

USO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO ELEMENTO ESTRUTURAL

Elias Araújo Rios*
Erikleyton da Silva Santos Souza*

Alex Borges Roque**

Resumo

A construção civil segue gerando muitos impactos ambientais e um dos grandes responsáveis é o ferro, já que a extração desse minério gera enormes danos à natureza, evidenciando a necessidade de alternativas mais sustentáveis a serem empregadas. O uso de materiais mais ecológicos e que forneçam características semelhantes aos convencionais é o caminho mais óbvio para a minoração desse problema, e é nesse sentido que o bambu se destaca por dispor de uma produção simples e alta produtividade, além de boas propriedades construtivas. Este trabalho tem como objetivo principal estudar a viabilidade do uso do bambu como elemento estrutural, analisando a sua aplicabilidade através de uma revisão bibliográfica, bem como suas vantagens e desvantagens.

Palavra-Chave: sustentabilidade, bambu, ferro, elemento estrutural.

Abstract

Civil construction continues to generate many environmental impacts and one of the major responsible is iron, since the extraction of this ore generates enormous damage to nature, evidencing the need for more sustainable alternatives to be used. The use of greener materials that provide characteristics similar to conventional ones is the most obvious way to mitigate this problem, and it is in this sense that bamboo stands out for having a simple production and high productivity, in addition to good constructive properties. The main objective of this work is to study the feasibility of using bamboo as a structural element, analyzing its applicability through a literature review, as well as its advantages and disadvantages.

Keyword: sustainability, bamboo, iron, structural element.

*Graduando de Engenharia Civil da UNIFACS, email: eliasarios@gmail.com ; eriksouzai@outlook.com

**Orientador, professor da UNIFACS, email: alex.roque@unifacs.br

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas, “Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações”. Em 1983, foi criada pela Assembleia Geral da ONU, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD, que foi presidida por Gro Harlem Brundtland, na época primeira-ministra da Noruega. O trabalho surgido dessa Comissão, em 1987, o documento *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) ou, como é bastante conhecido, Relatório Brundtland, apresentou um novo olhar sobre o tema em questão, destacando que “No mínimo, o desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos.”

Na construção civil, o conceito de sustentabilidade é um grande desafio para um equilíbrio harmônico com o meio ambiente, pois estima-se que a sua cadeia produtiva consuma entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Os grandes causadores de prejuízo ao meio ambiente são o concreto, a madeira e o aço, pois causam uma grande degradação aos locais de exploração e demandam, na sua extração e processamento, um elevado custo energético. Além disso, a mesma é responsável por grande parte dos resíduos sólidos gerados no mundo anualmente, produzindo cerca de 400Kg de entulho por habitante, na construção e reforma de edificações.

Portanto, se faz necessário o uso de materiais ecológicos no setor da construção civil, a fim de inseri-lo cada vez mais no contexto de sustentabilidade. Nesse sentido, dentre alguns materiais sustentáveis usados na construção, o bambu mostra-se, especialmente, viável para solucionar o problema de impacto ao meio ambiente, sendo um material de fácil manuseio, com excelentes características mecânicas e físicas, além de ser um material renovável, de baixo custo e não poluente (SANTOS; SANTANA, 2017). Assim, diversos estudos relacionados ao potencial uso do bambu na construção civil vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A construção civil é uma das grandes responsáveis por causar considerável degradação ambiental. Segundo relatório da Abrelpe (2019), os resíduos de construção e demolição (RCD), compostos por materiais como: tijolos, concreto, argamassa, madeira, aço, telhas, azulejos, cal, gesso etc, podem, em grande parte das vezes, serem direcionados à reciclagem, porém, essa ainda não é uma prática amplamente difundida, daí surge a necessidade do uso de materiais menos poluentes e potencialmente danosos. O mesmo relatório da Abrelpe traz números referentes aos serviços de limpeza dos municípios, que coletaram, em 2018, 122.012 toneladas de resíduos de construção e demolição por dia, um pequeno recuo na comparação com o ano anterior. No entanto, é muito importante salientar que estes dados apenas mostram a quantidade coletada pelos municípios, ou seja, o que foi abandonado em vias e/ou logradouros públicos e não o total, já que a maioria é recolhida pelo próprio gestor das obras. Portanto, esse quadro mostra somente um recorte de um problema muito mais amplo e de difícil controle.

Tabela 01: Quantidade de RCD coletados pelos municípios brasileiros.

