

Aplicação do bambu como material construtivo

Alan Jordan Vieira de Menezes¹, Allan dos Santos Bispo², Antenor Barreto Carvalho Neto Junior³, Carlos Eduardo Santos Cruz⁴, Inara Saraiva Rocha⁵, Lázaro Jesus Varjão⁶.

(alanjordan2011@gmail.com, Allan.bispo.10@gmail.com, antenorbarreto97@gmail.com, eduardocruz.sq@gmail.com, inararochaa01@gmail.com, lazaroiavarjao@hotmail.com,)

Professora orientadora: Ma. Tatiane de Andrade Spinola

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

Trançando um paralelo referente ao atual cenário da indústria da construção civil e a utilização do bambu como material construtivo alternativo, corrobora-se que exploração da madeira e do aço por esse setor vem causando grandes impactos ambientais, além de estarem se tornando insumos cada vez mais onerosos economicamente. Dessa maneira destaque-se aqui, que o bambu, possui uma vasta aplicabilidade na construção civil, um fácil manejo, alta produtividade, ótimas propriedades mecânicas e é uma solução ecológica. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar que o bambu pode ser um insumo alternativo ao aço e a madeira, além de apresentar suas principais características físicas e mecânicas. Balizado por meio de uma revisão bibliográfica, contendo ricas contribuições de autores consagrados nesse tema, chegou-se à conclusão de que o bambu é uma alternativa demasiada atrativa, em relação aos materiais convencionais, para ser implementado como elemento construtivo em obras civis.

Palavras-chave: Bambu, Sustentabilidade, Madeira, Aço e Construção.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é inteiramente influenciada pelo âmbito social, ambiental, político e essencialmente pela esfera econômica em que está inserida. Nessa perspectiva, o debate no contexto financeiro e ambiental vem ganhando novos rumos, pois os preços dos materiais de construção tradicionais vêm aumentando gradativamente, culminando na necessidade em se buscar novos materiais que contribuam tanto na sustentabilidade, quanto no orçamento da obra.

Seguindo essa perspectiva, nos últimos anos os custos dos principais materiais construtivos no Brasil sofreram certo aumento de acordo com o Índice Nacional de Custos da construção (INCC) que unido aos estudos da CELERE, trazem a relação do acréscimo dos insumos no período 2019-2022, com a madeira subindo quase 229% e mais de 80% acrescidos no custo das armaduras de aço. Dito isso, junto com esse grande pico de preço dos materiais traz consigo também a preocupação com o crescimento do desmatamento, dos gastos com as construções civis e com apropriações abusivas de recursos naturais, que nesse sentido a indústria da construção civil apresenta-se como uma grande vilã em relação ao tema da sustentabilidade, pois as atividades desenvolvidas nessa área consomem grandes quantidades de madeira, concreto e aço, e a exploração destes materiais causam uma grande degradação dos locais de extração e demandam um elevado custo energético para sua exploração, transporte e processamento. Avalia-se que a indústria da construção civil consome cerca de 20 a 50% dos recursos naturais do planeta (BRASILEIRO; MATOS; 2015), além disso, ela é responsável por 24% das emissões totais de carbono no mundo (DA CRUZ; BARROS; 2022).

Ciente desses fatos, para tentar controlar essas inquietações inúmeros especialistas buscam novas alternativas para além de substituí-los de forma correta e segura, procuram também diminuir os impactos causados no meio ambiente. Nesse viés, o bambu surge como uma das principais matérias-primas sustentáveis, segundo Dos Santos e Santana (2017) ele é uma solução viável para mitigar o problema do impacto ambiental, por ser um material de fácil manuseio, com ótimas características físicas e mecânicas, renovável, de baixo custo e não poluente, além de ter uma capacidade de conversão do gás dióxido de carbono (CO₂) em gás oxigênio (O₂) maior que a das árvores (SANCHES TREVISAN et al., 2019).

No entanto, o cenário brasileiro apresenta grande resistência à sua utilização, apesar de ter a segunda maior biodiversidade do mundo ficando atrás apenas da China (MARQUES; LUIZ; DA SILVA, 2020). Alguns fatores colaboram para esse descrédito como a falta de incentivo estatal e a baixa visibilidade sobre o material, por outro lado, em meados do ano de 2020, entrou em vigor a NBR 16828 (ABNT, 2020) que traz em seu escopo diretrizes e parâmetros de ensaio fundamentais para balizar profissionais do ramo, no que diz respeito a elaboração de projeto (parte 1) e determinação de propriedades mecânicas do colmo ou parte dele (parte 2), contribuindo para difusão no meio técnico e assim revelando gradualmente o seu aparecimento no Brasil.

Por meio disso, este artigo tem o objetivo de demonstrar que o bambu é uma alternativa viável como material construtivo para ser implementado nas edificações. Baseando-se por meio de uma revisão bibliográfica, com o intuito de identificar suas aplicações, suas principais características físicas e mecânicas, suas vantagens e limitações, comparadas com os materiais já amplamente difundidos na construção civil (aço e madeira), por fim, sua importância para o meio ambiente e economia na obra. Neste presente trabalho de conclusão de curso, não somente almeja-se observá-lo como um insumo qualquer, mas sim, uma alternativa viável para um dos grandes fundamentos da engenharia civil: economia e qualidade.

2. DESENVOLVIMENTO

O bambu é uma planta da família das gramíneas com elevadas taxas de crescimento e de resistência, presente em quase todos os continentes, com exceção da Europa e da Antártida (MARQUES; LUIZ; DA SILVA, 2020). A Ásia é o continente que possui mais espécies nativas, contando com 62% do total, a América fica em segundo lugar com 34%, enquanto África e Oceania dividem o restante das espécies (EFFTING; 2017).

Figura 2.1: Distribuição geográfica do bambu.



Fonte: MARQUES; LUIZ; DA SILVA; 2020

No Brasil, existe um total de 256 espécies que são divididas em dois grandes grupos: lenhosos e herbáceos. Os bambus do tipo lenhosos encontram-se principalmente na região sudeste, enquanto, os bambus do tipo herbáceos encontram-se principalmente na região norte do país (EFFTING; 2017). No entanto, nem todas essas espécies possuem as características

ideais para utilização na construção civil. As espécies recomendadas são: *Arundanaria*, *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Phyllostachys* e *Guadua* (MARQUES; LUIZ; DA SILVA, 2020).

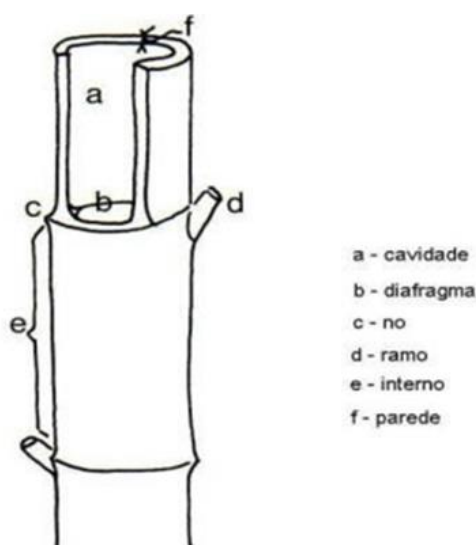
2.1. Morfologia do Bambu

Para estudar e entender o bambu como material na engenharia civil, primeiro, é importante conhecer sua composição como planta, pois assim é possível compreender as partes que lhe tornam fortes e como essas são capazes de contribuir como um material de construção. Pensando nisso, Moré (2003) fala que elas se desenvolvem rapidamente, conhecidas como *Bambuseae* são plantas enormes, lenhosas, gramíneas e herbáceas.

