

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

## **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

### **APLICABILIDADE DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**VICTOR MATÃ DA COSTA ALMEIDA**

**Rio Verde, GO**

**2023**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

**Bacharelado em engenharia civil**

**APLICABILIDADE DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Victor Matã da Costa Almeida**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como  
requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Dr. Michell Macedo Alves

Rio Verde - GO

Julho, 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

A447r Almeida, Victor Matã da Costa  
Revisão de Literatura: Aplicabilidade do Bambu na  
Construção Civil / Victor Matã da Costa Almeida;  
orientador Dr. Michell Macedo Alves. -- Rio Verde,  
2023.  
69 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil)  
-- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. Bambu. 2. Construção civil. 3. Espécies. 4.  
Estrutural . 5. Sustentabilidade. I. Alves, Dr.  
Michell Macedo , orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Victor Matã da Costa Almeida

Matrícula: 2016102200840482

Título do Trabalho: Revisão de Literatura: Aplicabilidade do Bambu na Construção Civil

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 31/07/2025

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 03 de agosto de 2023.

Local Data

Documento assinado digitalmente  
gov.br VICTOR MATA DA COSTA ALMEIDA  
Data: 03/08/2023 18:57:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

MICHELL MACEDO Assinado de forma digital  
ALVES:0405033168 por MICHELL MACEDO  
ALVES:04050331683  
3 Dados: 2023.08.03 18:58:26  
-03'00'

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 6/2023 - CCTEDI-RV/GEPTNM-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Ao(s) 31 dia(s) do mês de julho de 2023, às 19 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Michell Macedo Alves (orientador), Charlys Roweder (membro interno), e Taline Carvalho Martins (membro interno) para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Revisão de Literatura: Aplicabilidade do Bambu na Construção Civil" do estudante Victor Matã da Costa Almeida, Matrícula nº 2016102200840482 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

#### **Observação:**

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Michell Macedo Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/08/2023 18:19:12.
- **Charlys Roweder**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/08/2023 19:24:03.
- **Taline Carvalho Martins**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/08/2023 19:53:24.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/08/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 517469

Código de Autenticação: 659650a1e6



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

**VICTOR MATÃ DA COSTA ALMEIDA**

**REVISÃO DE LITERATURA: APLICABILIDADE DO BAMBU NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 31 de julho de 2023, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

Prof. Dr. Charlys Roweder  
Instituto Federal Goiano -  
*campus* Rio Verde

---

Prof. Me. Taline Carvalho Martins  
Instituto Federal Goiano -  
*campus* Rio Verde

---

Prof. Dr. Michell Macedo Alves  
Instituto Federal Goiano -  
*campus* Rio Verde

Rio Verde – GO  
Julho, 2023

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo aos meus pais e avós pelo apoio incondicional durante toda minha caminhada neste curso. Sem o amor, a paciência e todo o suporte que me deram, eu não teria sido capaz de chegar até aqui. Agradeço por me incentivarem a perseguir meus sonhos e por sempre estarem ao meu lado, mesmo quando as coisas pareciam difíceis.

Também quero expressar minha gratidão às minhas amigas Ana Carolina Fernandes Guimarães, Juliemilly Tatiane Alves Vieira e Kamila Ruthielle Silva Gomes. Vocês foram uma presença constante em grande parte da minha jornada acadêmica e não tenho palavras para expressar o quão valiosas foram suas contribuições. Compartilhamos juntas alegrias, desafios e momentos inesquecíveis que levarei para a vida hoje. Obrigada por me encorajarem a seguir em frente e por sempre me apoiarem em todas as etapas.

Devo um agradecimento especial ao meu orientador, que me guiou e apoiou durante todo o processo de elaboração do meu TCC. Sua orientação foi inestimável e não poderia deixar de agradecer por toda a ajuda que me deu. Sua experiência foi fundamental para que eu pudesse concluir este trabalho. Obrigado por acreditar em mim e por me ajudar a alcançar meus objetivos.

Em resumo, não teria chegado até aqui sem a ajuda e o apoio de tantas pessoas incríveis. Agradeço aos meus pais e avós por serem minha base e por me darem todo o suporte necessário. Agradeço às minhas amigas por compartilharem comigo essa jornada. E, por fim, agradeço ao meu orientador pela orientação e conselhos valiosos. Esta é uma etapa importante em minha vida acadêmica, e não teria sido possível sem vocês. Obrigada por tudo.