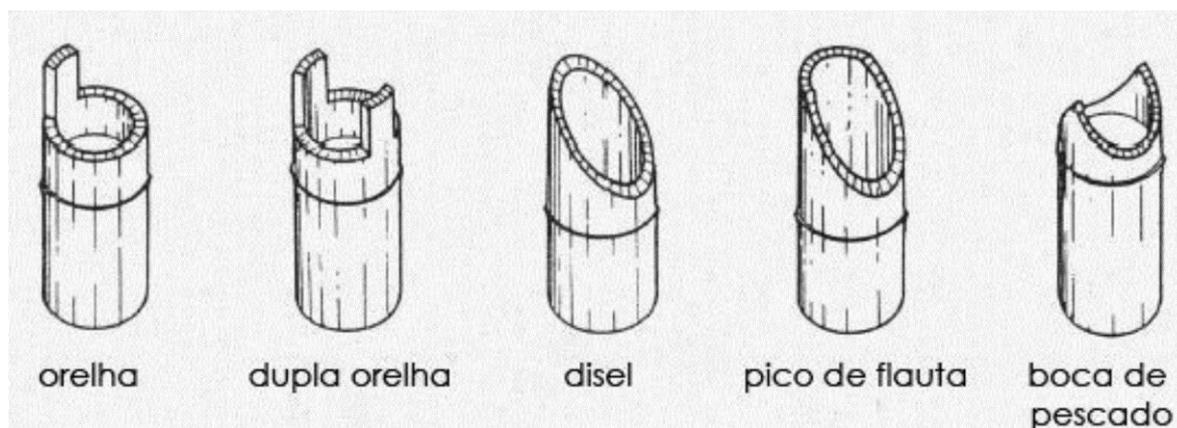
2017		2018	
Total (toneladas/dia)	Per capita (kg/habitante/dia)	Total (toneladas/dia)	Per capita (kg/habitante/dia)
123.421	0,594	122.012	0,585

Fonte: ABRELPE

O bambu é uma planta com qualidades interessantes para construção civil, pois a sua morfologia permite diversas aplicações em ambientes construtivos e garante ótimos resultados, porém, no Brasil, ainda é pequena a sua utilização nessa área e por ser um tema ainda pouco explorado, a literatura disponível é relativamente escassa. A partir do estudo de artigos recentes é possível compreender o histórico de aplicação desse material e suas propriedades, a exemplo de sua distribuição

geográfica, crescimento e floração. O bambu tem um crescimento diferente das árvores comuns, uma vez que cresce rapidamente podendo atingir até um metro por dia, sabendo-se que o seu desenvolvimento é mais repentino durante a noite, quando acelera esse processo. À medida que vai crescendo, as fibras vão se tornando cada vez mais duras e resistentes às tensões laterais do vento até chegar a um máximo entre os 3 e os 5 anos, idade apropriada para seu emprego na construção, lembrando que cada espécie tem uma aplicação específica de acordo com suas propriedades mecânicas (compressão, tração, flexão e cisalhamento), físicas (densidade e umidade), e também os métodos de tratamento da planta. Além disso, uma das maiores dificuldades da utilização do bambu como material de construção são suas conexões, uma vez que a sua forma não é perfeitamente circular, havendo a variação de diversas dimensões em seu comprimento, diâmetro e espessura de paredes.

Figura 01 - Diferentes cortes aplicados a técnica de construção com bambu



Fonte: CAEIRO, 2010.

Preferencialmente, os bambus a serem usados na construção são aqueles que crescem mais, com algumas espécies chegando até os 30 metros, mas além da altura há ainda outro fator muito relevante que é a resistência mecânica adequada, portanto, as espécies mais adequadas a esse propósito são:

Figura 02: *Dendrocalamus Giganteus* – Bambu Gigante



Fonte: SANTOS, 2021.

