

**Estado da Arte do Bambu na Construção Civil****State of the Art of Bamboo in Civil Construction**

DOI:10.34117/bjdv6n4-216

Recebimento dos originais: 15/03/2020

Aceitação para publicação: 15/04/2020

**Fellipe Morais de Souza**

Estudante de Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica.

Endereço: Endereço: Av. Universitária Km 35; Cidade Universitária, Anápolis/Goiás/Brasil.

E-mail: fellipemoraissouza@gmail.com

**Lucas Osório Leão**

Estudante de Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica.

Endereço: Endereço: Av. Universitária Km 35; Cidade Universitária, Anápolis/Goiás/Brasil.

E-mail: alexgomessjunior@gmail.com

**Wanessa Mesquita Godoi Quaresma**

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica.

Endereço: Endereço: Av. Universitária Km 35; Cidade Universitária, Anápolis/Goiás/Brasil..

E-mail: wanessamgq@gmail.com

**RESUMO**

A construção civil vem evoluindo ao decorrer dos anos, nela é utilizado vários elementos construtivos, como concreto, aço e madeira, como a degradação do meio ambiente para a obtenção destes elementos é muito elevada, nos últimos anos vem buscando novas opções de materiais sustentáveis para serem utilizados sem agredir o meio ambiente, esses materiais virem com o intuito de substituir, o bambu tem se mostrado um excelente material natural construtivo, por ser extraído sem que haja qualquer tipo de danos a natureza, pois é uma matéria prima que se prolifera com rapidez e em nosso país possui uma grande abundância, além de ser um instrumento de alta resistência mecânica e de tração, podendo servir como viga, pilar, alvenaria, acabamento e várias outras funções. A metodologia aplicada no trabalho consistiu em pesquisas bibliográficas em artigos científicos, sobre a história do Bambu e sua aplicação na construção civil e teste mecânicos. O presente trabalho tem como objetivo apresentar eficiência e a qualidade do bambu para introduzi-lo na construção, os métodos de tratamento para o uso na construção civil, características enquanto espécie vegetal, com propriedades físicas e mecânicas que em alguns casos consegue superar o concreto e o aço em questões de resistências.

**Palavras Chave:** Bambu. Construção. Sustentabilidade.

### **ABSTRACT**

Civil construction has evolved over the years, it uses several construction elements, such as concrete, steel and wood, as the degradation of the environment to obtain these elements is very high, in recent years it has been looking for new options of sustainable materials for be used without harming the environment, these materials come with the intention of replacing, bamboo has been shown to be an excellent natural constructive material, because it is extracted without any type of damage to nature, as it is a raw material that proliferates with fast and in our country it has a great abundance, besides being an instrument of high mechanical resistance and traction, it can serve as beam, pillar, masonry, finishing and several other functions. The methodology applied in the work consisted of bibliographic research in scientific articles, about the history of Bamboo and its application in civil construction and mechanical testing. The present work aims to present the efficiency and quality of bamboo to introduce it in construction, the treatment methods for use in civil construction, characteristics as a plant species, with physical and mechanical properties that in some cases can overcome concrete and steel in matters of resistance.

**Keywords:** Bamboo. Construction. Sustainability

## **1 INTRODUÇÃO**

A produção do bambu no Brasil vem aumentando nos últimos séculos assim mostra que possui um grande potencial econômico e foram desenvolvidas várias técnicas de plantio e colheita, deste modo o bambu rebrota e consegue ficar gerando novos brotos por muito tempo (MACIEL, 2011). O vegetal é muito flexível desta forma podendo ser plantado em várias regiões e ajudando reparar solos degradados. Com uma produção voltada a construções sustentável, possuir um baixo custo e encargo da preocupação com a exploração de recursos naturais não renováveis que podem vir a se esgotar, o bambu tem sido uma alternativa para minimizar, em parte, esse uso abusivo de materiais não renováveis e vem sendo estudado para ser usado como substituição em algumas construções no lugar do aço.

O Brasil é um grande produtor de Bambu, possuindo cerca de 200 espécies, eles podem ser utilizados de diversas formas, como fabricação de móveis, alvenarias, pisos, revestimentos, forros, *brises*, pergolados, alimento, tecidos, painéis, geração de energia no setor industrial etc. Ainda que possua tantas espécies o nosso país não abrange a utilização do bambu na construção civil como na China e na Índia, que produzem até pontes com cabos de bambu trançado (MATHIAS, 2018).