Nesse sentido, “O bambu apresenta uma parte aérea formada por colmo, folhas e ramificações e outra parte subterrânea constituída de rizoma e raiz” (PADOVAN, 2010), ou seja, essa planta, basicamente, apresenta uma formação simples: uma espécie de caule (o colmo, parte cilíndrica e oca e uma das partes principais da planta), a sua folhagem, o rizoma e a raiz.

Como já dito, o colmo é um dos elementos primordiais do bambu, pois além de fazer parte de quase toda a planta é ele que dá os atributos de elasticidade, dureza e as resistências ao bambu, ainda assim, esse tronco pode também ser subdividido em partes. “O colmo é a parte aérea que possui forma de tronco de cone e contém uma série de entrenós (ocos) separados de forma transversal por diafragmas (nós), dos quais saem os ramos e destes as folhas.” (MORE, 2003), como se encontra na figura 2.

Figura 2.2: Representação da divisão do colmo do bambu.



Fonte: PEREIRA; BERALDO, 2016.

As espécies também influenciam para o tipo de uso de cada bambu, pois é importante procurar um tipo que possua um colmo com boa altura e ótimas funções mecânicas, isto é, é preciso dar ênfase na procura de uma espécie de bambu que cresça mais e consiga suportar as forças que serão aplicadas nela, nos diferentes tipos de usos, seja ela estrutural, seja de forma artesanal. Nesse sentido, Rios e Souza (2022) dizem que as espécies adequadas para esses propósitos são as seguintes: *Dendrocalamus Giganteus*, *Dendrocalamus Asper*, *Guadua Angustifolia* e a *Phyllostachys Pubescens*, mostradas respectivamente nas figuras 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6.

Figura 2.3: Representação da Dendrocalamus Giganteus



Fonte: Guadua bamboo; 2023.

Figura 2.4: Representação Dendrocalamus Asper



Fonte: Sítio da mata; 2023.

Figura 2.5: Representação da Guadua Angustifolia



Fonte: Sítio da mata; 2023.

Figura 2.6: Representação da Phyllostachys Pubescens



Fonte: Bamboo land; 2023.

2.2. Propriedades físicas e mecânicas do bambu

Segundo Ghavami e Marinho (2005) desde os anos 70 estão sendo desenvolvidos materiais avançados, constituídos de polímeros sintéticos, como Rayon, Nylon, Polyester e Aramida, com propriedades mecânicas atrativas de forma a substituir parcialmente ou integralmente a utilização de materiais já consagrados, como o aço e a madeira. Nesse contexto, surge a utilização do bambu como matéria prima alternativa às já amplamente utilizadas na construção civil, por ser um material que possui baixa massa específica e considerável resistência mecânica à vários tipos de solicitações, como por exemplo, tração, compressão, torção, cisalhamento e entre outros. Essa característica diferencia o bambu dos outros materiais estruturais. O bambu deixa a estrutura mais leve, levando o próprio peso a tornar-se uma parcela quase que desprezível no carregamento em relação à materiais mais densos, como o concreto e o aço, que por si só incrementam consideravelmente o carregamento da estrutura.

As propriedades mecânicas são balizadas por características físicas inerentes ao bambu, e nesta perspectiva, Ghavami (1989) corrobora que essas características mecânicas são influenciadas sobretudo pelos fatores: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época de colheita, teor de umidade das amostras, localização das mesmas em relação ao comprimento do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras testadas e tipo do teste aplicado. Dentre as espécies de bambu que mais são usadas no Brasil, por terem boas propriedades mecânicas, pode-se citar a *Dendrocalamus giganteus* (Figura 2.7) e a *Guadua angustifolia* (Figura 2.8).

Figura 2.7: *Dendrocalamus giganteus*



Fonte: MARÇAL, 2008.

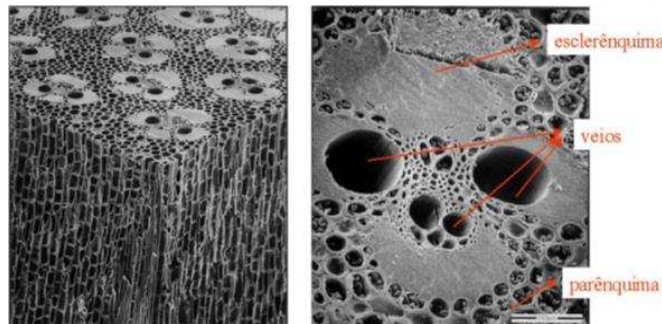
Figura 2.8: *Bambusa vulgaris*



Fonte: MARÇAL, 2008.

De acordo com Liese (1980), o bambu é constituído de modo geral por vasos condutores de seiva (10%), células parenquimatosas (50%) e fibras (40%), como pode ser observado na Figura 2.9. Dessa maneira Filho e Azzini (1987), afirmam que a seção transversal do bambu apresenta uma estrutura anatômica caracterizada por numerosos feixes fibrovasculares envolvidos por células de parênquima, com uma epiderme formada por uma fileira de células epiteliais seguida por uma de células de esclerênquima. Os tecidos dos colmos de bambu são constituídos dos seguintes tipos de células: (i) células de parênquima formando o tecido fundamental; (ii) vasos, elementos crivados com células companheiras e cordões de esclerênquima formando os feixes fibrovasculares e (iii) fibras, formando as bainhas de fibras. (FILHO E AZZINI, 1987).

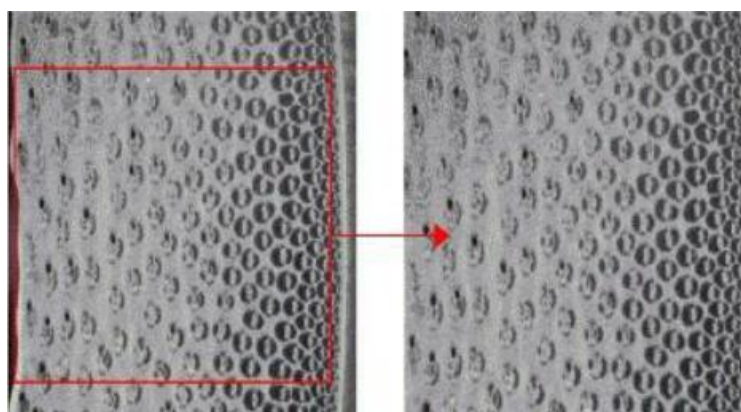
Figura 2.9: Estrutura vascular do bambu *Guadua angustifolia*



Fonte: Ghavami e Marinho, 2005.