## RESUMO

O intuito de apresentar estudo foi seguindo a linha de pesquisa da aplicabilidade do uso do bambu na construção civil, pois, este segmento vem há muitos anos procurando inovações neste setor, sendo que o mesmo, esbarra na falta de conhecimento e a necessidade de repensar o consumo de materiais na construção, desta forma, o intuito deste trabalho foi apresentar opções para construção civil com a utilização de bambus no desenvolvimento de obras de forma estrutural, internas e externas, diminuindo o valor agregado com a questão ecológica da utilização destas espécies apresentas. As dificuldades apresentadas pelo não conhecimento a fundo de espécies de bambus para utilização de construções civis, esbarra em padrões já enraizados de utilização de outros meios, o que há de se destacar mais onerosos ao final da obra, em vez de procurar informações e orientações visando obter parâmetros mais sustentáveis na dimensão ambiental, atraindo expectativas para a exploração de materiais com características promissoras e compatíveis, o bambu, visto como grande potencial de funcionalidade e aplicação mercadológica. Diante disto, este artigo apresentou alternativas da aplicação do bambu na construção civil, através de estudos e trabalhos publicados em nível mundial, com construções e implantações de obras utilizando diversos tipos de bambus como material de construção. Adotou-se para o desenvolvimento deste, a revisão bibliográfica, na busca de demonstrar e apresentar as diversas espécies de bambus, com grande potencial de utilização na construção civil, como também em outras áreas. Os resultados encontrados na literatura, demonstraram que a utilização do bambu na construção civil, nas mais diversas formas são hoje uma oportunidade de melhorias à nível econômico e estrutural, sendo apontadas e demonstradas quanto as propriedades físicas, químicas e mecânicas, nas principais espécies utilizadas na construção civil, podendo ser aplicado aos mais diferentes sistemas construtivos, sendo o mesmo uma alternativa viável, comparado com outros materiais utilizados na atualidade, sendo fonte renovável de baixo custo e boa resistência, alternativa inovadoras de técnicas aprimoradas de tratamento adequado das diversas espécies de bambus, rentável para construção num todo, existindo vantagens, tais como: alta resistência à tração, boa elasticidade, facilidade de manuseio, alta economia entre outros. Concluiu-se em especial importância à questão de agregar o bambu em processos sustentáveis, com vantagens ecológicas, econômica e construtivas para o setor, sendo utilizada deste a parte estrutural até a questão de acabamento e *design* de uma construção.

Palavras-chave: Bambu. Construção Civil. Espécies. Estrutural. Sustentabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Algumas espécies diferentes de bambu .....	16
<b>Figura 2.</b> Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante.....	16
<b>Figura 3.</b> Rizoma do tipo paquimorfo ou entouceirante .....	17
<b>Figura 4.</b> Partes do broto à fase adulta do bambu.....	18
<b>Figura 5.</b> Guada angustifolia bicolor.....	19
<b>Figura 6.</b> Contenção de bambu alastrante com manta divisória.....	20
<b>Figura 7.</b> Seção de um colmo de bambu e suas denominações.....	22
<b>Figura 8.</b> Corpo de prova de bambu utilizado nos ensaios de tração axial paralela às fibras e Prensa utilizada para a realização do ensaio .....	28
<b>Figura 9.</b> Corpo de prova após a realização do ensaio .....	29
<b>Figura 10.</b> Tratamento de colmos de bambu em autoclave .....	33
<b>Figura 11.</b> Utilização de bambu em andaimes – Hong Kong – China.....	37
<b>Figura 12.</b> Green School – Bali Indonésia – Projeto Ibuku’s .....	38
<b>Figura 13.</b> Coluna central de sustentação com claraboia no topo. ....	38
<b>Figura 14.</b> Estrutura e mobiliários da Green School .....	38
<b>Figura 15.</b> Distribuição geográfica de bambus no Brasil.....	40
<b>Figura 16.</b> Distribuição das florestas com bambu no Acre, Amazônia Sul-Occidental, Brasil .	41
<b>Figura 17.</b> Dendrocalamus Giganteus .....	42
<b>Figura 18.</b> Estrutura anatômica do bambu Dendrocalamus giganteus.....	43
<b>Figura 19.</b> Fibras e células de parênquima do bambu Dendrocalamus giganteus. Escala = 100 µm.....	44
<b>Figura 20.</b> Distribuição geográfica de Dendrocalamus asper (Poaceae: Bambusoideae) no território brasileiro .....	46
<b>Figura 21.</b> Córtex (A), Ct – cutícula, Ep – Epiderme, Hp – Hipoderme, Pr – Parênquima. Secção Longitudinal (B), F – Fibras, Pr – Parênquimas, Ev – Elementos de Vaso .....	46
<b>Figura 22.</b> Dendrocalamus asper .....	47
<b>Figura 23.</b> Gigantochloa Levis. ....	48
<b>Figura 24.</b> Guadua angustifolia .....	49
<b>Figura 25.</b> Phyllostachys pubescens.....	50
<b>Figura 26.</b> Variação do espessamento das paredes das fibras da espécie Phyllostachys pubescens .....	51
<b>Figura 27.</b> Fluxograma de metodologia .....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Custo do plantio, crescimento e ciclo de produção do eucalipto e bambu. ....	23
<b>Tabela 2.</b> Resistência mecânica das espécies de bambus referenciadas neste estudo. ....	26
<b>Tabela 3.</b> Propriedades mecânicas do bambu, pinus e concreto. ....	27
<b>Tabela 4.</b> Tabela 4. Resistência à tração paralela às fibras em MPa obtida por diferentes autores. ....	28
<b>Tabela 5.</b> Resistência das fibras. ....	30
<b>Tabela 7.</b> Teor médio de umidade em diferentes partes do colmo do <i>Dendrocalamus giganteus</i> . ....	44
<b>Tabela 8.</b> Diferentes valores de massa específica aparente do <i>Dendrocalamus giganteus</i> . ....	45
<b>Tabela 9.</b> Propriedades mecânicas de tração, compressão, flexão e cisalhamento do <i>Dendrocalamus giganteus</i> na forma de laminado colado. ....	45
<b>Tabela 10.</b> Espécies prioritárias de Bambu. ....	56