Figura 03: *Dendrocalamus Asper* – Bambu Gigante



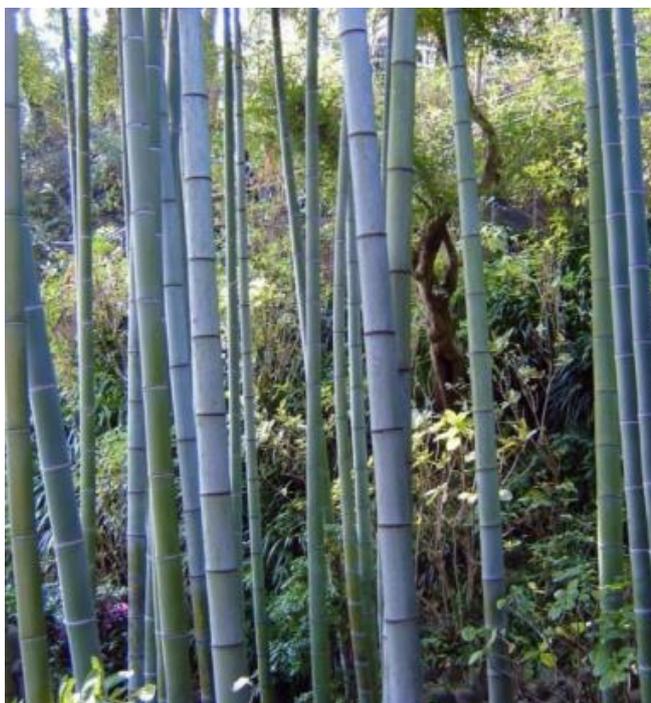
Fonte: SANTOS, 2021.

Figura 04: *Guadua Angustifolia* – Bambu Guadua



Fonte: SANTOS, 2021.

Figura 05: *Plyllastachys Pubescens* – Bambu Mosso



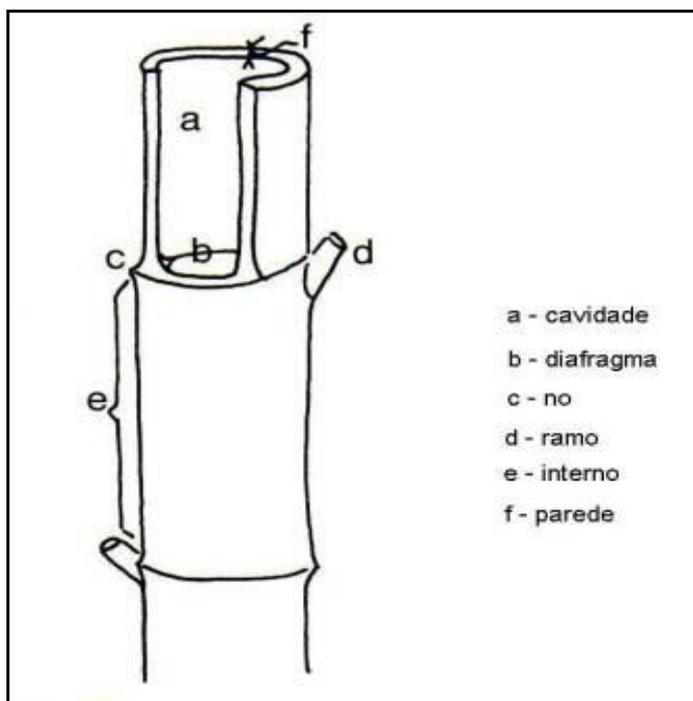
Fonte: SANTOS, 2021.

Conforme já exposto, o bambu pode ser aplicado de diversas maneiras à construção civil, podendo ser utilizado junto ao concreto ou como revestimento, por exemplo, inclusive, acabamentos feitos com esse material tem o potencial de oferecer detalhes esteticamente únicos e que podem agradar a uma parcela do público ainda carente de um material com esses atributos.

Marçal (2012) explica que algumas espécies da planta, como o *Dendrocalamus Asper*, suportam, facilmente, grandes cargas mesmo que seja utilizada apenas uma vara de bambu. Por outro lado, o *Phyllostachys aurea* e outras de características semelhantes, não apresentam grande resistência, se utilizadas sozinhas. Portanto, há que se analisar a aplicabilidade específica de cada espécie e em cada caso, sendo impossível traçar parâmetros gerais para seu uso.

O colmo do bambu, que seria o equivalente a seu tronco ou caule, tem a característica de possuir o formato cônico / cilíndrico. Eles apresentam uma série de espaços ocos separados por diafragmas que, por sua vez, determinam a capacidade de rigidez, flexibilidade e resistência dos mesmos. A Figura 06 é uma representação do recorte de um colmo e suas respectivas nomenclaturas.

Figura 06: Seção do colmo e suas respectivas partes



Fonte: PEREIRA; BERLDO, 2016.

Os colmos costumam alcançar o desenvolvimento ideal para a colheita por volta do sexto ano, sendo que o período ideal para a extração no Brasil é durante o período de inverno, essa indicação se deve ao fato de ser um período com chuvas menos frequentes, conseqüentemente diminuindo a umidade presente. Essa umidade potencialmente atrai fungos que podem deteriorar a madeira, além de tornar os troncos muito mais pesados, dificultando também o transporte.