Filho e Azzini (1987) estudaram a variação volumétrica das fibras do bambu da espécie *Bambusa vulgaris*, nas disposições transversais e longitudinais do colmo inteiro. No tocante ao sentido transversal, valores de densidade básica foram crescentes das camadas internas para as externas dos colmos de bambu, para todas as alturas amostradas, tal variação pode ser visualizada na Figura 2.10, em estudo semelhante feito por Ghavami e Marinho (2005), que analisaram a estrutura interna do bambu *Guadua angustifolia*. Em relação ao sentido longitudinal os valores de densidade básica foram crescentes da base para o ápice dos colmos de bambu, com tendência a se igualarem nas posições terminais.

Figura 2.10: Variação da fração volumétrica das fibras na espessura do colmo do bambu *Guadua angustifolia*



Fonte: Ghavami e Marinho, 2005.

Essas análises corroboram os estudos feitos por Ghavami e Marinho (2005) que constataram que os colmos têm diminuição gradual, no sentido da base para o topo, no diâmetro, na espessura da parede e no comprimento internodal.

No tocante às propriedades mecânicas, devido a distribuição radial das fibras nas mudanças de seções nos nós, onde se interrompem as fibras longitudinais, culminando em uma descontinuidade do elemento, essa região é conhecida por ser um ponto frágil no bambu, além de que nesses locais reduzem-se as áreas resistentes e se originam, na peça, solicitações secundárias de compressão axial e cisalhamento, às quais o material oferece menor resistência. Ghavami e Hombbeck (1981) observaram que, na maioria das vezes, o rompimento ocorria no nó, confirmando a concentração de tensões neste ponto. Constataram, ainda, que a resistência na parte basal ao longo do colmo apresentou maior carga de ruptura, devido à maior área transversal.

Ghavami e Marinho (2005) realizaram um estudo com o objetivo de analisar as propriedades físicas do colmo do bambu das espécies *Guadua angustifolia*. Neste estudo, foram determinadas as resistências à tração, compressão e cisalhamento entre as lâminas das partes centrais, topo e base, sendo que para cada parte ensaiada, foram usadas amostras com ou sem nó, com o intuito de analisar a influência dos nós nas resistências.

A resistência média à tração encontrada pelos autores foi de 86,96 MPa, sendo que o centro apresentou os maiores valores, com uma resistência de 95,8 MPa sem o nó, o topo apresentou a maior resistência, 115,84 MPa sem o nó. Em todos os ensaios de tração realizados, a ruptura ocorreu nos nós ou em regiões próximas a eles, confirmando o que foi descrito acima. O módulo de elasticidade longitudinal médio das fibras para os ensaios de tração foi de 14,59 GPa e apresentou maiores valores nas regiões sem nó, de forma análoga à resistência à tração (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

Para os ensaios de compressão, a resistência média foi de 29,48 MPa, com maiores valores na região do topo, fato semelhante ocorrendo para o módulo de elasticidade longitudinal, com valor médio para todo o bambu de 12,58 GPa e média de 13,73 GPa para o topo. Em geral, a resistência à compressão é um terço da resistência à tração e é pouco influenciada pela presença do nó. Os diagramas tensão-deformação, para a tração e compressão, apresentaram comportamento elástico até valores próximos à ruptura e em alguns ensaios foram observados a plastificação (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

No tocante aos ensaios de cisalhamento inter-laminar, foi notado que a resistência aumenta no sentido da base para o topo, com um valor médio de 2,017 MPa e para o topo um valor médio de 2,267 MPa, assim como valores com pouca variação para as amostras sem nó, variando de 2,198 MPa a 2,421 MPa para as três amostras e valor médio de 2,297 MPa. As resistências ao cisalhamento das amostras sem nó são em geral maiores e uniformes, ao contrário das amostras com a presença dos nós, que apresentam resistências menores e muito variáveis (GHAVAMI; MARINHO, 2005).

Os resultados apresentados acima podem ser verificados na Tabela 2.1, onde é discriminado os valores obtidos em ensaio para a tração, compressão e cisalhamento laminar respectivamente.

Tabela 2.1: Resistências à compressão, tração, cisalhamento e módulo de elasticidade das partes basal, centro e topo, com e sem nó.

Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó.			
Parte do Bambu	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Coef. Poisson
Base sem nó	93.38	16.25	0.19
Base com nó	69.88	15.7	-
Centro sem nó	95.8	18.1	0.25
Centro com nó	82.62	11.1	-
Topo sem nó	115.84	18.36	0.33
Topo com nó	64.26	8	-
Valor médio	86.96	14.59	0.26
Variação	64,26~115,84	8~18,36	0,19~0,33
Resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó.			
Parte do Bambu	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Coef. Poisson
Base sem nó	28.36	14.65	0.27
Base com nó	25.27	9	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	15.8	0.33
Valor médio	29.48	12.58	0.34
Variação	25,27~34,52	9,00~15,80	0,18~0,5
Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu <i>Guadua angustifolia</i>			
Parte do Bambu	Tensão de cisalhamento (MPa)		
Base sem nó	1.668		
Base com nó	2.198		
Centro sem nó	1.433		
Centro com nó	2.272		
Topo sem nó	2.113		
Topo com nó	2.421		
Valor médio	2.017		

Fonte: Adaptado de Ghavami e Marinho, 2005.

2.3. Processo de manejo, plantio, colheita e tratamento do bambu

Uns dos principais fatores responsáveis pela pouca difusão da utilização do bambu no Brasil, é o seu processo de produção que ainda encontra desafios fitotécnicos que oneram a sua produção comercial e sustentável, desmotivando o setor industrial. Em contrapartida a esse cenário, foi efetivado no dia 8 de setembro de 2011, a Lei nº12.484, que vem estimulando a iniciativa privada a desenvolver tecnologias sustentáveis no que diz respeito ao manejo do bambu, “produção de colmos, para a extração de brotos e obtenção de serviços ambientais, bem como à valorização desse ativo ambiental como instrumento de promoção de desenvolvimento socioeconômico regional”. (BRASIL, 2011, Art 2)

No que se refere ao plantio, algumas recomendações são pertinentes para o sucesso do empreendimento, como pode-se citar as prescrições de Akira et al (2007) que recomenda a plantação das mudas nas primeiras horas do dia, que segundo sua análise, diminui a chance de mortalidade das mesmas.

Segundo Lima Neto et al (2010) em relação à necessidade de chuvas, de maneira geral os bambus se desenvolvem bem com precipitações iguais ou superiores a 1.200 mm anuais.

Ainda neste sentido, as mudas bambu deve ser transplantadas para áreas que possuam topografia plana ou com suaves ondulações, que são mais adequadas para o cultivo. Esses terrenos permitem um melhor revolvimento do solo com a operação de aração e melhoram a eficiência do trabalho de plantio, manutenção, colheita e transporte dentro das plantações, o que reduz os custos globais de produção (Guadua Bamboo, 2007).

O manejo do solo, processo subsequente ao plantio, envolve alguns processos que garantem a boa qualidade do bambuzal, que são: Preparo do solo; Roçada manual ou mecanizada; Aplicação mecanizada de herbicida; Combate a formigas cortadeiras e cupins; Correção do pH; Subsolação; Adubação; Espaçamento e Coveamento das mudas. (DENILSON, 2017)

No tocante à colheita, recomenda-se que esta seja realizada nos meses mais frios e secos, pois os colmos com menor teor de umidade ficam mais leves, o que facilita tanto o corte quanto o transporte, além de evitar que os colmos trinquem (Department of Science and Technology, 2006).