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Espécies prioritárias de bambu de acordo com o INBAR.....	21
<b>Quadro 2.</b> Formas de propagação do bambu.....	34
<b>Quadro 3.</b> Tratamentos tradicionais e químicos para colmos de bambu.....	34
<b>Quadro 4.</b> Base de consulta e justificativa da pesquisa desenvolvida neste trabalho. ....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>11</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1 Características Gerais do Bambu</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1.1 Características físicas</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1.1.1 Teor de umidade</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1.1.2 Densidade</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.1.3 Variações dimensionais</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1.2 Características mecânicas</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1.3 Características químicas</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2 Tratamento do bambu</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2.1 Tipos de tratamento do bambu</b> .....	<b>32</b>
<b>4.3 Propagação e Corte</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4 Aplicações e Usos para o Bambu</b> .....	<b>36</b>
<b>4.5 Espécies de Bambu no Brasil</b> .....	<b>39</b>
<b>4.5.1 <i>Dendrocalamus giganteus</i></b> .....	<b>42</b>
<b>4.5.2 <i>Dendrocalamus asper</i></b> .....	<b>45</b>
<b>4.5.3 <i>Gigantochloa Levis</i></b> .....	<b>48</b>
<b>4.5.4 <i>Guadua angustifólias</i></b> .....	<b>48</b>
<b>4.5.5 <i>Plyllostachys pubescens</i></b> .....	<b>50</b>
<b>4.6 Utilização do Bambu na Construção Civil</b> .....	<b>51</b>
<b>5 Metodologia</b> .....	<b>54</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>56</b>
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	<b>59</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na busca de soluções econômicas e ambientais na construção civil quanto à utilização de material que possa diminuir a agressão ao meio ambiente, agregando sustentabilidade maior economia no desenvolvimento de projetos, este estudo tem como linha de pesquisa as diversas formas de aplicabilidade do bambu na construção civil, buscando novas metodologias construtivas para desenvolver processos que sejam menos nocivos à natureza. Com isso, a utilização de materiais renováveis tem sido o cenário mais correto a ser seguido pelos profissionais da construção, desta forma surge o “Bambu”.

O bambu é uma planta lenhosa pertencente às angiospermas, da família Graminae (Poaceae) e subfamília Bambusiodeae, com cerca de 121 gêneros e 1.662 espécies, tendo sua distribuição entre as regiões dos trópicos e as regiões temperadas, estando presente em todos os continentes, a exceção da Europa (CANAVAN et al., 2017). Segundo Liese e Tang (2015) o bambu pertencente às plantas conhecidas como “C<sub>4</sub>”, desempenhando papel importante na captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera e, conseqüentemente, na redução do efeito estufa, ainda é uma planta estruturada em uma parte aérea denominada colmo e outra subterrânea formada pelo rizoma e pelas raízes. De forma cilíndrica, os colmos são subdivididos em entrenós ocos, cujos comprimentos são variáveis ao longo do eixo longitudinal, sendo constituídos por, aproximadamente, 50% de células parenquimatosas, 40% de fibras e 10% de feixes vasculares.

O bambu surgiu no final do período cretáceo e no início do terciário, entre 65 e 136 milhões de anos atrás, ou seja, é uma planta utilizada há muitos anos em diversas finalidades. O homem pré-histórico utilizava o bambu como forma de sobrevivência, o utilizando em construção dos abrigos os quais o protegiam das intempéries. Na China, por exemplo, o bambu é utilizado milenarmente por sua versatilidade, como matéria prima, que vai desde a construção da cúpula do *Taj Mahal*, à estrutura do *Demoiselle*, por Santos Dumont e ao primeiro filamento utilizado em lâmpadas por Thomas Edison (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com Denittis (2019) a utilização do bambu pelo homem apareceu na região da Ásia, em especial no território chinês, em um dos primeiros ideogramas chineses, denominado CHU, representava o bambu, sendo o desenho formado por dois talos, com seus ramos e folhas. Estando entre as regiões no mundo que mais utilizam o bambu como material construtivo a Índia e a Colômbia.

Segundo Cruz e Barros (2022), na engenharia, são utilizadas, predominantemente, as espécies *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys pubescens*. Mas, por ter uma grande heterogeneidade inerente ao bambu, ocorre dificuldades para sua padronização,

uma vez que, devido a sua natureza, o mesmo não pode ser considerado único, como, por exemplo, no caso do aço (UBOLSSOK; THEPA, 2011). Há de se destacar algumas construções no mundo com utilização do bambu como elemento principal, tais como: Green School e Green Village (Indonésia); Catedral Alternativa Nuestra Señora de la Pobreza (Colômbia); ponte para tráfego de veículos na província de Hunan (China) e no Brasil, apesar de pouquíssimas obras utilizando o bambu, por ter um baixo incentivo e investimento ao uso do mesmo na forma estrutural, há algumas construções de pequeno porte, como é o caso do hostel Universo Pol Bamboo Hostel (Morro de São Paulo – BA) e o Loft Bambu na Villa Se7e (Troncoso – BA).

O bambu é explorado economicamente a partir do sexto ano após o plantio, quando os colmos atingiram as dimensões próprias das espécies, sendo utilizado em sua forma roliça ou processado (CARNEIRO et al., 2018).

Por isso, o presente trabalho pretende coletar referências teóricas acerca de 05 (cinco) espécies de bambu, suas características e possíveis aplicações na construção civil a partir de estudos mais criteriosos e elencando as vantagens e desvantagens do uso, com o intuito de ampliar a utilização como material de construção.

Por fim, o objetivo geral deste estudo através de revisão bibliográfica, visa descrever a utilização do bambu na construção civil como alternativa sustentável e econômica em comparação a outros materiais utilizados, trazendo benefícios em prol da substituição dos elementos construtivos usuais.

A escolha das 05 (cinco) espécies apresentadas neste trabalho, sendo a *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa Levis*, *Guadua angustifólias* e a *Phyllostachys pubescens* por serem as que mais estão inseridas no bioma brasileiro.