Levando em foco a utilização do bambu, podemos construir paredes de pau-a-pique, ou mesmo substituindo o aço por bambu em alvenarias, também possuindo uma resistência elevada em países sujeitos a terremotos. Porém, o bambu apresenta alguns problemas o que resulta a uma restrição do uso do material, que são a baixa aderência entre o bambu e o cimento, problemas para conseguir dobramentos e flexões do bambu, flexibilidade da resistência a tração e de elasticidade, a reprodução de fungos e insetos no vegetal (KURIAN & KALAM, 1977; GHAVAMI, 1995) e a falta de ensaios da utilização do material.

A maioria da produção do bambu no Brasil é voltada a construções rurais, como treliçados para as plantações, cercas e curral, mesmo assim podendo ser utilizado no controle de erosões, drenagens e irrigações (PERREIRA, 1997).

A espécie *Dendrocalamus Gigante* e é muito usada na construção civil por possui um diâmetro maior e apresenta uma elevada resistência a tração e mecânica, dispõe de fibras longas e continua na direção longitudinal do colmo.

Com várias leis ambientalistas sobre a madeira, o bambu acabou saindo como uma boa opção de substituição, possuindo poucos estudos e ensaios para saber suas resistências como armadura em vigas de concretos e os estados de limite. Assim não podendo nos reafirmar das suas resistências e estados de limite e servir como garantia de segurança, devido à dificuldade em caracterizar os materiais e uniformizar as amostras para as análises mecânicas.

Várias pesquisas testaram diferentes caracterizações do material e assim, obtiveram boa resistência a esforços mecânicos, ótimo manuseio com ferramentas simples, não precisa de maquinários para seu carregamento por ser um material leve, entre outras coisas.

## **2 HISTÓRIA DO BAMBU**

Souza (2002) afirma que o bambu surgiu na Terra entre 100 e 200 milhões de anos da Era Cretácea, existindo cerca de 115 gêneros e 1300 espécies espalhadas por todo o planeta. Podem ser encontrados em altitudes que variam entre zero até 4.800 metros.

Utilizada há muitos anos pelos humanos, sua aplicação abrange diversas áreas como instrumentos musicais, roupas, alimento, fabricação de papel e móveis, utensílios domésticos, transporte, construção civil, entre outros. A China é a principal influência do uso de bambu, De acordo com Yang & Hui (2010) o bambu desenvolveu um papel muito importante na cultura e na ideologia chinesa, o que pode ser observado nas escritas, pinturas e poesias. Neste sentido a China merece a consideração de “O País da Civilização do Bambu”.

As espécies de bambu mais conhecidas no Brasil são de origem asiáticas, algumas trazidas para o Brasil pelos colonizadores portugueses e outras foram trazidas por imigrantes asiáticos. Ambas foram disseminadas pelo território brasileiro e são fonte de renda de muitas famílias.

Na construção civil é utilizado desde os primórdios para confecção de abrigos, decorações e pontes. Na época do Brasil colônia, segundo Marinho (2014) o bambu era utilizado nas construções juntamente com madeira e argila, principalmente nas construções de taipa de mão. Tais construções possuíam aspectos de sustentabilidade e com o passar dos anos, com a evolução dos métodos de construção e as novas técnicas se tornou algo associado a pobreza ou a miséria.

Ainda é pequeno o uso do bambu nas construções no Brasil e a sua principal aplicação acontece no meio rural em construções de cercas, galinheiros ou em cultivo de plantas trepadeiras como o tomate e chuchu (FERREIRA, 2002). Em 2011 o governo brasileiro criou a lei Nº 12.484, que “Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências” com o objetivo de desenvolver a cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados. A lei estimula ainda o estudo de novas técnicas de manejo sustentável do bambu e a sua comercialização (Lei Nº12.484, 2011).

Os humanos utilizam o bambu há muitos anos, uma planta lenhosa que pode ser empregada não somente na construção civil, mas em suas diversas utilidades. Ele é utilizado desde os primórdios para pontes, decorações e confecção de abrigos, com a avanço da sociedade mostrou-se necessário empregar materiais sustentáveis, que atinge menos o meio ambiente (DUFFRAYER, 2019).

O bambu é conhecido como “madeira dos pobres” por ser uma planta encontrada em grande quantidade. Na China essa gramínea recebe o nome de “ouro verde”, a riqueza deste material consegue movimentar cerca de 7 bilhões de dólares por ano no país, o que no Brasil aumentaria significativamente a economia, pois é um dos países com maior acervo da planta (HAOULI, 2018).

O eucalipto e o *pínus* vem conquistando cada vez mais o mercado no Brasil na produção de papel e celulose, já não é o caso do bambu que está demonstrando muitos empecilhos, mesmo assim ele vem conseguindo um grande destaque no meio da construção civil, energia renovável e bionanotecnologia (SANTI, 2015).