Conceitualmente, “para aumentar a resistência é importante associar o concreto a um material que tenha boa resistência à tração e seja mais deformável, sendo mais comum o uso do aço.” (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2017)

A construção civil brasileira é dominada por estruturas de concreto armado e, considerando o fato de que a obtenção do aço é um processo altamente danoso para o meio ambiente, surge a adoção do bambu como alternativa mais ecologicamente e mesmo financeiramente vantajosa, sendo este o substituto “verde” mais indicado para o aço no concreto armado.

A adoção do bambu como elemento estrutural se mostra promissora por ser uma alternativa, ao mesmo tempo, sustentável e resistente, ele vem de fonte renovável, é leve, tem uma alta produtividade e baixo custo de produção. Apesar de todas essas características, ele ainda é visto pelo público, que o desconhece mais a fundo, como um material frágil e, portanto, pouco confiável, o que acaba impedindo que o material seja amplamente utilizado. O Brasil tem ainda um setor de construção que é muito tradicional tanto em materiais quanto na aplicação destes, essa cultura é que torna ainda mais importante que pesquisas nesse ramo sejam realizadas a fim de promover a constante evolução e desenvolvimento de novas soluções.

Segundo Maia (2012), o bambu é um material muito fácil de ser manipulado adequando à necessidade, além disso, ele possui características mecânicas específicas que o tornam virtualmente perfeito para a aplicação no setor das construções civis. Ele possui excelente resistência à tração, compressão e flexão, por causa do seu formato tubular e das suas fibras que são distribuídas longitudinalmente, formando feixes de micro tubos. Os módulos de elasticidade e o módulo de ruptura dependem diretamente do comprimento das fibras, por serem todas no mesmo sentido, o que lhe confere grande resistência. As propriedades mecânicas do bambu

são, ainda, influenciadas principalmente pelos seguintes aspectos: espécie, idade, tipo de solo e condições climáticas.

O ponto fraco do bambu é a força de cisalhamento, pois o descolamento das fibras ocorre com baixas tensões quando aplicadas em sentido paralelo a elas, podendo causar fissuras e conseqüente queda na resistência, o que diminui a sua vida útil. Maia (2012) também explica que, quanto maior o teor de umidade presente no colmo, menor será a resistência do bambu ao cisalhamento.

A densidade dos bambus varia de 500 a 800 Kg/m³, essa variação acontece em decorrência de várias características, como tamanho e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares (Maia, 2012). Ele também discorre sobre como o teor de umidade do bambu no momento do corte pode ser elevado, isso varia conforme fatores como a época de colheita, espécie e posição da amostra tomada, sendo a região da base aquela que apresenta maior umidade se comparada com as demais. Via de regra, o bambu demora mais a secar do que madeiras com a mesma densidade, e isso se deve ao fato da perda de umidade na direção transversal às fibras ser muito limitada neste.

Por meio do método de perda de peso pela secagem é possível determinar a quantidade de umidade das amostras para seguir com a realização dos testes físicos e mecânicos. O teste é realizado num forno a temperaturas de 100°C a 105°C, onde, durante 24 horas, o peso é registado em intervalos de 2 horas a fim de notar as alterações sofridas ao longo desse período.

Estabilidade dimensional é um ponto crítico para os produtos à base de madeira, e o bambu não foge à regra. Ele começa a se retrair desde o início da secagem, e seus processos naturais são os principais responsáveis pela absorção de água pelo colmo seco (SOUZA, 2014).

Entretanto, ao contrário da maioria das madeiras, a deformação na direção tangencial nem sempre é inferior à deformação na direção radial ou perpendicular à casca. Essa é mais uma propriedade que depende da espécie, da idade do colmo e da posição da amostra (MAIA, 2012).

Tendo em vista as suas propriedades físicas e mecânicas, pode-se dizer que o bambu possui inúmeras vantagens que o tornam uma ótima alternativa para ser utilizado na construção civil, como por exemplo o fato de ser um excelente isolante térmico e acústico, bem como um material leve e versátil, podendo ser facilmente curvado para adquirir a forma desejada, e, devido ao seu baixo peso, são rapidamente deslocados ou instalados, o que facilita muito o processo construtivo. Sua enorme elasticidade o torna um material de construção muito útil em áreas com riscos muito altos de terremotos. Vale ressaltar, também, que ao contrário de outros materiais de construção como cimento e amianto, o bambu não representa qualquer perigo direto para a saúde. Além disso, a capacidade dele para resistir ao fogo é muito alta e pode suportar temperaturas de até 4000 °C. Isso se deve à presença de alto teor de ácido silicato e água.