Peixoto (2008) recomenda que o corte dos colmos deve ser feito aproximadamente a 20 cm do solo, antes de um nó caulinar, para evitar a retenção de água, a hospedagem de insetos e o apodrecimento das plantas, e utilizando ferramentas que efetuam a extração pelo processo de serragem, como serrotes, serras e motosserras para não lascar ou causar danos nos colmos.

A extração deve ter como prioridade os bambus centrais do bambuzal, que são provavelmente os mais velhos e, portanto, mais resistentes (Mom, 2015).

Além disso, sabe-se que o volume e rendimento são critérios importantes para o cultivo do bambu, nesse sentido, Liese (1987) estima que a biomassa por área cultivada tem sido calculada para algumas espécies sendo cerca de 50 a 100 ton/ha, podendo ocorrer diferenças consideráveis no rendimento que dependem da espécie e das condições de plantio.

Em última análise, de acordo com a NBR 16828-1 (ABNT, 2020), o bambu deve passar por alguns tratamentos que podem influenciar na sua durabilidade, são eles: cortar colmos maduros do bambuzal; efetuar cortes sem choques evitando fissuras; utilizar nas estruturas apenas colmos maduros e secos para diminuir a variação de dimensões; caso a peça tenha fissuras, apenas utilizá-la nos entrenós; os colmos não podem ter furos de insetos ou rastros de apodrecimento e, por fim, o bambu deve receber um tratamento preservativo, a menos que tenha durabilidade natural adequada ao tipo de uso, pois algumas espécies são frágeis à insetos.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho mostra o bambu, a fim de conhecer o diferencial existente nessa planta, por meio de pesquisas bibliográficas sobre como esse elemento consegue exercer função de insumo na engenharia civil. Nesse intuito, os principais focos estão relacionados na análise teórica do uso do bambu como material, estudo de suas propriedades, as diversas formas de manuseio em obra, as vantagens e desvantagens dessa planta na construção, comparação com outros materiais comuns e seu efeito sustentável para o meio ambiente, e dessa forma entregar uma conclusão de estudo sobre a utilização dessa planta.

A procura e pesquisa bibliográfica foi a principal maneira de coleta de dados sobre esse assunto, claramente, para obter informações claras e precisas para esse tema. Ademais, com a leitura desses materiais teóricos foi possível identificar os melhores tipos de bambus existentes para aplicação em obras civis, suas propriedades (físicas, químicas e mecânicas) e sua aplicabilidade na engenharia e arquitetura.

Dessa forma, com a finalidade de trazer um trabalho mais repleto de informações foi preciso a procura de dissertações em sites na web, em livros, artigos, NBRs, monografias e entre outros trabalhos. Visto isso, alguns tópicos cruciais podem ser vistos como separados abaixo:

- Busca dos principais assuntos a serem discutidos;
- Pesquisa de materiais para o estudo introdutório;
- Estudo de trabalhos assertivos para o desenvolvimento;
- Revisão bibliográfica dos assuntos pertinentes para fundamentação dos resultados.

Dessa maneira, o estudo levantou a estrutura do bambu como planta, suas espécies mais relevantes e com melhores características para os diversificados usos em obra. Além disso, os tipos de bambu estudadas foram selecionadas por meio dos estudos em laboratório de autores já apresentados neste trabalho, com foco nas espécies *Dendrocalamus gigantes*, *Guadua angustifolia* e a *Bambusa vulgaris*, pois mostraram um grande misto de características importantes, podendo até se compararem a outros insumos comumente utilizados nas construções.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Bambu e Sustentabilidade

Sabe-se que, é de grande importância, quando nos referimos a construção civil, pensarmos também em formas de torná-la mais sustentável, pois, a mesma, é uma atividade que gera grandes impactos ambientais, desde a produção e início da obra, até o descarte dos rejeitos. Por isso, rever novas técnicas de produção e impulsionar a busca por melhores escolhas faz-se necessário para uma construção mais sustentável e renovável.

Conforme Effting (2017), é indiscutível a importância pela busca de novas formas de construir e a aplicação de novos materiais e tecnologias, uma vez que, a engenharia civil é uma das grandes responsáveis por poluir e gerar resíduos, aumentando assim o impacto ambiental. Desse modo, o bambu apresenta-se como grande aliado para minimizar esses impactos, uma vez que, o mesmo é uma matéria-prima renovável, que pode ser encontrado com facilidade, além de ser um material leve, livre de corrosões e/ou ferrugem, o que o torna um elemento atraente para as construções (QUEIROZ, 2014). As características dessa planta são fundamentais para o meio ambiente, visto que, a mesma pode ser utilizada na diminuição de

pressão nas florestas e no combate do aquecimento global. Todos os anos os colmos, que é a parte cilíndrica, composto de trechos ocos separados por segmentos, visto externamente na forma de nós, são substituídos, e caso não ocorra a extração das partes que vão envelhecendo, eles apodrecem e morrem, então, os caules maduros são aproveitados como material e usado de diferentes formas, ajudando assim no povoamento florestal.

Dessa forma, o bambu destaca-se como uma excelente ferramenta construtiva, podendo ser usada em diferentes situações na obra. Para Clark; Londono; Ruiz-Sanchez (2015), com o aperfeiçoamento do seu uso e as suas características, tais como flexibilidade e alta resistência, o mesmo passou a ser mais explorado. Dessa forma, essa matéria prima passou a ser mais utilizada nas construções, podendo ser empregada como elemento estrutural, tanto em treliças e pilares, como até mesmo em pontes.

Além disso, o bambu possui características mecânicas eficazes, tanto pode ser substituído, como também pode ser associado com outros materiais, a exemplo, o aço, a madeira e o concreto (EFFTING, 2017). Por meio de um estudo realizado por Carbonari et al. (2017), o qual tinha objetivo de identificar as propriedades do bambu comparado ao aço e conhecer se o mesmo pode ser visto como um aço vegetal, demonstrou no que se refere a compressão, que o bambu possui valores entre 38 a 75 Mpa, variando de acordo com a espécie de bambu, já para a resistência a tração, possui entre 102 a 125 Mpa, conseqüentemente, têm uma maior eficiência quando comparado ao concreto por exemplo, uma vez que, este apresenta ambas as resistências com valores menores. Além do mais, o bambu possui módulo de elasticidade à compressão entre 20 e 25 Gpa.

Levando em consideração a necessidade e a busca pela sustentabilidade na construção civil, a utilização do bambu surge como uma grande aliada, pois, além de ser um material sustentável e renovável, é leve, resistente e ainda confere beleza e harmonia para a obra, desde que seja manuseado e utilizado da forma correta, levando em consideração o seu tipo e os seus devidos tratamentos.