No Brasil, o bambu ainda possui um certo preconceito, sendo frequente a eliminação de bambuzais par em seu lugar produzir grãos e criar bovinos. Apesar do bambu possuir várias vantagens construtivas, este material ainda não é muito difundido no Brasil, principalmente pelo desconhecimento de suas aplicações na área da construção. Entretanto, a planta vem ganhando notoriedade e aos poucos, está começando a ser reconhecida (EFFTING, 2017).

### **3 BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Segundo EFFTING (2017), em 1987 surgiu o termo “desenvolvimento sustentável”, no momento em que a ONU apresentou o “Nosso Futuro comum”, documento mais conhecido como Relatório *Brundtland*, esta expressão é empregada para praticas que buscam suprir as necessidades as necessidades atuais de modo que não venham a comprometer as gerações futura.

Diante desse quadro HAOU LI (2018) diz que a construção civil tem buscado novas opções em relação a materiais, trabalho e ganho econômico. Com o objetivo de utilizar materiais de forma sustentável sem agredir o meio ambiente e sem causar desaparecimento de materiais básicos, os mais utilizados nas obras de grande, médios e pequenos portes estão sendo revisado.

O mesmo autor, alega ainda que o bambu tem se demonstrado um ótimo material para edificações de casas, galpões, prédios entre outros. Por ser um material encontrado em abundancia em vários locais no plante incluindo no Brasil, praticamente não existe preocupação ambiental quanto ao seu cultivo, no entanto, é um processo simples e seu desenvolvimento é eficiente, por atingir a idade e tamanho ideal para corte em pouco tempos, apresenta excelentes características físicas, químicas e mecânicas e durante seu progresso consome gás carbônico, contribuindo para retirada deste gás da atmosfera.

De acordo com ARAUJO e SANTOS (2019, p11), em a Aplicação do bambu na engenharia civil no Brasil

Através de diversas pesquisas ao longo dos anos, buscando novas alternativas de sustentabilidade a serem empregadas na construção civil, foi descoberto as diversas propriedades do bambu, que já é conhecido pelo seu excelente desempenho estrutural sendo leve e resistente. Além de possuir características mecânicas e estruturais, o Bambu é um material de fácil produção na natureza, com rápido crescimento e podendo ser plantado em larga escala em pequenas áreas.

De acordo com Ghavami (2005) apud TSUTSUMOTO (2016) por se tratar de um material orgânico e higroscópico, o bambu em contato com o concreto fresco, absorve água e, conseqüentemente, tem suas dimensões aumentadas. Quando o concreto já está endurecido, ocorre o processo inverso e o bambu perde a água absorvida, o que leva a uma redução de seu volume, gerando vazios que vão diminuir a eficiência da aderência entre os materiais mencionados. Deste modo é necessário realizar tratamentos para o uso do bambu.

Com os séculos vem surgindo vários materiais sustentáveis (não poluentes) um deles é o bambu e o tijolo ecológico (REZENDE et al., 2017).

A construção civil vem crescendo cada dia mais, em níveis tecnológicos, mas para possuir méritos e níveis altos de sustentabilidade, ela necessita de buscar novas tecnologias. Provando que a construção vem causando um impacto ao meio ambiente muito grande, deste modo devemos produzir meios sustentáveis que façam a diferença, um deles a utilização do bambu (GUIMARÃES, 2017).

Coutinho (2017), apud HAOULI (2018, pg. 9) em Estudo da construção sustentável utilizando o bambu diz que:

"Com resistência comparável à do aço em muitas aplicações é a mais alta tecnologia da natureza, o bambu tem o poder não apenas de renovar a arquitetura e a engenharia civil—ele pode salvar o planeta do esgotamento."

O bambu vem conquistando cada vez mais o mercado sustentável na construção civil, sendo chamado de a "A madeira do Futuro", por possuir um crescimento rápido, custo de plantio baixo e uma resistência elevada (GUIMARÃES, 2017).

A empresária *Betty Feffer*, integrante da família que fundou o Grupo Suzano, sempre esteve por perto da evolução do eucalipto no Brasil, mas desde 2002 vem investindo em plantações de bambu e os seus meios de utilização na construção civil e arquitetura (SANTI, 2015).

De acordo com *Betty Feffer*, *Bambu para toda obra* (FEFFER, 2015, p8)

Dentro das 5 mil utilidades do bambu, esses setores da economia têm aspectos em que o bambu pode substituir não só a madeira, mas o ferro, o cimento e outros materiais de construção, oferecendo igual resultado, desde a construção de pontes com vão livre de 80 metros, andaimes de 42 andares e, dada sua resiliência, também em várias edificações em territórios com terremotos.