Na contramão das diversas vantagens expostas existem importantes desvantagens em seu uso na construção civil, como por exemplo o fato de o material apresentar baixa resistência a forças cortantes, além disso, o bambu é um material submetido a ataque de fungos, e por esse motivo, estruturas não tratadas são vistas como temporárias, com uma expectativa de vida não superior a 5 anos. É importante destacar também que, embora o bambu resista a altas temperaturas, o mesmo é propenso a pegar fogo muito rápido pelo atrito entre os colmos, caso os devidos cuidados não sejam tomados e sua manutenção preterida.

Para além das vantagens do uso do material em si, em vários países mais desenvolvidos e preocupados com o viés da sustentabilidade, programas de certificação de construções sustentáveis vem sendo cada vez mais utilizados, fornecendo às empresas de construção um diferencial competitivo por ter um “selo de qualidade” diferenciado, o que influencia diretamente na imagem desta, além de bônus, seja de desoneração tributária ou mesmo outro tipo de renúncia nesse sentido, o que torna a prática também economicamente vantajosa.

Não se pode discutir a sustentabilidade da Construção Civil, sem interferir em toda a cadeia produtiva que é complexa, pois envolve setores industriais tão díspares como: a extração de matérias minerais e a eletrônica avançada; enormes conglomerados industriais, como a indústria cimenteira, que interagem e até competem em alguns mercados com milhares de pequenas empresas familiares; clientes de famílias de baixa renda em autoconstrução a empresas que constroem verdadeiras cidades. (AGOPYAN & JOHN, 2012)

Marçal (2012) explica que, a depender do tipo de construção, o custo de uma estrutura feita em bambu pode cair pela metade se comparado a uma estrutura construída com materiais tradicionalmente utilizados. “Contudo, isso é proporcional à qualidade da estrutura desenvolvida. Infelizmente o Brasil carece de fornecedores de bambu com qualidade e quantidade capazes de garantir um padrão nas construções de médio e grande porte. Por este motivo, para o desenvolvimento de sistemas estruturais elaborados ou com melhor padrão de acabamento, o responsável técnico pela obra deve agregar valor ao material utilizado. Tudo começa pelo processo de compra que, em grande parte dos casos, exige um tempo maior do que os contratantes normalmente têm a oferecer. O tratamento e a secagem do bambu são etapas que previnem problemas de infestações, rachaduras ou mudanças estruturais após a entrega da obra”, salienta ele. O mesmo vê como uma tendência que o bambu se torne cada vez mais comum, de modo que aumente a escala de produção e beneficiamento, o que diminuiria o custo de produção e aumentaria a qualidade, conseqüentemente popularizando o seu uso e gerando renda local.

O Governo Federal do Brasil sancionou, em 2011, a Lei Federal Nº 12484 que instituiu a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu – PNMCB, cujo Art. 1º busca “o desenvolvimento da cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados”. De acordo com seu Art. 3º as diretrizes da Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu são: valorização da planta como produto capacitado a suprir as necessidades ecológicas, sociais, econômicas e culturais; desenvolvimento tecnológico do manejo, aplicações e cultivo; desenvolvimento de polos de manejos sustentados, cultivo e de beneficiamento do bambu (BRASIL, 2011).

Essa lei teve uma enorme relevância para o avanço das discussões, já que após a sua publicação, o incentivo ao uso do bambu passou a ter respaldo legal e, portanto, um maior apelo para o desenvolvimento de novas pesquisas, de modo que o bambu vem, aos poucos, vencendo preconceitos e ganhando espaço no mercado brasileiro como material realmente viável para a construção civil.

Segundo Pereira (CAPELLO, 2017), o Brasil ainda não conseguiu difundir o hábito do uso do bambu na sua forma natural, porém, testes realizados por instituições como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Ebiobambu indicam que o uso

do bambu nessa forma é sim bastante viável por ele ser um material muito versátil e que apresenta uma enorme gama de possibilidades de aplicação, como em forros, pisos, painéis de revestimento ou mesmo na condição de elemento estrutural.

De fato, algumas iniciativas isoladas visando a adesão à cultura de construções sustentáveis tem sido percebidas no Brasil, mas, para que se torne uma prática mais amplamente difundida no país faltam políticas claras e coesas, além de investimento em aperfeiçoamento de mão-de-obra. Para que as iniciativas citadas causem algum efeito prático na indústria da construção, de modo geral, é primordial que haja um pesado investimento em estudos científicos e estímulo a mecanismos mais sustentáveis aplicados à Construção Civil, abrangendo todas as etapas, desde o projeto, passando pela execução até o gerenciamento responsável dos resíduos. (AGOPYAN & JOHN, 2012).