## **2 OBJETIVO**

1. Descrever e analisar as características morfológicas da planta e suas principais espécies para a área da engenharia civil;
2. Elencar 05 (cinco) espécies de bambu mais utilizadas no Brasil;
3. Identificar as possíveis aplicações do material na construção civil;
4. Verificar as vantagens e desvantagens das 05 (cinco) espécies quanto à sua utilização na construção civil;

### 3 JUSTIFICATIVA

Decorridos alguns anos do século XXI, surgiram grandes desafios à humanidade, exigindo novos processos de mudanças e ao mesmo tempo requerendo prudência e ações, visando grandes oportunidades, o que de acordo com a agenda do *World Economic Forum* (2016), entre os desafios existentes aparece as ações da indústria da construção civil, o que no cenário atual, a maneira de se planejar e construir as cidades e suas infraestruturas precisam ser mudadas, levando-se em consideração o compromisso com o bem-estar, inovação e sustentabilidade, atendendo às demais reais de gestores de processos produtivos, além de usuários e comunidades (WEC, 2016).

Se torna imprescindível que a construção civil se torne eficiente quanto a energia hídrica e de materiais, com soluções inovadoras, passando a ser vetor fundamental da sobrevivência de empresas e organizações, atendendo às mudanças que se fazem necessárias na maneira de projetar, construir e operar edificações, infraestruturas e espaços urbano, desta forma, surge a utilização do bambu, como elemento construtivo estrutural e de arquitetura, aprimorando as técnicas contidas na construção civil e auxiliando no desenvolvimento de estudos de insumos já utilizados anteriormente em edificações e em outros países (CNI, 2017).

O Brasil possui a segunda maior diversidade em bambus no mundo, ficando atrás apenas da China (MEDINA; LIBRELOTTO, 2018), movimentando cerca de US\$ 60 bilhões por ano. O bambu apresenta grande diversidade no Brasil e o fato de a população ser apta para a agricultura faz com que seja possível identificar um potencial econômico enorme com o insumo para o desenvolvimento do país.

De acordo com Costa (2017), a cultura do bambu devido à sua característica específica de desenvolvimento vegetativo, se diferencia de outras espécies, convertendo-se num rápido sequestrador de carbono, sendo o recurso natural e florestal que menos leva tempo para ser renovado.

Assim, buscando novos recursos e alternativas para o setor da construção, o trabalho tem como finalidade realizar estudos acerca do uso do bambu na construção civil no Brasil, com baixo impacto ambiental substituindo o uso dos materiais construtivos convencionais, sendo o bambu um recurso de rápida renovação e a sua produção industrial gera resíduos biodegradáveis.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

A busca por novas alternativas sustentáveis no setor da construção civil é um dos grandes desafios encontrados nos últimos anos, segundo Goh et al. (2020). Este segmento é um dos maiores setores que causam impacto ambiental em decorrência do elevado consumo de materiais, entre 14% a 50% dos recursos naturais extraídos do planeta (FERNANDES et al., 2015), com alta geração de resíduos e gases de efeito estufa e grande consumo de água e energia (PITOL, 2020; CRUZ; GASPAR; BRITO, 2019).

As principais condições para selecionar materiais para a construção ser considerada sustentável, de acordo com Medina e Librelotto (2019), são o baixo custo (PEREIRA; BERALDO, 2016), durabilidade, baixo consumo energético, possível reciclagem, baixo impacto ambiental, emprego de recursos regionais, entre outros.

Franzoi, Rubin e Bianco (2017) relata que o esgotamento das fontes renováveis e naturais exige a busca de materiais alternativos para atender as demandas necessárias e obter fontes renováveis que possuem características estruturais e duráveis, conforme os materiais que estão em uso atualmente.

Outro grande fator que diferencia o bambu é a fácil adaptação climática e em diferentes tipos de solo, podendo se desenvolver em diversos continentes, mas, com maior predominância em locais de clima tropical, no Sudeste do Hemisfério, ou seja, na América do Sul (ANDRADE, 2022).

Diante da sua aplicação, facilidade de plantio e abundância (PITOL, 2020), o bambu é uma matéria-prima disponível, renovável e ecologicamente sustentável a ser explorada. De acordo com Carbonari et al. (2017), historicamente o bambu fornece alimento e serve como ferramentas e utensílios, entre outras funções. É estimado que o bambu contribui para o sustento de mais de um bilhão de pessoas (VELEZ, 2019).

Segundo Carvalho et al. (2021), o bambu é uma gramínea de crescimento rápido, do reino *Plantae*, na família *Poaceae* (Angiospermas Monocotiledôneas) e da subfamília *Bambusoideae*. Essa subfamília se espalhou facilmente pelo mundo, uma vez que se desenvolvem bem entre 460 N e 470 S de latitude e em altitudes variáveis, sendo está desde o nível do mar até 4.300 metros.

De acordo com Pitol (2020), o bambu tem características singulares, crescimento rápido em diferentes climas, podendo atingir até oito metros de altura em oito meses. O bambu possui uma grande capacidade de sequestrar carbono, ou seja, a planta consegue retirar o dióxido de carbono do meio ambiente e incorporar em sua biomassa (DELGADO, 2011; PITOL, 2020).