A construção utilizando bambu o torna um meio sustentável na construção civil, a (Embrapa) Empresa Brasileira de Agropecuária localizada no Acre tenta incentivar a agricultura familiar com o plantio de bambu e a confecção sustentável, podendo ser utilizado na construção ou confecção de materiais e outros itens, assim podendo gerar uma renda extra as famílias dos habitantes locais (SANTI, 2015).

De acordo com Elias Melo de Miranda, *Bambu para toda obra* (MIRANDA, 2015, p28)

Somente no Brasil, existem 230 espécies nativas. Os tabocais, plantas do gênero *Guadua*, localizados no sudoeste da Amazônia, são considerados como as maiores reservas mundiais de bambus nativos, correspondendo a uma área territorial de 600 mil hectares de florestas. A produção de novos colmos é feita por propagação vegetativa, ou seja, os novos colmos produzidos são clones da planta original. Dessa forma, o corte de uma ou algumas varas de uma touceira de bambu não compromete a sobrevivência da planta.

Os valores de uma muda de bambu chegam aproximadamente ao mesmo preço de uma planta ornamental. Segundo Neuding o mercado da utilização do bambu na construção ou arquitetura chega a possuir preços altos, já que a pouca demanda e oferta, não chega nem perto das grandes florestas plantadas no Brasil, desde modo um mercado que deve ser trabalhado, sendo bastante promissor (SANTI, 2015).

O bambu possui altos benefícios no meio sustentável, além de seu crescimento rápido, cerca de 1200 espécies, possui a capacidade de armazenar carbono e uma resistência elevada, tornando um componente na construção civil de baixo repercussão ambiental e possibilidade econômico (MEDINA, 2018).

Antes da utilização do bambu na construção, os projetistas e executores tende a possuir um conhecimento específico sobre suas características, as empresas que disponibilizaram a matéria prima, as técnicas de tratamento para sua utilização e o seu potencial. Para conseguir se assegurar sobre esse meio de construção, tem que possuir um acompanhamento da obra todo documentos em seus diários (MEDINA, 2018).

Para o aproveitamento do bambu alcance a sustentabilidade são necessários utilizar todas as etapas da cadeia produtiva, o pesquisador (BERALDO, 2018) vem pesquisando as fases dessa cadeia, colocando seus conhecimentos sobre a área para proporcionar a aplicação do bambu na construção.

Entre as várias possibilidades da utilização do bambu, como material na construção civil, pode ser empregue como, vigas, pilares, lajes (podendo substituir o aço), coberturas, telhas, pontes, esquadrias, forros, elementos de decoração e encanamentos (MEDINA, 2018).

Culturas orientais vêm utilizando o bambu na construção a milênios, e com o passar dos anos gerando melhorias e inovando cada vez mais, podemos destacar como exemplos a serem analisados o Hotel Suarga Padanga Padanga (Imagem 1a) em Bali e a casa Hideout (Imagem 2b). No Brasil, existem poucas construções com a utilização do Bambu, pois eles tratam como sinônimos de residências humildes

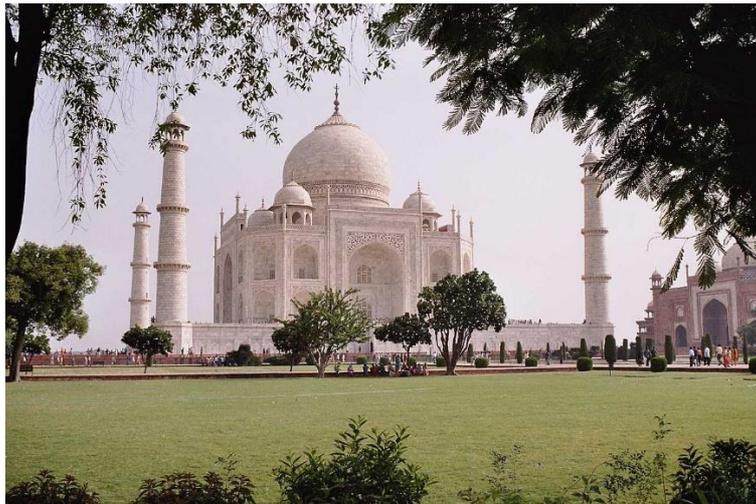
Imagem 1a: Hotel Suarga Padanga Padanga; Imagem 1b: Hildeout.



Fonte: Arquiteto André Chalupe (2018); Fonte: Archdaily, (2019)

Pimentel (1997), apud HAOULI (2018) afirma que a utilização do bambu na construção civil, provoca o surgimento de incontáveis sistemas construtivos baseados no material. Na Ásia, devido à disponibilidade e a existência de técnicas avançadas para extração e preparo do bambu, temos exemplos mais antigos de arquitetura com bambu, em templos japoneses chineses e indianos. A arquitetura hindu possui grandes monumentos que são considerados símbolos como o Taj Mahal (Imagem 2), que tem sua estrutura original composta por bambu.