4.2. Utilização do bambu

O bambu é um material bem disseminado na Ásia e em vários países da América Latina como Colômbia, Peru, Equador, Costa Rica e México; podendo ser utilizado na execução de elementos quer estruturais quer não-estruturais. Segundo a NBR 16828-1 as estruturas de bambu devem ser projetadas de forma a resistir com segurança às ações normais, decorrentes do uso da construção e a ações especiais, principalmente aquelas decorrentes de construção e montagem (ABNT, 2020). Algumas das principais utilizações serão comentadas a seguir.

Andaimes: Andaimes em bambu são uma tradição em países asiáticos como China, Tailândia e Índia. Eles são bastante resistentes, existindo caso em que resistiram a furacões, enquanto, andaimes de aço foram destruídos.

Os andaimes de bambu são divididos em dois tipos: andaimes de camada simples e andaimes de camada dupla. Segundo Souza (2014), os andaimes de camada simples são utilizados em construções de pequeno porte e para execuções rápidas, enquanto, os de camada dupla são empregados em obras de maior porte, por oferecerem maior segurança aos operários, e por serem de rápida montagem.

Figura 4.1: Andaimes de camada simples



Fonte: Souza, 2014.

Figura 4.2: Andaimes de camada dupla



Fonte: Souza, 2014.

Figura 4.3: Andaimes de bambu em Hong-kong



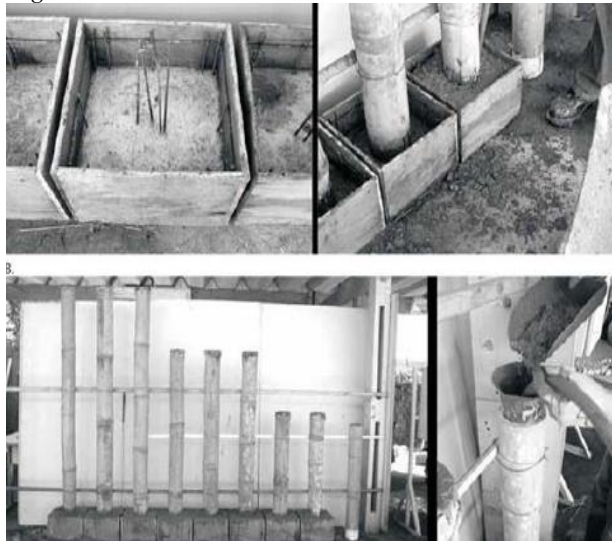
Fonte: Souza, 2014.

Pilares: Os pilares são elementos estruturais que recebem as cargas verticais e as transmitir para a fundação. O bambu é um material apto para ser utilizado em pilares, por causa de suas características de resistência à compressão e à tração, porém o bambu precisa de certos cuidados em relação à execução e ao tratamento, para garantir segurança e boa qualidade estrutural.

Dessa maneira, a NBR 16828-1 (ABNT, 2020), afirma que por ser um elemento predominantemente solicitado a cargas axiais, deve-se selecionar colmos mais retos possíveis, afim de se evitar solicitações adicionais por conta de eventuais curvaturas.

Segundo Effting (2017), as estruturas modernas de bambu utilizam os métodos tradicionais, de encaixe ou de união com cordas, com os acréscimos de novas tecnologias, materiais e técnicas. Os pilares vêm recebendo novos tipos de conexões, uso de argamassa, parafusos de fixação e esperas metálicas, permitindo uma melhor transferência dos esforços. Ainda segundo Effting (2017), é necessário proteger o bambu contra a umidade do solo, portanto, os pilares não devem ser colocados em contato com o solo, os pilares devem ser apoiados em bases feitas de concreto.

Figura 4.4: Pilares de bambu em base de concreto



Fonte: Effting, 2017.

Figura 4.5: Pilares de bambu com concreto



Fonte: Santos, 2021.

Pisos: O piso de bambu é feito por meio de um procedimento semelhante ao do piso laminado. Segundo Effting (2017), o piso de bambu pode ser confeccionado em diversas colorações, as peças podem possuir cores naturais, ou serem descoloridas ou carbonizadas, variando suas cores e tonalidades.

Segundo Effting (2017), o piso de bambu apresenta grande facilidade de manutenção, grande resistência e fácil instalação, além de valorizar o imóvel e promover beleza estética.

Figura 4.6: Ambiente residência com piso de bambu



Fonte: Effting, 2017.

Escadas: Pela sua versatilidade, o bambu também pode ser utilizado na construção de escadas, no entanto, é necessário certo cuidado, conforme Effting (2017) existem duas precauções que devem ser tomadas: não deixar a estrutura em contato direto com o solo e cuidar com as ligações das peças.

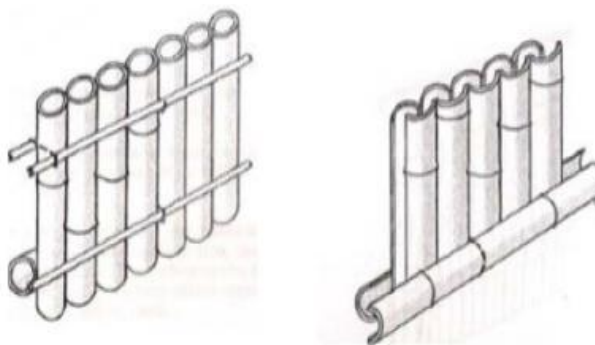
Figura 4.7: Escada de bambu



Fonte: Santos, 2021.

Paredes: Uma das principais utilizações do bambu é como parede de vedação, existindo várias formas de aplicação, Effting (2017) cita três tipos de parede. O primeiro tipo de parede é a parede de colmos inteiros, que são dispostos lado a lado, ou de bambus cortados ao meio, e depois são revestidas com argamassa feita de barro.

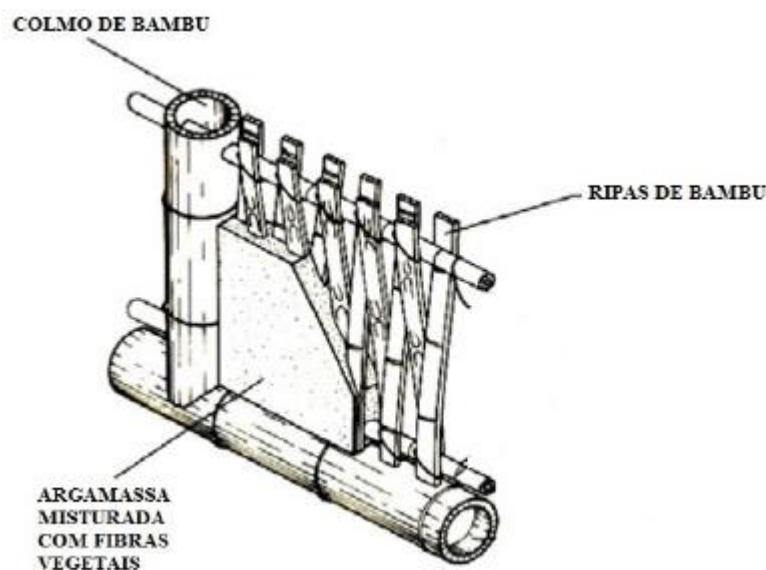
Figura 4.8 Paredes com colmos inteiros e de colmos cortados



Fonte: Effting, 2017.