A utilização do bambu em diversas áreas da construção civil, tem uma enorme capacidade de sequestrar o carbono, processo esse que a planta retira o dióxido de carbono do meio ambiente e

incorpora em sua biomassa. O que durante o processo de fotossíntese, o CO<sub>2</sub> retirado do meio ambiente é utilizado para o seu desenvolvimento e assim o gás carbônico absorvido é devolvido como oxigênio para a atmosfera. Ainda, sendo uma planta de crescimento acelerado, e ao mesmo tempo com acúmulo de biomassa, sendo maior, conseqüentemente, o sequestro de carbono do meio torna-se elevado, desempenhando um papel fundamental no meio ambiente, a participação na purificação do ar (PITOL, 2020).

Além da necessidade de manter processos que sejam adequados às questões ambientais, a construção civil também necessita de seguir com as técnicas construtivas adequadas, de acordo com as características dos materiais utilizados. Sendo assim, o bambu apresenta eficiência aos esforços solicitantes em estruturas, além de aprimorar aspectos visuais e arquitetônicos na obra. Segundo estudo da EMBRAPA (2018), a utilização do bambu também pode servir como um insumo alternativo, podendo ser utilizado para vários fins, porém, são necessários mais estudos para otimizar o aproveitamento de forma correta.

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.

De acordo com Mota (2018), o bambu é bastante empregado na Colômbia, Equador, Chile e Peru, porém, no Brasil ainda é pouco utilizado, mesmo sendo um insumo comum em todas as regiões do país. Acredita-se que a pouca utilização seja devido à falta de conhecimento e estudos referente as diversas espécies, características e aplicações do bambu e também pela escassez de pesquisas e informações acerca dos benefícios do uso do bambu (MOTA, 2018).

#### **4.1 Características Gerais do Bambu**

De acordo com Drumond e Wiedman (2017) referenciando quanto à questão do ciclo de vida do bambu, esta espécie segue o conjunto e as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade. Sendo que sua análise permite a quantificação das emissões ambientais e o impacto ambiental no sistema ou processo.

Segundo Filgueiras et al. (2015) o bambu com sua diversidade de gêneros torna sua identificação complexa, pois a espécie possui um ciclo de floração irregular. Existem ferramentas modernas que auxiliam quanto a caracterização de gêneros e espécies, através da análise

comparativa de DNA por meio de marcadores moleculares e da comparação do material coletado com banco de dados genômicos.

A facilidade do cultivo e manejo do bambu apresentam diversas vantagens, das quais pode-se destacar: baixo custo de manejo e investimento e capital (SINGH et al., 2013); rapidez no desenvolvimento (PEREIRA, 2017); não precisa de replantio, pois na mesma touceira se produzem novos colmos; grande capacidade de propagação e regeneração; resistência, pois consegue se desenvolver em solos de baixa fertilidade e climas adversos (NOGUEIRA et al., 2017).

O bambu tem a capacidade de absorção de elevada porcentagem de energia, fazendo com que seja seguro para a utilização em ambientes propícios a abalos sísmicos (BERALDO; RIVERO, 2008). De acordo com Beraldo e Freire (2003), o bambu apresenta elevada resistência à tração e considerável resistência à compressão (OLIVEIRA, 2013), sendo a primeira a característica mais relevante, já que pode ser comparada à resistência do aço.

Alves (2019) relata as grandes vantagens da utilização do bambu devido às suas características gerais, tais como, rapidez de desenvolvimento, baixo custo de investimento em capital, capacidade de regeneração e propagação, resistência, entre outros. Além de características que contribuem para sua utilização como material em si, o bambu pode gerar trabalho e renda à população o que faz com que apresente papel social importante (ALVES, 2019; CLARK; LONDONO; RUIZ-SHANCES, 2015).

Segundo Ornellas (2017), existem ainda algumas espécies principais de bambus denominadas entouceirantes encontradas no Brasil, sendo utilizadas em estruturas, denominadas como: *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro, *Dendrocalamus giganteus* Munro, *Bambusa tuldoides* Munro, *Bambusa vulgaris* Schrad, *Bambusa oldhamii* Munro, *Guadua angustifolia* Kunth e *Guadua chacoensis* (Rojas). No entanto, existem no mundo muitas espécies diferentes, como apresentado nas Figuras 1A a 1E.

**Figura 1.** Algumas espécies diferentes de bambu.



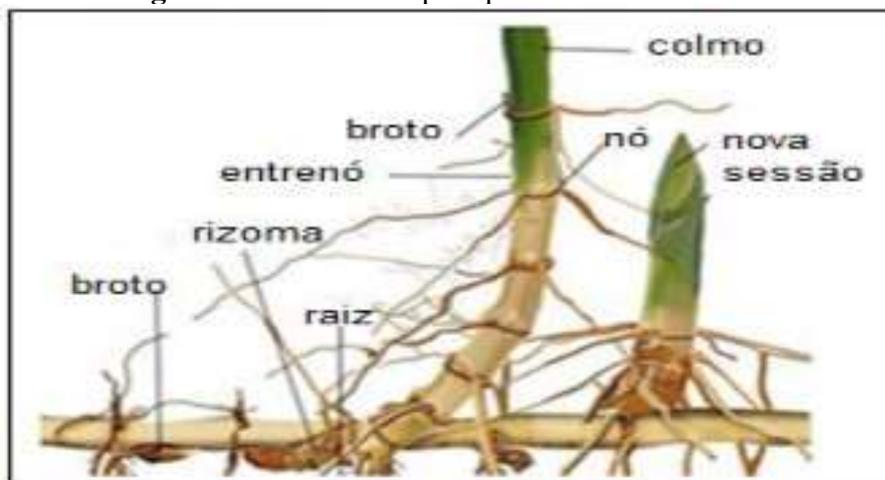
1A) *Bambusa tuldooides*; 1B) *Phyllostachys pubescens*; 1C) *Ochlandra spp.*; 1D) *Bambusa bambos*; 1E) *Dendrocalamus latiflorus*.