Imagem 2: Taj Mahal, Índia



Fonte: Núria Pueyo (2005)

Por conta de obras assim, (TEIXEIRA, 2006) apud (EFFTING, 2017) afirma que até hoje, muitos países, principalmente China e Índia, utilizam o bambu como andaime para erguer seus prédios, como mostra a Imagem 3 a seguir:

Figura 3: Andaime de bambu na construção de arranha céu em Hong Kong



Fonte: ARCHDAILY (2016)

A utilização do bambu pré-fabricado na construção civil possui muitas vantagens, apontando algumas como, possibilidades de custos baixos, melhoria na gestão da obra, velocidade de execução, o desperdício na obra é diminuído etc. De acordo com (TEIXEIRA, 2016) existem duas classificações para os painéis de bambu: pré-fabricados e artesanais. Os artesanais mais conhecidos são os, painéis de bambus estacados, painéis de bambus feitos de

esteiras, painéis feitos de esteiras com desenhos decorativos, painéis de bambu vazado, painéis de bambu preenchidos com barro ou argila, painéis estilo *bahareque* com esteiras duplas e painéis estilo tencionado. E os pré-fabricados são, painéis com moldura de madeira e canos ou varas de bambu e painéis pré-fabricados com esterrilhas de bambu.

De acordo com Franchesca Medina (MEDINA, 2018, p61)

O protótipo desenvolvido pelo Engenheiro Civil Alexandre Oliveira Vitor serviu de base para a elaboração do protótipo digital, mostrando que uma habitação de bambu é sim viável. O layout flexível atendeu aos objetivos esperados de uma habitação de qualidade, com grande possibilidade de assimilação social, por ter uma facilidade na montagem, baixo custo e possibilidade de construção em mutirão como já comprovado por Vitor.

A conexão estrutural vem sendo uma dificuldade na aplicação do bambu na construção civil, não podendo utilizar dos mesmos meios de conexão do aço e madeira, para executar com competência a transferência de esforços, assim impossibilitando todo potencial do bambu (CARBONARI et al, 2017).

A Ásia por ser um grande produtor de bambu e possuir um clima favorável, acabaram evoluindo várias técnicas, além da construção civil, também possui a utilização na área de irrigação, materiais mecânicos para locomoção e móveis.

De acordo com TSUTSUMOTO (2016, p.24), a avaliação do comportamento estrutural de vigas de concreto armado com taliscas de bambu reforçadas nos nós.

Segundo Farrelly (1984), o bambu é uma planta que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, necessitando, em média, somente de 3 a 6 meses para atingir sua altura máxima, além de apresentar grande vitalidade, versatilidade, beleza, leveza, resistência e facilidade em ser trabalhado.

A justificativa por ele se manter tanto tempo no ramo da construção é sua autossuficiência. Ele consegue se adequar não apenas em condições climáticas diferentes, mas se mantém resistente quando submetido a intempéries relacionadas a terremotos e outros tipos de abalos sísmicos, tornando-o ainda mais fascinante.

Segundo Morado (1994), apud HAOULI, Estudo da Construção sustentável utilizando bambu (2018, p8).

O bambu é um material economicamente viável, pois é encontrado facilmente em quase todo o mundo, sendo adequado para edificações de baixo custo, podendo ser integrado no sistema moderno de produção de construção. Além de ser um material que apresenta grande leveza e alta resistência mecânica, deixando a desejar apenas se comparado com o titânio e o Kevlar. Porém o certo é que na pré-história o bambu já era significativamente utilizado pelo homem.

Obermann Laude, (2008) citado por Bortolussi (2017), diz que um dos motivos que limita o uso do bambu na construção civil é a falta de normatização, muitas vezes os ensaios realizados são com base em parâmetros comparativos com outras madeiras. Portanto Bortolussi (2017), menciona ainda que o *International Network for Bamboo and Rattan – INBAR* (1999), apresentou normas para ensaio do bambu, fundamentado em pesquisas internacionais das propriedades físicas e mecânicas. Uma de suas menções foram que a parte superior do colmo é mais resistente a flexão do que a parte inferior e mediana, possuindo menos resistência mecânica, a resistência a compressão e flexão aumenta da parte interna e externa por ter maior quantidade de fibras, nos nós a densidade é mais elevada porém a resistência a tração, flexão, compressão e cisalhamento são menores devido a seção ser descontínua e os desvios de feixes de fibras.