O segundo tipo é a parede do tipo Quincha, que consiste em ripas de bambu trançadas e montadas em quadros, e depois é aplicada uma argamassa de revestimento, feita de barro e fibras vegetais, e em seguida é feito o acabamento.

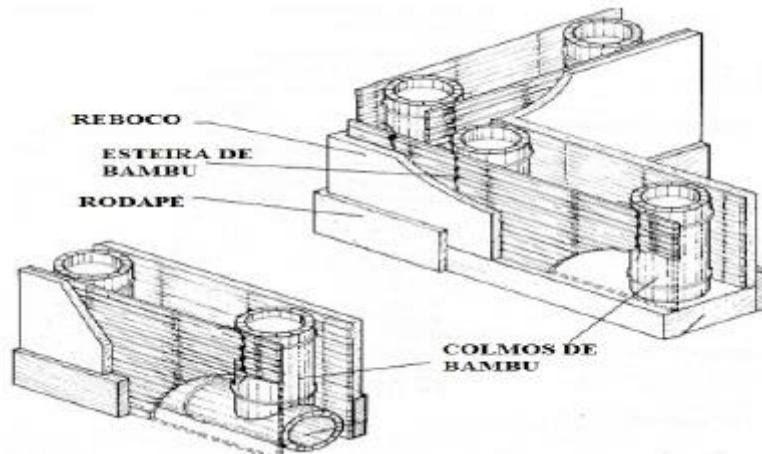
Figura 4.9: Parede do tipo Quincha



Fonte: Effting, 2017.

O terceiro tipo é a parede do tipo Bahareque consiste em dispor os bambus horizontalmente em duas camadas, formando esteiras, envolvendo a estrutura de sustentação, e depois os painéis são argamassados, revestidos e alisados para receber pintura.

Figura 4.10: Parede do tipo Bahareque



Fonte: Effting, 2017.

4.3. Bambu x Madeira

A madeira é um material que vem sendo utilizado desde os tempos mais antigos nas construções, tanto por ter sido abundante na época, como também por possuir características importantes de resistência aos esforços solicitantes. Apesar disso, atualmente, inúmeros países apresentam escassez desse insumo, certamente pelo abuso da extração e o desmatamento insaciável, o que leva a elevação da procura e, por consequência, o aumento do preço.

Dessa forma, Padovan (2010) analisando a diferença desses materiais verificou os preços, o tempo de produção e quanto rendia a espécie eucalipto da madeira em comparação ao bambu, mostrado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Custo do plantio, rendimento e produção do eucalipto e bambu.

Material	Custo do plantio por hectare	Rendimento	Período de produção
Eucalipto	US\$ 300-400	12 a 16 t/ha/ano	20 anos (aprox. 3 cortes)
Bambu	US\$ 200-250	20 a 30 t/ha/ano	60 a 120 anos

Fonte: Padovan, 2010.

Vendo isso, é possível observar que essa planta (o bambu) é um insumo rentável em relação ao preço com o seu benefício, entretanto não é somente esse fator que necessita ser notado.

Nessa visão, é notável que o bambu tenta eliminar essas problemáticas, pois apresenta propriedades adequadas à engenharia, alguns países têm em abundância e possui fácil plantio, onde Alves (2019) adiciona ainda que o processo de plantio e coleta de madeira em florestas nativas toma um tempo de 5 décadas, por outro lado o bambu é colhido em menos de 5 anos após seu plantio.

Outra característica notável do material é que este não sofre deformações permanentes quando tem cargas aplicadas durante longos períodos de tempo, ou seja, não apresenta flechas decorrentes de sua fluência, característica muito comum na madeira (JANSSEN, 2000). Ou seja, quando esforçadas em muitos anos com pesos o bambu suporta e não apresenta alterações significativas ou problemáticas em sua estrutura, ao contrário da madeira que possui esse déficit.

Carbonari (2017) vem então para justificar essa afirmativa quando após realizar ensaios, em especial o de compressão, com algumas espécies de bambu observou que os resultados médios dos módulos de elasticidade, (na Tabela 4.2 abaixo) tiveram o mínimo de 20,70 Gpa (Gigapascal) e máximo de 24,80 Gpa, onde ultrapassam os valores da madeira.

Tabela 4.2: Módulos de Elasticidade obtidos no ensaio à compressão

Espécie de bambu	Módulo de Elasticidade (GPa)	
	Com Nó	Sem Nó
Dendrocalamus Asper	23,30±8,5%	24,80±6,7%
Bambusa Beecheyana	20,70±7,3%	19,70±5,5%
Dendrocalamus Giganteus	21,90±6,4%	21,80±7,2%

Fonte: Carbonari e Pedrosa, 2017

Depois de alguns testes no bambu, provou-se que a resistência ao cisalhamento é uma de suas desvantagens mais impactantes, ora por ser, segundo Alves (2019), um insumo natural, ora pela presença ou não dos seus nós que dificultam essa resistência. Nesse sentido, Alves ainda contribui com uma comparação das tensões de cisalhamento entre as diferentes partes do

bambu sem e com nó, observado na Tabela 4.3. Além disso, Janssen salienta que a madeira perde em relação a resistência ao cisalhamento comparada ao bambu.

Tabela 4.3: Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu Guadua angustifolia

Parte do bambu	Tensão de cisalhamento τ (MPa)
Base sem nó	1,67
Base com nó	2,20
Centro sem nó	1,43
Centro com nó	2,27
Topo sem nó	2,11
Topo com nó	2,42
Valor médio	2,02
Variação	1,43 - 2,42

Fonte: Ghavami e Marinho, 2002.

Existem várias respostas sobre o porquê de o bambu não substituir a madeira, atualmente além da comodidade do uso da madeira convencional. Com isso, Santos (2021) aponta que se o bambu fosse melhor processado, como se faz com a madeira por exemplo, seria um poderoso produto padronizado e ecologicamente correto, tendo como resultado sua fácil aceitação como produto de construção de obras civis, o qual concorreria facilmente com os disponíveis no mercado. No entanto, o bambu cru, em algumas circunstâncias, não se dissemina como deveria em comunidades que apresentam um padrão econômico mais elevado. (ALMEIDA, 2023)

4.4. Bambu x Aço

Na utilização de insumos nas construções civis é imprescindível colocar em vista as suas características como material, não é simplesmente colocar, por exemplo, um pedaço qualquer de madeira na realização da cobertura de uma casa, porque as normalmente utilizadas (ripas e caibros) passam por inúmeros processos antes de serem compradas, escolha de espécie, corte, tipo de distribuidora/madeireira e entre outras, ou seja, para selecionar um material adequado nas obras é preciso diversos estudos para analisar suas resistências, densidades, pesos dentre diversas outras características essenciais. E isso não muda quando se fala do bambu, pois para utilizá-lo é extremamente importante analisar suas propriedades, como também as diferenças presentes quanto a outros materiais convencionais, já que caso haja a substituição não se deve acontecer ao acaso.

Nesse intuito, segundo Rios e Souza (2022), a utilização do bambu como material de construção é uma escolha “verde” econômica e ecologicamente importante para o meio ambiente, porém o Brasil é dominado pela utilização do aço em concreto armado, que, por consequência, apresenta o mecanismo mais danoso.