Fonte: Pereira e Beraldo (2016)

Trata-se de uma planta considerada lenhosa, monocotiledônea, e pertencente às Angiospermas (sementes protegidas). Possui colmos (caule oco, formado por nós e entrenós com o formato de um tronco de cone) assexuadamente através dos seus rizomas (órgão responsável pela propagação do bambu). Sua propagação ocorre de duas maneiras distintas, originando-se os dois principais grupos de bambu: alastrante ou entouceirante (PEREIRA E BERARDO, 2016).

Os bambus pertencentes ao grupo leptomorfo, alastrante ou monopodial, possuem colmos que nascem e se desenvolvem separados uns dos outros, são resistentes às baixas temperaturas, possuem ramos e folhas nas partes altas, contém rizomas longos, delgados e de formato cilíndrico, sendo as espécies de bambu pertencentes aos gêneros *Arundinaria* e *Phyllostachys* (PEREIRA; BERARDO, 2016). A Figura 2 ilustra o rizoma alastrante.

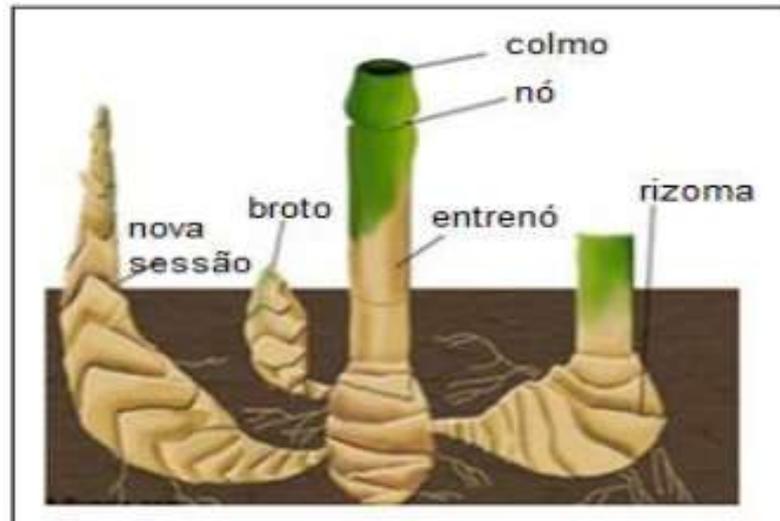
**Figura 2.** Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante.



Fonte: Campos (2019)

Os pertencentes ao grupo paquimorfo, entouceirante ou simpodial, são a maioria das espécies tropicais, contendo de 30 a 100 colmos em cada touceira, contém rizomas curtos, grossos e sólidos, sendo as espécies de bambu pertencentes aos gêneros *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Gigantochloa* (PEREIRA; BERALDO, 2016). Na Figura 3, observa-se o rizoma entouceirante.

**Figura 3.** Rizoma do tipo paquimorfo ou entouceirante.



Fonte: Campos (2019)

Os colmos apresentam em sua estrutura um sistema de ramificação aérea, composto por ramos e folhas (bainha e folhas verdes), sendo a bainha (provisória, grande e rígida) uma estrutura de revestimento que ocorre na fase inicial de crescimento, que possui todas as características típicas da espécie para sua identificação, caindo em sua fase adulta, permanecendo as folhas verdes (RUSCH et al., 2018).

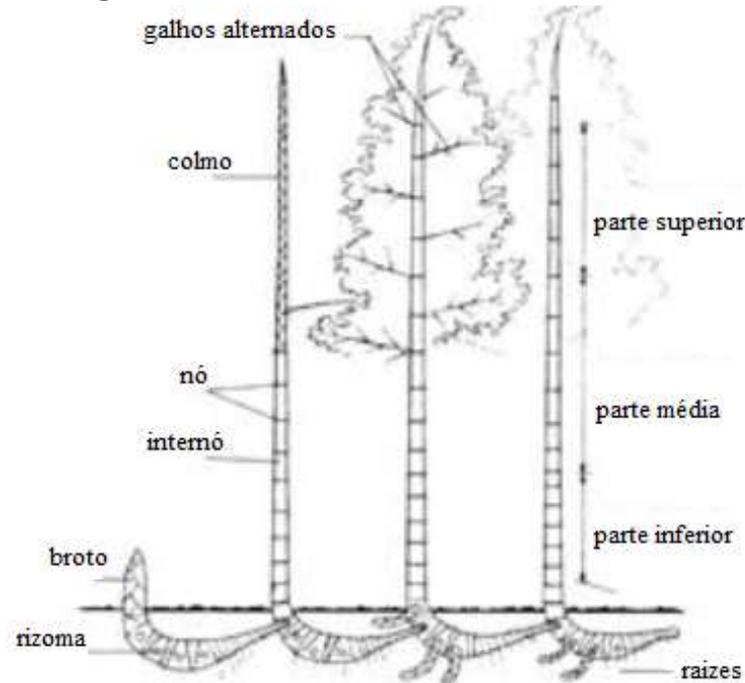
O bambu é considerado um material anisotrópico, cuja espessura da parede do colmo diminui da base até o topo do colmo, suas fibras variam dentro da parede do colmo, diminuindo em densidade do exterior para o interior. Possui propriedades mecânicas que variam nas direções longitudinal, radial e transversal (SHARMA et al., 2015).