#### **4 PRINCIPAIS TESTES MECÂNICOS**

Carbonari et al, (2017) realizou alguns ensaios mecânicos (resistência a compressão e a tração) utilizando as espécies de bambu, *Bambusa Nutans*, *Bambusa Beecheyana*, *Bambusa Vulgaris*, *Bambusa Oldhamiia*, *Bambusa Tulda*, *Guadua Angustifolia*, *Dendrocalamus Asper*, *Dendrocalamus Giganteus*, *Arundinaria Amabilis*. A realização do corte no bambu foi acima do primeiro nó, de um modo que não possibilita o acúmulo de água. Após o corte, os colmos foram preservados no bambuzal, por 21 dias, na posição vertical. Depois desse período foram levados para o Laboratório da UEL, cada espécie foi separada em locais e partidas em duas partes de 6 m aproximadamente. Na ausência de normalização, utilização a ISSO/TC165 N314 (1999), para realização dos ensaios.

Para os cálculos da Resistência a compressão, foram moldado corpo-de-prova, de alturas igual ao seu diâmetro externo, foi utilizado a Máquina Universal de 300kN de capacidade para a realização dos ensaios, junto com a prensa servo-hidráulica de 2000kN de capacidade, com uma taxa de acréscimos de carga constante de 0,01 mm/s, e 1% de precisão. Desse modo dividindo a carga pela área da seção transversal conseguimos calcular a resistência e a área

descobrimos através dos diâmetros internos e externos (Quadro 1), (CARBONARI et al., 2017).

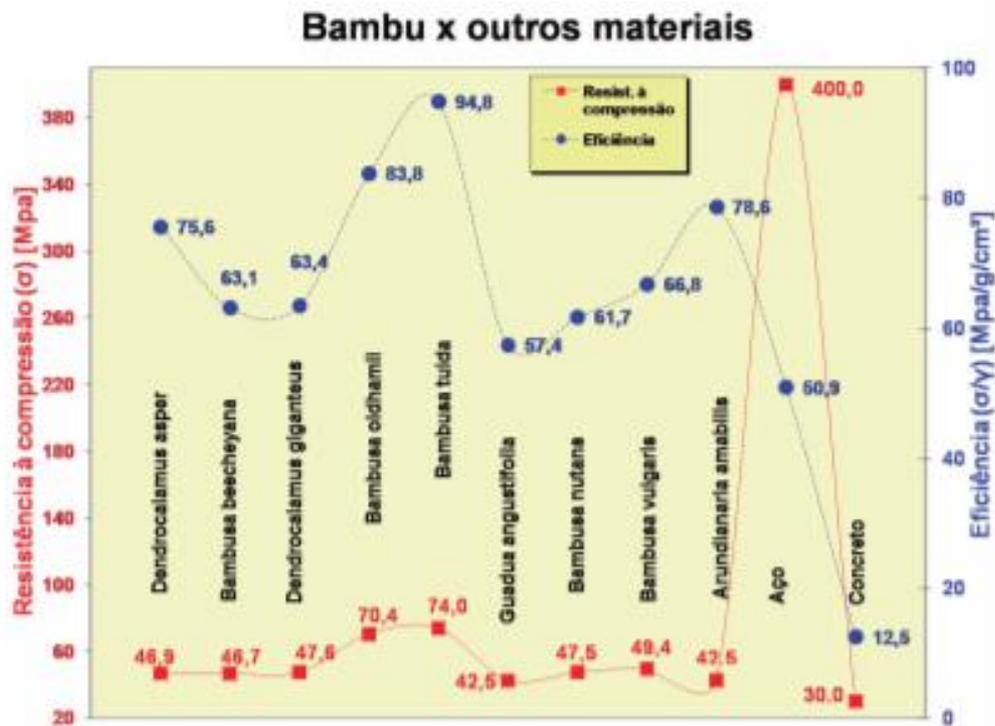
Quadro 01: Valores médios da resistência à compressão das espécies ensaiadas

Espécie de bambu	Resistência a compressão (MPa)	
	Com Nó	Sem Nó
Dendrocalamus Asper	51,15±5,2%	49,84±4,5%
Bambusa Beecheyana	50,16±6,8%	48,20±5,1%
Dendrocalamus Giganteus	48,27±3,5%	46,32±3,2%
Bambusa Oldhamii	72,17±6,1%	70,04±3,8%
Bambusa Tulda	75,18±7,0%	72,75±4,8%
Guada Angustifolia	45,45±4,3%	42,17±3,1%
Bambusa Nutans	47,63±4,7%	47,38±4,4%
Bambusa Vulgaris	50,40±6,7%	48,42±5,6%
Arundinaria Amabilis	38,35±5,4%	38,20±6,7%

Fonte: CARBONARI et al., 2017

Podendo concluir que a existência ou não do nó não atrapalha os valores da resistência dos corpos-de-prova. O valor máximo encontrado de 75,18 na espécie Bambusa Tulda e o valor mínimo de 38,35 na espécie Arundinaria Amabilis. A associação entre a massa específica e a resistência a compressão de todas as amostras, passam a do concreto e o aço, comprovando o rendimento superior do bambu (Figura 4).

