mecânicas e seus benefícios ambientais o tornam um material de construção altamente sustentável (Figura 4).

Figura 4: Propriedades mecânicas gerais do bambu

Parte do bambu	Resistência à compressão σ_c (MPa)	Módulo elasticidade-E (GPa)	Coef. Poisson μ
Base sem nó	28,36	14,65	0,27
Base com nó	25,27	9,00	0,56
Centro sem nó	31,77	12,25	0,36
Centro com nó	28,36	12,15	0,18
Topo sem nó	25,27	11,65	0,36
Topo com nó	31,77	15,80	0,33
Valor médio	29,48	12,58	0,34
Variação	25,27-34,52	9,00-16,80	0,18-0,56

Fonte: Ghavami; Marinho (2005, p. 108).

Uma das dificuldades da utilização deste material é sua união, afirma Marçal (2008), uma vez que este apresenta estrutura microfilamentada e porosa e está propenso a se dividir e não pode ser unido aplicando muitas das técnicas tradicionais disponíveis como parafusos, rebites, pregos e amarraduras, pois ou ele se partirá ou acabará se soltando devido à expansão e contração que afrouxa as juntas. Além disso, como está disponível em diferentes comprimentos, suas seções têm que ser unidas com barras de reforço e argamassa de concreto para criar comprimentos que atendam às necessidades do mercado.

Entretanto, uma forma de diminuir os problemas de fixação é usar parafusos nas juntas, seguidos do preenchimento da área ao redor das juntas com argamassa, que depois se torna sólida. Isto evita que a peça se quebre quando uma carga pesada é colocada sobre ele. A barra natural nos possui a distâncias variáveis e estes devem ser aproveitados no momento da utilização na construção sendo que, para que uma estrutura seja estável e resistente, as colunas ou vigas precisam dispor de um nó em ambas as extremidades para evitar que a pressão da estrutura o esmague. Outras técnicas importantes para utiliza-lo como material de construção são as emendas adequadas de barras e a união de elementos horizontais e verticais (CARBONARI, 2017).

Segundo Sabnani *et al.* (2013), atualmente, estes materiais também são chamados

bi compósitos, e podem ser divididos em três categorias:

- Bi compósitos convencionais: Placas de aglomerado e *Flakeboard*, Compensados e Laminados, Fibra de média densidade, Bi compósitos híbridos;
- Bi compósitos de polímeros avançados: Bi compósitos de base termoplástica de bambu, bi compósitos de base termoplástica de bambu, bi compósitos de base elastômero; Bi compósitos de base inorgânica: aglomerantes inorgânicos - gesso, cimento *portland* e cimento de magnésia.

Estudos demonstraram que barras, seja de pequeno diâmetro ou fendas, pode ser usado como reforço em concreto. Um estudo qualitativo mostrou que é possível utilizá-lo para alojamentos modestos utilizando bambu bipartido como reforço, seguindo o projeto para concreto armado de aço (SABNANI, LATKAR e SHARMA, 2013).

Segundo Minae (1989) é interessante constatar que, quando a peça é processada, ela se torna estruturalmente mais forte e esteticamente mais agradável, acrescenta mais benefícios sociais e também se torna mais cara embora não atinja o patamar de preço dos outros materiais usualmente aplicados para o mesmo fim nas construções civis.

O bambu como material de construção sustentável surge do fato de que, quando colhido de forma correta, pode ter um impacto mais positivo sobre o meio ambiente do que outros materiais de construção. A colheita sustentável pode ser alcançada mantendo uma população regular de caules vivos atuais cortando seletivamente os 20% de caules maduros, uma vez que eles serão substituídos anualmente por uma emergência equivalente de brotos jovens (MINAE, 1989).

Visando a sustentabilidade e perpetuação da espécie, podem ser recomendados diferentes ciclos de colheita, sendo que as variações vão depender dos custos diretamente envolvidos, sendo observadas as implicações técnicas sobre o potencial coletável, bem como o impacto da colheita na erosão do solo e na conservação da água como, por exemplo, na Índia, onde um ciclo de corte de quatro anos é recomendado - ao contrário de outras madeiras, o bambu pode ser colhido de 3 a 4 anos após o plantio e anualmente após esse período. Na verdade, a colheita anual é altamente indicada, pois mantém o tufo ou a floresta da planta saudável. Quando colhido, o sistema radicular fica ileso e pronto para produzir mais rebentos, o que permite uma colheita sustentável e duradoura da espécie (JIANGHUA, 2001; ASIF, 2009).

3. CONCLUSÃO

O uso do bambu na construção civil como elemento estrutural é uma realidade que vem sendo aplicada em grandes partes dos continentes, mas suas maiores pesquisas são no oriente. Entretanto, vem ganhando uma dedicação cada vez maior no ocidente na sua aplicabilidade.

Considerado uma matéria-prima renovável e de uso ecologicamente sustentável, estudos apontam que o bambu apresenta resultados satisfatórios na perspectiva mecânica, pois suas características são influenciadas de acordo com a sua espécie, idade, teor de umidade, solo, colheita e região de colmo. Sendo colhido em idade correta apresentando uma melhor resistência mecânica.

Percebe-se que o bambu é de fundamental importância na construção civil, tornando a construção mais sustentável e econômico, e atendendo os mesmos objetivos que o aço e o concreto. Sendo empregado não só na construção civil, mas também na fabricação de mobiliários.