“No dia 21/12/2020, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), representada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil (CB-002), tornou pública duas normas brasileiras que reúnem informações para o uso do colmo de bambu como material construtivo em estruturas. A primeira norma trata sobre projeto e dimensionamento de estruturas de bambu (NBR-16828-1), e a segunda sobre métodos de ensaio para determinação das propriedades físico-mecânicas dos bambus (NBR16828-2)” (OLIVEIRA, 2020). Ainda segundo a mesma matéria, a criação de NBR's tratando desse assunto já era cobrada há muito tempo por representantes de universidades, institutos de pesquisa, produtores rurais, entre outros. As primeiras normatizações brasileiras específicas para o uso estrutural de colmos de bambu representam um enorme avanço para o desenvolvimento da cadeia produtiva do material no país. O bambu é um recurso capaz de reduzir o ritmo das mudanças climáticas globais por se tratar de um grupo de plantas com alta capacidade de crescimento e ciclo de renovação, daí o conceito de alta produtividade, pois ele excluindo da equação a necessidade de constante replantio, prática que poderia degradar a qualidade do solo, tendo assim, maiores impactos ambientais.

Em outros países, onde já se desenvolveu melhor a cultura de utilização desse material, já existem normas há muito mais tempo que no Brasil, onde as primeiras normas foram publicadas recentemente, a menos de 2 anos. Algo desse tipo só será possível no Brasil após um vasto conhecimento teórico visando uma evolução

consciente e eficaz. Outro fato a ser mudado é a não existência do plantio do bambu em grandes áreas e, principalmente, com foco nas espécies mais indicadas para o uso na construção civil, o que acaba por dificultar o seu acesso no país, além do fato de que ainda são poucos os profissionais capacitados satisfatoriamente para planejar, projetar e executar uma construção desse tipo.

“O bambu possui características muito parecidas com o aço. Sua resistência às forças de compressão e tração é muito alta, podendo ser usado – se devidamente calculado – simultaneamente, para esses dois esforços. Quando comparados os valores médios de resistência à tração do material sobre o peso próprio, percebemos que o bambu é capaz de suportar o equivalente e, em alguns casos, até uma carga maior que o aço”, explica o engenheiro civil Vitor Hugo Silva Marçal, secretário Executivo da Associação Brasileira de Produtores de Bambu (ABPB). Marçal ainda cita diversos países como Colômbia, Peru, Equador, Indonésia, Índia e China como possuidores de estruturas projetadas e executadas com bambu roliço. Inclusive contando com estruturas centenárias e habitadas que até os dias atuais nunca apresentaram patologias de natureza grave. A China aparece como um excelente exemplo de aplicação diversificada do bambu, já que eles o moldam para que o material assumira variados tipos de resistências, flexibilidade, formas e tonalidades.

O bambu, por ser um material extremamente versátil, permite seu uso combinado com diversos outros materiais, como terra ou vidro por exemplo. Existe ainda a possibilidade de conferir a esse material variadas configurações, com diferentes cortes, assim garantindo-lhe resistência aos esforços mais exigidos em aplicações específicas, isso é especialmente relevante quando ocorre a aplicação deste em construções maiores e com mais pavimentos, tendo como indicação, o seu uso combinado com outros materiais já amplamente testados de forma a garantir a segurança da construção. “Um dos mais interessantes sistemas construtivos com esse material é aquele no qual utilizamos o bambu laminado colado, ou o industrializado ou, ainda, a madeira de bambu”, ressalta Marçal.

Ele consegue equilibrar qualidade construtiva e preservação ambiental, demonstrando a importância do constante investimento na busca e desenvolvimento de novos materiais a serem aplicados na construção civil.

3 METODOLOGIA

Este trabalho buscou verificar a viabilidade técnica do bambu como elemento estrutural, analisando a sua aplicabilidade e elencando as características que a adoção desse material pode conferir às estruturas. O método de desenvolvimento foi através de uma revisão de literatura baseada em artigos publicados em língua portuguesa, nas bases de dados virtuais da CAPES e SCIELO com anos de publicação compreendidos entre 2012 e 2022.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaio feitos em laboratório com amostras de bambu mostram que o seu módulo de elasticidade se situa em torno de 20.000 MPa, cerca de 1/10 do valor alcançado pelo aço. Cabos de bambus trançados oferecem resistência análoga ao aço CA-25 (2.500 kgf./cm²). O peso, no entanto, é 90% menor. O bambu apresenta grande rigidez, podendo ser usado em estruturas secundárias, na forma de treliças e vigas (HAOULI, 2018).