Figura 04: Eficiência do bambu em relação ao concreto e ao aço por meio da relação Resistência à compressão / Massa específica.



Fonte: CARBONARI et al., (2017)

Os resultados da Resistência a Tração, foram concluídos através do molde de cilindros (com ou sem nós) de bambu de 20 cm, foram retiradas tiras de 12mm juntas às fibras a cada 2 m do colmo e espessura da parede do colmo. Logo, a o lixamento das tiras até a espessura chegar aproximadamente a 2 mm. O local que será atingida a resistência a tração é parte central possuindo 5 cm de comprimento, 3 mm de largura e 2 mm de espessura. No ensaio de Tração utilizaram apenas as espécies, *Bambusa Nutans*, *Bambusa Oldhamii*, *Bambusa Tulda* e *Dendrocalamus Giganteus*. O ensaio foi executado através da Máquina Universal de 300 Kn de capacidade e uma célula de carga de 5kN de capacidade máxima, possuindo uma velocidade de 0,001 mm/seg de carregamento. Foram utilizados 6 corpos-de-prova e o seu valor médio chegou aos resultados da Quadro 2 (CARBONARI, et al, 2017).

Quadro 02: Valores médios da resistência à tração (MPa) das espécies ensaiadas

Espécie de bambu	Fibra interna		Fibra externa	
	Com Nó	Sem Nó	Com Nó	Sem Nó
Dendrocalamus Giganteus	52±16,1%	133±5,7%	186±12,6%	203±4,4%
Bambusa Oldhamii	79±14,5%	133±7,1%	134±17,7%	229±7,5%
Bambusa Tulda	82±16,8%	172±6,6%	168±21,8%	211±6,6%
Bambusa Nutans	69±17,8%	150±5,5%	135±18,2%	244±5,8%

Fonte: CARBONARI et al., (2017)

De acordo com Carbonari, et al (2017, p21)

A diminuição da resistência observada nos CPs da parte interna da parede do bambu, conforme se verifica na Tabela 2, se deve à baixa concentração de fibras naquele local, enquanto o nó, além de também reduzir significativamente a resistência à tração, proporciona uma ruptura frágil e abrupta, o que não ocorre em CPs sem nó, nos quais vão se rompendo fibra por fibra, apresentando maior ductilidade. Além disso, na referida tabela verifica-se que o intervalo de variação dos valores obtidos dos CPs com nós é maior que os sem nó.

A comparação da resistência à tração do bambu com aço se dá através da Quadro 3, aonde (fT) é a resistência à tração, ( $\rho$ ) a massa específica e (fT/  $\rho$ ) é a relação entre elas.

Quadro 03: Eficiência das espécies de bambu e do aço (Resistência à tração / Massa Específica)

Material	fT (MPa)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	fT / $\rho$
Dendrocalamus Giganteus	119	0,75	159
Bambusa Oldhamii	106	0,84	126
Bambusa Tulda	125	0,78	160
Bambusa Nutans	102	0,77	132
Aço	250	7,85	32

Fonte: CARBONARI et al., (2017)

Comprovando que a resistência à tração como a compressão possui uma resistência maior que a do aço, chegando a caso de 3 a 5 vezes maiores.

Coutinho (2017), apud Haouli (2018) em Estudo da construção sustentável utilizando o bambu (2018, p9) diz que:

"Com resistência comparável à do aço em muitas aplicações é a mais alta tecnologia da natureza, o bambu tem o poder não apenas de renovar a arquitetura e a engenharia civil—ele pode salvar o planeta do esgotamento."

## 5 PRINCIPAIS TRATAMENTOS

Tanto o bambu como outros materiais necessitam de uma proteção, para possuir com o tempo uma garantia de sua durabilidade, assim possuindo vários métodos de tratamento para aumentar sua vida útil (GUIMARÃES, 2017).

Ferreira (2002) afirma que o bambu não é muito utilizado nas construções civis devido sua baixa aderência com o concreto, causada pela quantidade de retração dos colmos, pelo grau de saturação do colmo após o envelhecimento do concreto, do revestimento do colmo, entre outras características que podem afetar como a alteração de temperatura. Diversas pesquisas são realizadas a fim de obter melhores resultados em relação a aderência do bambu. Dentro disso desenvolveu-se diversos tipos de tratamento, podendo separar em duas categorias: tratamentos químicos, consideramos mais eficientes e tratamentos naturais.