A estrutura anatômica do bambu *Bambusa vulgaris* tem forte correlação com a idade e que o bambu precisa de apenas 3 a 4 anos para amadurecer, sendo que a espessura da parede celular do parênquima e da fibra são maiores nos colmos de 4 anos. Com o aumento da idade, aumenta o processo de deposição e lignificação de amido, as propriedades básicas de densidade e resistência variam ao longo da altura do colmo (RAZAK et al., 2010).

Para a utilização do bambu *Bambusa vulgaris* em aplicações desejáveis pela indústria, suas propriedades físicas e mecânicas deverão estar mais ou menos estabilizadas de acordo com

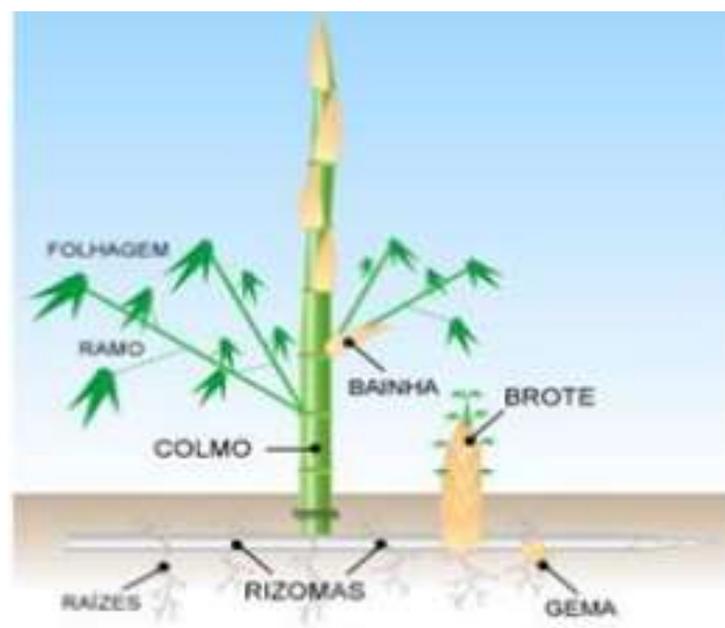
sua idade (maturação) para o uso final apropriado, sendo 2 anos a idade considerada para se fazer a rotação técnica da colheita para a produção de fibras celulósicas e de 3 a 4 anos para utilização como material estrutural e materiais bicompostos, entretanto, para o extrativismo e combustível poderá ser com qualquer idade (SADIKU; BADA, 2017). Nas Figuras 4A e 4B observam-se as partes do broto à fase adulta do bambu.

**Figura 4.** Partes do broto à fase adulta do bambu.



4A

Fonte: Moizés (2017)



4B

Fonte: <https://www.planfor.pt> (2019)

Os bambus do gênero *Guadua*, apesar de se desenvolverem de forma semelhante aos bambus alastrantes, são considerados bambus entouceirantes. Esses bambus possuem rizoma paquimorfo alongado, formando touceiras abertas, com os colmos mais espaçados entre si (Figura 05).

**Figura 5.** *Guadua angustifolia* bicolor.



Fonte: Adaptado de RADAIK (2018)

Já os bambus do Grupo *leptomorfo*, *alastrante* ou *simpodial*, são mais resistentes quanto à baixa temperaturas, encontrados em abundância nas regiões de clima temperado, sendo que algumas destas espécies suportam temperaturas extremamente baixas. Ao contrário do tipo *paquimorfo*, seus rizomas, são ocos, alongados e finos, o que na maioria das vezes seu diâmetros é menor do que o colmo que vão originar. Seu desenvolvimento se dá na forma horizontal e linear, tendo seu crescimento em torno de seis metros por ano, formando uma rede que pode se estender entre 50 a 100 mil m lineares por hectares. Seus colmos crescem de forma separada.

No Brasil, estas são as principais espécies utilizadas em estruturas, como material construtivo, destacando-se as: *Phyllostachys pubescens* Maze ex H. de Lehaie (mosô), *Phyllostachys bambusoides* Siebold & Zucc (madake) e *Phyllostachys aurea* Rivière & Rivière (cana-da-Índia) (GREGO; CROMBERG, 2010).

Existe uma especificação que deve ser seguida quanto aos cuidados deste tipo de planta, pois é uma espécie de bambu alastrante, sendo que a sua contenção deve ser rigorosa, pois o

mesmo pode dispersar-se por longas distâncias de forma descontrolada, podendo causar danos em propriedades vizinhas e a invasão de áreas indesejadas, sendo controlado por barreiras físicas existentes, como açude ou uma estrada larga, ou a partir do uso de mantas divisórias, de grande espessura, enterradas (Figura 06) (GREGO; CROMERG, 2010).

**Figura 6.** Contenção de bambu alastrante com manta divisória.



Fonte: Bamboo Garden (2017)

A fim de melhorar a produção de bambu, aumentar o cultivo e manter estandes naturais de maneira sustentável, o organismo International Network of Bamboo and Rattan - INBAR (1994), propôs através de especialistas no campo da taxonomia, silvicultura e variação de bambu e vime, a introdução e experimentação de 19 espécies consideradas prioritárias, com base em sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e características edafoclimáticas, tendo em vista o número de espécies e suas diversas áreas geográficas e ecologias, o Quadro 1 mostra algumas dessas características.