Em algumas espécies o bambu pode atingir até 370 MPa de resistência a tração, considerando as espécies mais indicadas à construção, citadas anteriormente, essa resistência é de 2,5 a 3,5 vezes daquela obtida em relação à compressão. Portanto, é grande o potencial deste enquanto substituto para o aço, especialmente pela razão entre resistência e massa específica, já que ele pode suportar, inclusive, até uma carga maior que o aço, considerando a relação supracitada.

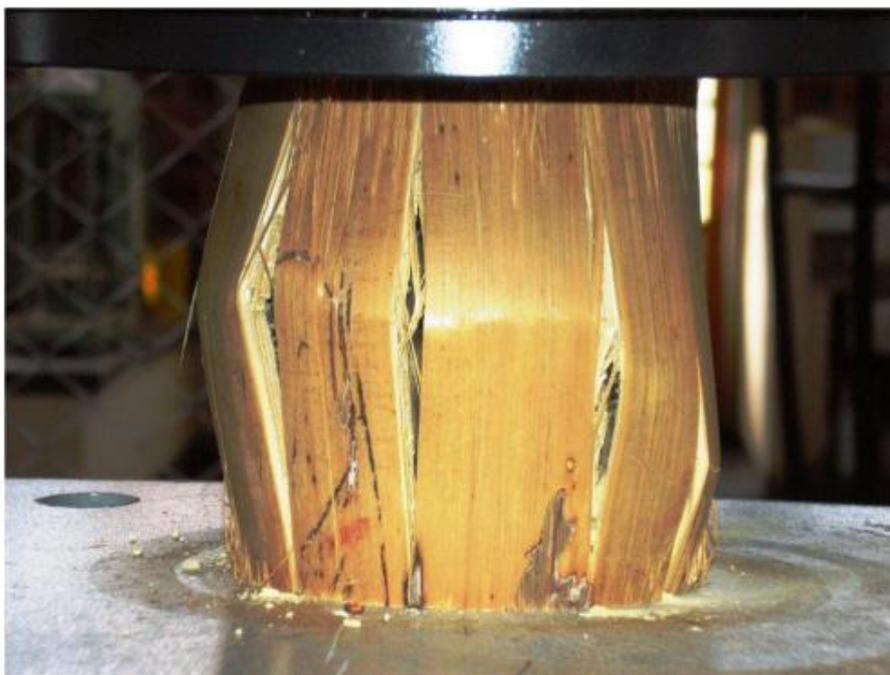
Tabela 02: Resistência de diferentes materiais em relação ao aço.

Tipo de Material	Resistência à tração 'R' (Mpa)	Peso específico 'γ' (N/mm ³ x 10 ²)	$R = \left(\frac{R}{\gamma}\right) / 10^2$	$\frac{R}{R_{aço}}$
Aço CA 50	500	7,83	0,64	1,00
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro fundido	280	7,70	0,39	0,61
Bambu	120	0,8	1,5	2,34

Fonte: (CARBONARI GILBERTO E JUNIOR, 2017)

De acordo com Maia (2012), estudos acerca da resistência do bambu à compressão constataram que para corpos de prova de 30 cm de altura e 3 cm de diâmetro, a tensão de ruptura é de 80 MPa e o módulo de elasticidade é de 20 GPa.

Figura 07: Corpo de prova após rompimento.



Fonte: CARBONARI GILBERTO E JUNIOR (2017)

Ainda segundo Maia (2012) Com relação à resistência do bambu a flexão, estudos mostraram resultados variando de 30 MPa e 170 MPa. Essa variação pode ser causada pelo tipo de teste de flexão e/ou pelo tamanho da amostra utilizada.

Figura 08: Ensaio de resistência à flexão



Fonte: SILVA (2020)

Conforme Santos (2021), o ponto fraco do bambu é a força de cisalhamento quando paralela ao sentido das fibras. Sendo encontrados aí os menores valores obtidos em testes de laboratório para resistência deste.