Baseando-se nos resultados obtidos de pesquisas sobre bambu, durante os últimos vinte anos em várias partes do globo, incluindo o Brasil, foi possível elaborar as primeiras normas para sua utilização. Partindo da premissa que o conhecimento das normas é importante, não apenas para o uso seguro, mas também para a divulgação de um material, o *International Network for bamboo and Rattan* INBAR (1999) utilizou os resultados dessas pesquisas mundiais e propôs normas para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos bambus.

Tais propostas foram analisadas pelo ICBO- *International Conference of Building Officials* e publicadas no relatório AC 162: *Acceptance Criteria for Structural Bamboo*, em março de 2000 (ICBO, 2000), as quais permitem e normatizam a aplicação do bambu na construção, nos Estados Unidos da América (GHAVAMI, 2006).

No tocante à resistência às solicitações, o ótimo desempenho estrutural deste material quanto à compressão, torção, flexão e, sobretudo quanto à tração é conferido pela sua volumetria tubular e pelos arranjos longitudinais de suas fibras que formam feixes de micro tubos (GHAVAMI, 2006).

De acordo com o resultado dos testes, mesmo para a mesma espécie de bambu, ocorre uma alta variação na sua resistência, quando comparada ao aço.

O intuito desse trabalho foi compreender a importância do bambu na construção civil. Entretanto, necessitando de mais pesquisas nacional e de normatização, pois é um

sistema que já se encontra em uso, observando principalmente sua durabilidade e patologias.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1 Estruturas de bambu** – parte 1: projeto – Rio de Janeiro, 2020.

Asif, M. (Glasgow C. U. (2009) ‘**Sustainability of timber, wood and bamboo in construction**’, in Khatib, J. (ed.) **Sustainability and Construction materials**, pp. 31–54. doi: 10.1533/9781845695842.31.

BERALDO, A. L.; LOPES, W. G. R.; CARVALHO, J. V.; SAVEGNANI, K. B.; SOUSA, P. **Efeito da espécie vegetal, do cimento e do tratamento utilizado sobre a resistência à compressão de compósito**. In: Anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador, 2000.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. **Bambu laminado colado (blc)**. Revista Floresta e Ambiente v. 10, n. 2, ago./dez. 2003

BRINK, F. E.; RUSH, P. J. **Bamboo reinforced concrete construction**. US Naval Civil Engineering Laboratory Report, Port Hueneme, 1996.

CARBONARI, G. et al. **Bambu – o aço vegetal**. Mix sustentável, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

FARRELY, D. **The Book of Bamboo**. Sierra Club Books, São Francisco, 1984

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. 1, p. 107-114, 2005.

GHAVAMI, K. **Madeira ecológica para habitações de baixo custo**. SEMINÁRIO NACIONAL DE BAMBU, ANAIS, UnB, Brasília, DF, p. 111-123, 2006.

GICHOHI, R. N. **Factors influencing the use of bamboo as a flooring construction material: a case of garden city project – Nairobi County, Kenya**. 2014. Tese de Doutorado. University of Nairobi.

JIANGHUA, X. **Pay more attentions to ecological benefits of bamboo forest, in Yiping L. (ed) Proceedings of the International Workshop on the role of bamboo in disaster avoidance**. Guayaquil, Ecuador: International Network for bamboo and rattan; Ecuadorian bamboo association. (2001)

JOHN, VANDERLEY M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000

MARÇAL, V. H. S.; AMBIENTAL, C. E. **Uso do bambu na construção civil**. Projeto final em Engenharia Civil e Ambiental. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

MARQUES, S. C.; LUIZ, G. A.; DA SILVA, T. G. **Emprego do bambu na construção civil**. Epitaya E-books, v. 1, n. 2, p. 72-81, 2020.

MCCLURE, F. A. **Bamboo as a building material**. Peace Corps. Appropriate

Technologies for Development. Reprint R-33. 1981.

MINAE, S. et al. **Socio-economic issues in bamboo production and utilization in Kenya: present and future potentials.** 1989.

PADOVAN, R. B. **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais.** Bauru. 2010

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma.** Ed. Canal 6,- Bauru, 2007.

PEREIRA, M. A. R. **Projeto bambu: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações.** Bauru. 2012

PONTES, J. N. R. **Elaboração de termo de referência para concepção de projeto de uma praça urbana contendo elementos arquitetônicos de bambu.** Rio Verde – GO. 2021

SABNANI, C.; LATKAR, M.; SHARMA, U. **Can bamboo replace steel as reinforcement in concrete, for the key structural elements in a low cost house, designed for the urban poor.** *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)*, v. 1, n. 2, p. 257-262, 2013.

SOUZA, Andressa Martinelli. **OS DIVERSOS USOS DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2014. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2014.

TEDESCHI, Samara Pereira. **O USO DO BAMBU: O PAPEL DA CADEIA PRODUTIVA NO SETOR MOVELEIRO E DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO**

BRASIL. 2011. 179f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, São Carlos, 2011.

TEXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa.** Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo, área de tecnologia) – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Brasília, 2006.

XIAO, Y.; ZHOU, Q.; SHAN, B. **Design and construction of modern bamboo bridges.** *Journal of Bridge Engineering*, v. 15, n. 5, p. 533-541, 2010.