Dentro dos tratamentos químicos encontra-se: a remoção da seiva do colmo por pressão, logo após injeta-se produto químico, esse tratamento é conhecido como "*boucherie*". Transpiração das folhas tratamento que acontece após o corte, o colmo juntamente com galhos e folhas é colocado na posição vertical em um recipiente com produto químico, após o escoamento da seiva, esse produto é sugado pelo corte. Esse tratamento acontece por 2 a 4 dias, após o procedimento é exposto à secagem por 40 dias e por último o tratamento por imersão onde os colmos são imersos em um reservatório com produto químico por 12 horas.

Os tratamentos naturais também acontecem de diversas formas como: Cura na própria mata que acontece após a extração da vara de bambu, e consiste em deixar o bambu na touceira em posição vertical, com os galhos e folhas sem contato com o solo, esse processo acontece entre 4 a 8 semanas. Nos tratamentos naturais também existe a cura por imersão, mas dessa vez o bambu é imerso na água no período de 3 a 90 dias, esse método é capaz de aumentar a resistência da vara de bambu contra insetos em contrapartida este não apresenta ser tão eficaz, por vezes pode acontecer rachaduras e manchas na estrutura. Por último a cura por aquecimento,

onde a vara de bambu é exposta ao fogo, nesse método consegue-se retirar a água e o amido do bambu, porém esse método só é realizado dependendo da espessura da vara.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil vem ganhando grande destaque no meio do desenvolvimento social e econômico dos municípios, mas também é um grande influenciador nos impactos ambientais, pois, possui um enorme desperdício, consumo e criação de resíduos. É deste modo que temos que implantar políticas sustentáveis dentro das empresas de construção civil, podendo assim gerar uma obra com menos danos aos recursos naturais e casas mais sustentáveis. Tomando esse posicionamento, a área da construção pode produzir algumas alternativas para possibilitar a aplicação em todas as fases de uma construção, assim mostramos que a utilização do bambu como um meio substituível e sustentável dentro da construção.

Conforme os estudos apresentados a resistência a tração ou a compressão apresentam valores maiores que a do aço e do concreto, assim tornando o bambu um material muito ótimo para utilização na construção civil.

Conforme algumas pesquisas os tratamentos dos bambus são divididos em químicos e naturais, levando em consideração que os tratamentos químicos possuem uma eficiência maior que a do natural, assim podendo aumentar a aderência do bambu com o concreto ao decorrer dos anos, já que quando não acontecem os tratamentos a aderência do concreto – bambu é muito pequena.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Darlan Alves Lima de; SANTOS, Kaio Henrique Bezerra dos. Aplicação do bambu na engenharia civil no Brasil. 2019.

CARBONARI, Gilberto et al. Bambu–O aço vegetal. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

DA SILVA BORTOLUSSI, Juliana et al. Diretrizes para o emprego de elementos estruturais em bambu na construção civil. 2017

DE MELLO REZENDE, Greyce Bernardes; DE BRITO, Adam Luiz Claudino; DE FREITAS, Lucia Santana. A prática do ecodesign na construção civil e a busca pelo direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. **HOLOS**, v. 4, p. 266-281, 2017.

EFFTING, Elisa da Fonseca. Construção civil sustentável: um estudo sobre a utilização do bambu. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

FERREIRA, G.C.S. Vigas de Concreto Armadas com Bambu. São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP, 2002.

GUIMARÃES, Ricardo José et al. **Avaliação do uso de bambu como estrutura em alvenaria de blocos de solo-cimento**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HAOULI, J. S. (2018). ESTUDO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVÉL UTILIZANDO O BAMBU.

LOPES, Tamara T. et al. Construções ecológicas: uso do bambu na construção civil. Revista Espaço Transdisciplinar, v. 2, n. 01, p. 34-42, 2019.

MEDINA, Franchesca; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES: Relatório Final da Pesquisa PIBIC**. Virtuhab, 2019.

SANTI, Thais. Bambu para toda obra. **O Papel**, v. 76, n. 4, p. 23-34, 2015.

SOUZA, A.P.C.C. Bambu na habitação de interesse social no Brasil. Trabalho final de graduação, junho de 2002 da PUC Minas.

Tsutsumoto, N. Y. (2016). Avaliação do comportamento estrutural de vigas de concreto armado com taliscas de bambu reforçadas nos nós.

YANG, Y; HUI, C. China's Bamboo: culture, resources, cultivation, utilization. International Network for Bamboo and Rattan-Inbar. Technical Report n.33, China, 2010, 227p