5 CONCLUSÃO

O bambu tem um enorme potencial de aplicação na condição de elemento estrutural, salvo exceções pontuais, afinal, qualquer elemento construtivo deve ser utilizado em conjunto com outros de modo a potencializar as características almejadas para a solução das suas demandas. Cabe ressaltar a importância de um criterioso acompanhamento das estruturas de bambu já em uso, com a finalidade de determinar a durabilidade e patologias que, porventura, venham a acometer a construção. Seu uso tem como grande trunfo, o peso da estrutura que é muito reduzido em relação aos materiais convencionais e sua resistência proporcional, que em alguns casos iguala ou, até mesmo, supera a do aço, conforme já explicitado. Além dessas vantagens, há ainda a sua facilidade de transporte, trabalhabilidade e estética diferenciada.

O incentivo aos estudos acerca do bambu e suas aplicações vem crescendo, principalmente pelo viés da sustentabilidade, esse é um enorme atrativo pois impacta não apenas direta como indiretamente, já que melhora a imagem da empresa em questão, tornando-a mais atrativa tanto para os clientes quanto para angariar novos investidores. Infelizmente, no Brasil, o cultivo do bambu ainda é relativamente tímido, o que dificulta a aquisição e consequente popularização deste material. Nos últimos anos este vem sendo o material sustentável mais pesquisado e mais testado em combinação com o concreto, e tem se saído muito bem nesse papel de elemento estrutural renovável, leve e limpo.

Por fim, cabe salientar que o bambu se apresenta como um excelente material alternativo para a construção civil por ser, ao mesmo tempo, muito resistente e menos nocivo ao meio ambiente se comparado aos materiais convencionais. Fica a sugestão e, mais do que isso, apelo, pra que se invista nessa área, de modo a viabilizar a produção e aperfeiçoar a mão de obra visando obter profissionais plenamente capazes de aplicar esse material com segurança e responsabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE, A. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. 2019.
- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2012.
- BRASIL. **Lei 12.484, de 8 de setembro de 2011. Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências**. 2011.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica, v. 61, p. 178-189, 2015.
- CAEIRO, João Gabriel de Matos. **Construção em bambu**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitectura de Lisboa. 2010.
- CAPELLO, G. **Meio ambiente & Ecovilas**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2017.
- CARBONARI GILBERTO E JUNIOR, N. S. e. P. N. H. e. A. C. H. e. S. M. F. e. A. C. C. V. e. o. **Bambu - o aço vegetal**. Mix Sustentável, v. 3, n. 1, p. 17–25, 2017.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2017.
- DA SILVA, Carolina Dalva Dutra Monteiro. **O emprego do bambu como material estrutural na construção civil: características e aplicações**. 2018.
- DE OLIVEIRA, Luiz Fernando Andrade. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013.
- DOS SANTOS, Rafaela Lima; SANTANA, Júlio Cesar Oliveira. **Materiais de construção sustentáveis em empreendimentos de habitação de interesse social financiados pelo PMCMV**. Mix Sustentável, v. 3, n. 3, p. 53-62, 2017.
- HAOULI, J. S. **Estudo da construção sustentável utilizando o bambu**. 2018.
- LUDWIG, Amanda Helena; SOUZA, Lucas Dutra. **estudo de caso: casa de bambu na ecovila mãe terra**. 2019.

MAIA, C. L. **Uso do bambu como material de construção**. 2012.

MARÇAL, V. H. S. **Bambu pode suportar carga superior à do próprio aço**. AECweb. Revista digital. 2012. Acesso em 03 de novembro de 2022.

OLIVEIRA, Alexandre. **Primeira Norma Brasileira de Estruturas de Bambu « BambuSC**. 2020. Acesso em 10 de novembro de 2022.

OLIVEIRA, Claiton Sommariva de. **Substituição total do aço, usando bambu como armadura de combate a flexão em vigas de concreto**. 2013.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Editora Canal 6, 2016.

PEREIRA, Beatriz Oliveira. **Estudo de concretos com adição de bambu**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2018.

SANTOS, Carlos Rogério Boa Esperança dos. **Potencialidade do bambu como material de construção civil**. 2021.

SILVA, Frederico Rosalino da. **Determinação de propriedades físico mecânicas do bambu da espécie Bambusa tuldoides para uso na produção de estruturas** – Universidade Católica de Brasília, 2020.

SILVA, Sabrina Jovedi da et al. **Análise da viabilidade econômica da substituição do aço por bambu em estruturas de concreto armado na construção de casas populares na região do Araguaia**. 2019.

SOUZA, A. M. d. **Os diversos usos do bambu na construção civil**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

VITOR, Alexandre Oliveira et al. **Proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) em estrutura de bambu: projeto e construção de um protótipo experimental**, 2018.