Segundo Stamatis e Gangyi (2019) em estudos realizados entre o bambu e o aço em relação aos seus impactos ambientais comparativos e, mostraram que o andaime de aço tem um impacto negativo na emissão de 6.410,25 kg de CO₂, independentemente de sua rápida montagem e reutilização, enquanto a versão de bambu teria causado um impacto positivo, armazenando 14.384,13 kg de CO₂, durante a vida útil do edifício (ALMEIDA, 2023). Sendo assim, os andaimes de aço impactam negativamente soltando gás carbono em massa na atmosfera, já o bambu por outro lado, mesmo com a dificuldade na montagem, se mostra como um bom coletor desse poluente em grande escala.

Nessa perspectiva, é importante salientar que não é só em meio ambiente que o bambu está acima do aço, porque Marçal (2008) explica que sua resistência a tração (somente em

algumas espécies) alcançam valores de quase 400 Mpa, onde configura o bambu em um material atraente nas obras, principalmente quando se fala na sua resistência à tração, sua massa e a relação entre essas duas como na Tabela 4.4 abaixo.

Tabela 4.4: Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais.

Tipo de Material	Resistência à tração (MPa)	Peso específico γ (N/mm ³ x 10 ⁻²)	$R = \frac{\sigma}{\gamma} \times 10^2$	$\frac{R}{R_{aço}}$
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: Tecnologias e materiais alternativos de construção, 2003.

Dessa forma, é possível notar que a divisão entre a resistência à tração em Mpa e o peso específico do bambu consegue superar mais que 2 vezes ao do Aço, isso mostra que é extremamente importante tanto na sua locomoção/transporte em obra, quanto também em deixar as construções mais leves e simples.

Diante do exposto, como já visto em vários ensaios e tabelas, anteriormente, a utilização do bambu tanto na engenharia, quanto na arquitetura são bastante viáveis, como também possui resistências favoráveis que se conferidas com outros materiais ela é capaz de alcançar aos de insumos comumente utilizados. O que mostra a importância de sair do cômodo e trazer um olhar para o novo e sustentável.

4.5. Vantagens e Desvantagens

A utilização do bambu como material da construção civil apresenta vantagens e desvantagens. Entre as vantagens pode-se citar: o bambu é uma gramínea, ou seja, um recurso natural e renovável que está pronto para corte entre três e cinco anos após o plantio, e que se renova, podendo ser colhido anualmente; leveza é outra característica vantajosa, principalmente se comparado a outros materiais como o aço e a madeira, o que facilita o transporte e o manuseio; tem uma grande versatilidade na construção civil, utilizando-o em elementos estruturais até em elementos de vedações; baixa energia de consumo, a energia na produção de um metro cúbico de bambu é 50 vezes menor que para produzir o mesmo volume de aço e 8 vezes se for para o concreto; retirada de cerca de 62 toneladas de CO₂ por cada hectare plantado (EFFTING; 2017); Alta resistência à tração e compressão; Flexibilidade, pois pode ser curva para adquirir a forma desejada; não apresenta risco à saúde, se comparado ao cimento e ao amianto; excelente isolante térmico e acústico (SANTOS, 2021).

Quanto às desvantagens pode-se citar: Durabilidade, pois o bambu é um material vegetal que está sujeito ao ataque de fungos e insetos, portanto, necessita de tratamentos para prolongação de sua vida útil, e mesmo com o tratamento deve-se evitar o contato do material com o solo e com a umidade; inflamabilidade, o bambu tem uma grande propensão a pegar fogo, com muita rapidez, principalmente se sua umidade estiver baixa; grande variação da resistência e da forma, a resistência do bambu pode variar devido a fatores como características do solo, tipo de clima, teor de umidade, idade e maturidade do colmo; a outra característica é a sua variabilidade do diâmetro do colmo e a distância entre os nós; baixa resistência à forças cortantes, o bambu tem uma forte tendência de sofrer rompimento paralelo às fibras, pois sua resistência a esse tipo de esforço é baixa (FERRAZ SILVA; FARIA SILVA; 2021); ligações, existem vários tipos de ligações, no entanto, a eficácia dessas ligações é

questionável; falta de mão de obra qualificada; escassez de fornecedores em larga escala; inexistência de maquinário apropriado.

5. CONCLUSÃO

Por meio disso, este artigo tem o objetivo de mostrar o bambu como material construtivo implementado nas edificações. Baseando-se por meio de uma revisão bibliográfica, com o intuito de identificar suas aplicações, suas principais características físicas e mecânicas, suas vantagens e limitações na construção civil comparadas com os materiais mais convencionais (aço e madeira), por fim, sua importância para o meio ambiente e economia na obra.

Tendo em vista a argumentação apresentada, observa-se que o bambu apesar do costume de sua utilização e os estudos sobre essa planta serem mais comuns em boa parte dos países da Ásia, ela ainda traz uma enorme eficiência quando se fala em construção civil. Isso fica mais claro diante suas características físicas e mecânicas, pois essa planta possui uma massa específica baixa, além de que sua resistência diante a compressão, tração e outras forças solicitantes, podem muito bem serem comparadas à de outros materiais habituais na engenharia, conseguindo até ultrapassar alguns dos valores apresentados em pesquisas feitas em laboratórios, revelando o potencial desse material como um grande elemento em obras civis.

Além disso, como já dito, esse material é usado comumente nos países da Ásia e alguns da América Latina como a Colômbia, Peru e Equador, e um dos principais motivos da baixa utilização do bambu no Brasil, mesmo possuindo grande variedade de espécies e normas técnicas, está vinculada na execução do manejo, plantio e colheita, pois existem vários procedimentos exclusivos que são imprescindíveis à essas etapas, no intuito de adquirir uma planta com o máximo de qualidade e durabilidade possível.

Dito isso, foi salientado também que sendo executados estruturalmente ou não, o bambu possui suas diferentes formas de utilização: construção de Andaimes, Pilares, Pisos, Escadas, Paredes e dentre outros diversos tipos, mostrando sua versatilidade nos diferentes processos em campo.

Em relação às suas vantagens e limitações na construção civil é possível identificar que sua utilização é altamente vantajosa para as construções, pois é um material renovável, leve, flexível, versátil em obras, possui altas resistências a forças solicitantes e um grande isolante térmico e acústico. No entanto, as complicações existentes estão mais relacionadas com pessoas e manuseio desqualificados, pois o bambu necessita de um tratamento adequado para garantir tanto uma boa durabilidade desse material, como também uma aplicação adequada em obras.

A importância para o meio ambiente que o bambu traz está ligada ao seu uso diminuir os impactos ambientais, já que sua possível substituição em aços e madeiras podem eficazmente inibir a produção e extração em massa desses outros materiais convencionais. Em resposta a isso, foi posta as diferenças do bambu a esses insumos, que apresentou grande rentabilidade na economia do plantio, no módulo de elasticidade e na resistência ao cisalhamento quando relacionadas à madeira, e já ao contrário do aço, por outro lado, o bambu mostrou a sua emissão zero de gases poluentes na atmosfera e a superioridade da razão de tração e massa específica quando postas a cargas dinâmicas.

Logo, vale salientar que o bambu se mostra como um admirável elemento de construção único, pois além de apresentar resistências notáveis e comparáveis aos outros comumente utilizados, ele também é versátil e considerado um material verde/não poluente. Nesse intuito, fica claro que desenvolver novas pesquisas e a procura da qualificação da mão de obra a fim de identificar a grande potencialidade existente no bambu é uma alternativa notável para tentar inovar e tornar mais renovável as práticas da engenharia civil no Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1: Estruturas de bambu Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-2: Estruturas de bambu Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu**. Rio de Janeiro, 2020.

AKIRA, A.; SAKUMA, A. C.; DAMBISKI, L.; MORETTI, T. V. **Dossiê técnico-bambu**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2007.

ALMEIDA, Victor et al. **REVISÃO DE LITERATURA: APLICABILIDADE DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Orientador: Alves, Michell Macedo Alves. 2023. 73 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3820> . Acesso em: 28 out. 2023.

ALVES, Amanda Altrão. **Uso do bambu na construção civil: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Bambu Gigante (Dendrocalamus Giganteus). **Sítio da Mata Bambus**. 2023. Disponível em: <<https://sitiodamata.com.br/bambu-gigante-d-giganteus-1.html>> Acesso em 10 de outubro de 2023.

BRASILEIRO, Luzana Leite; MATOS, José Milton Elias de. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015

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

CLARK, L. G.; LONDONO, X.; RUIZ-SANCHEZ, E. Bamboo Taxonomy and Habitat. In: LIESE, Walter; KOHL, Michael. **Bamboo: The plant and its uses**. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, cap. 1. p. 1-30, 2015.

DA CRUZ, Luisa Souza Neves Frade; BARROS, Marcelo Miranda. Bambu estrutural: possibilidades para uma engenharia sustentável. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 79-92, 2022.

DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, **Preservation of Bamboo**. Government of India, Rsprintart, New Delhi, 2006

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.

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

FERRAZ DA SILVA, Déborah; FARIA SILVA, Luiz Gustavo. **ESTUDO DO BAMBU APLICADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Orientador: Carlos Eduardo Fernandes. 2021. 57 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, 2021. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/18994> . Acesso em: 28 out. 2023.

FILHO, Mario Tomazello; AZZINI, Anisio. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de Bambusa vulgaris Schrad. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n. 36, p. 43-50, 1987.

GUADUA BAMBOO. **Bamboo Plantation Management**. 2007. Disponível em: <[Quando e como colher bambu \(guaduabamboo.com\)](http://www.guaduabamboo.com)> . Acesso em 05 nov. 2023.

GUILHERME, Denilson de Oliveira; RIBEIRO, Nathalia Pereira; CEREDA, Marney Pascoli. Cultivo, manejo e colheita do bambu. **Bambus no Brasil**, p. 28.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades mecânicas dos colmos dos bambus das espécies: Mosó e Guadua Angustifolia para utilização na engenharia. **Publicação–RMNC-d Bambu do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio**, v. 2, 2002.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 9, p. 107-114, 2005.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, P. Applications of bamboo as a construction materials. **Proc. Lat Amer of building Appl. Low cost housing. Sao Paulo**, 1981.

JANSSEN, Jules J. A. **Designing and building with bamboo**. International Network for bamboo and Rattan (INBAR). Technical report no 20. Beijing. China. 2000.

LEI 12.484. **Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu** – PNMCB, 2011. Disponível em: <[L12484 \(planalto.gov.br\)](http://planalto.gov.br)>. Acesso em 05 nov. 2023

Liese, W. **Researchon Bamboo**. In: Wood Science and Technology, 1987, Hamburg, FRG. WoodSci. Technol. v. 21, p. 189-209, 1987

Liese, W. **Anatomy of bamboo**. In: Bamboo research in Asia, 1980, Ottawa. Proceedings...Ottawa: IDRC, 1980. p. 165-172.

LIMA NETO, M.C.; BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L P.; SILVA, J.A.A. Exportação de macronutrientes em cultivos comerciais de bambu no tabuleiro costeiro do estado da Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.251-257, 2010.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva. **Uso do bambu na construção civil**. Orientador: André Luis Aquere. 2008. 60 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: [projetobambu.com/apresentacao/downloads/trabalho academico.pdf](http://projetobambu.com/apresentacao/downloads/trabalho_academico.pdf) . Acesso em: 03 nov. 2023.

MARQUES, Sara Corrêa; LUIZ, Gabriel Andrade; DA SILVA, Thalles Gumieri. Emprego do bambu na construção civil. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 12, p. 72-81, 2020.

MOREÉ, Telmo Norberto Moreira. **Estrutura treliçada em bambu para utilização em telhados residenciais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MOM. **Morar de outras maneiras** – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <[MOM. Morar de Outras Maneiras. \(ufmg.br\)](http://mom.ufmg.br)>. Acesso em 05 nov. 2023

PADOVAN, Roberval Bráz. **O bambu na arquitetura**: desing de conexões estruturais. 2010. 181 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2010.

PEIXOTO, L.K. **Sistema construtivo em bambu laminado colado**: proposição e ensaio do desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo Warren. Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade Nacional de Brasília, 2008

Phyllostachys heterocycla 'Pubescens' (bambu Moso). **Bamboo Land**. 2023. Disponível em: <<https://www.bambooland.com.au/phyllostachys-pubescens-moso-bamboo>> Acesso em 10 de outubro de 2023.

QUEIROZ, L. L. A. S.. **Potencial de uso do bambu na construção civil**. Aracaju, 2014.

RIOS, Elias; SOUZA, Erikleyton. **Uso do bambu na construção civil como elemento estrutural**. Orientador: Alex Roque. 18 p. 2022. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil Engenharia Civil, Universidade Salvador, Feira de Santana, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/28760> . Acesso em: 03 nov. 2023.

ROGINSKI, Carlos Eduardo. Estudo da CELERE revela o real impacto do aumento dos preços na construção civil. **Celere**, 2022. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/custos-e-orcamentos/incc-versus-o-real-impacto-do-aumento-dos-precos-na-construcao-civil/>. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

SANTOS, Carlos Rogério Boa Esperança dos. **Potencialidade do bambu como material de construção civil**. Orientador: Antônio Paulo de Hollanda Calvacante. 61 p. 2021. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/60378> . Acesso em: 03 nov. 2023.

Sanches Trevisan, P., Gomes De Sousa, K., Ribeiro, F. C. V, & Garcia, H. B. (2019). SUBSTITUIÇÃO DAS TRELIÇAS METÁLICAS POR TRELIÇAS DE BAMBU NAS VIGOTAS PARA LAJES TRELIÇADAS. **Revista Científica UMC**, 4(3). Disponível em: <https://seer.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/761/539> . Acesso em: 14 dez. 2023.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **Os diversos usos do bambu na construção civil**. Orientador: Jorge Luís Nunes de Góes. 102 p. 2014. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6323> . Acesso em: 03 nov. 2023.

STAMATIS, Daniel; GANGYI, Wang Zhen Liu Hui Tan. **The Wing Pavilion: A Participatory Action Approach to Bamboo Architectural Research in Chinese Universities**. 2019.