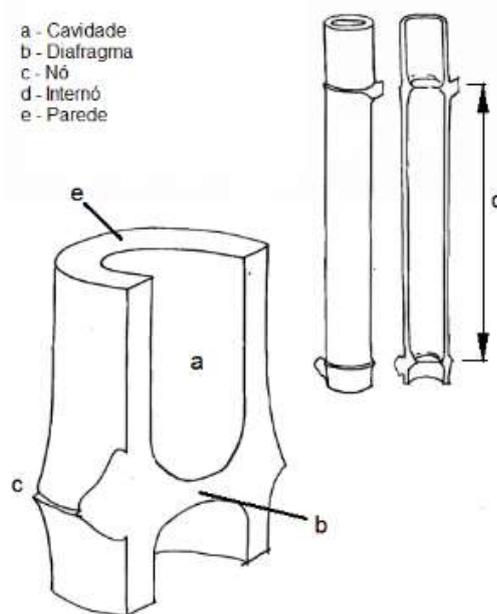


avaliar as seguintes características físicas e propriedades de resistência do bambu: teor de umidade, massa por volume, encolhimento, compressão, flexão, cisalhamento e tração. A parte de requisitos está organizada para fornecer informações e orientações para testes padrões a serem realizados para determinar as propriedades do bambu como material de construtivo. O manual para funcionários de laboratório, ISO 22157- Parte 2, complementa as informações necessárias para os testes laboratoriais (MARÇAL, 2018).

#### 4.1.1 Características físicas

Segundo Janssen (2000) os bambus são constituídos de uma parte subterrânea, conhecida com rizomas, e uma parte aérea, que são os colmos, folhas e ramificações. Em seu habitat natural pode crescer a partir de sementes ou rizomas. Sendo que os rizomas tem sua reprodução de forma espontânea entre si o qual se encontram conectados em um único ponto. Com isto, há uma interconexão em que todos os indivíduos deste grupo são descendentes (clones) do rizoma primordial, e até cerca altura são interdependentes. É do rizoma que partem os colmos, parte aérea do bambu que pode ser vista na Figura 07, caracterizada por seu formato oco, cilíndrico e agrupado em entrenós. A distância dos entrenós e dos diâmetros internos e externos da parede do colmo (e) variam de acordo com a espécie e região em que se encontra o plantio. Os diafragmas (b) são anéis que interligam os entrenós e são responsáveis por evitar a flambagem lateral do tubo.

**Figura 7.** Seção de um colmo de bambu e suas denominações.



Fonte: JANSSEN (2000)

A tabela 1, apresenta-se o comparativo entre a madeira de eucalipto e o bambu quanto ao custo de plantio, crescimento e ciclo de produção. Observa-se que o bambu possui uma ótima relação custo-benefício nas variáveis consideradas.

**Tabela 1.** Custo do plantio, crescimento e ciclo de produção do eucalipto e bambu.

<b>Material</b>	<b>Custo do plantio por hectare</b>	<b>Rendimento</b>	<b>Período de produção</b>
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)

Conforme demonstrado na Tabela 1, o bambu surge como alternativa de matéria prima no uso industrial, isto em decorrência ao crescimento do consumo da madeira, diminuição da sua disponibilidade e elevação do seu preço. Portanto, pesquisas com tecnologias para processar materiais naturais e renováveis são realizadas para atender as necessidades do setor madeireiro (MARINHO, 2012).

Moraes (2022) aponta que nos últimos anos a utilização do bambu na produção nacional, é a adaptação da tecnologia empregada no beneficiamento da madeira, para a usinagem de bambu. As espécies de bambus possuem teores de sílica mais elevados do que as espécies de madeira, o que provoca o aumento do desgaste da ferramenta de corte.

O bambu em sua maior época de crescimento, pode crescer entre 8 a 10 cm em 24h. Há que se destacar, segundo Carneiro et al. (2018) que o bambu deve ser colhido quando estiver maduro, entre 3 a 5 anos dependendo da espécie e do clima, e os considerados imaturos devem ficar na moita até completar o período de maturação. No período entre 3 a 7 anos encontra-se os maiores valores de resistência dos colmos de bambu (FERREIRA, 2014).

#### **4.1.1.1 Teor de umidade**

Segundo Smits, Pizzol e Carrasco (2015) o bambu possui um alto teor de umidade, sendo que em seu corte, quando ainda fresco, pode ter até 100% de umidade em sua base, 150% de umidade nas camadas mais internas e 70% nas camadas periféricas. Sendo que o teor de umidade de bambu varia verticalmente a partir da base para o topo e horizontalmente a partir da camada externa para a camada interna.

Através do método de perda de peso por secagem podemos determinar a quantidade de umidade das amostras para poder realizar os testes físicos e mecânicos. Este tipo de teste tem uma

precisão de 1 centésima de grama, e realiza-se num forno a temperaturas de 100C a 105C durante 24 horas o peso é registado a cada 2h para obtermos o comportamento evolutivo (CAEIRO, 2010).

Sendo que o *Dandrocalamus giganteus*, o teor de umidade sendo quantificado em 50%; a massa específica básica, em 0,66 g/cm<sup>3</sup>; a anidra, em 0,83 g/cm<sup>3</sup>; a retratabilidade volumétrica em 15,40%. Já a *Dendrocalamus asper*, sua maturação pode alcançar uma média de 110% de teor de umidade. Por fim, a *Guada angustifólias*, tem seu teor de umidade natural encontrada de 15,3%, 13,3% e 13,9% para as regiões da base, meio e topo, respectivamente.

Sugere-se que a colheita dos bambus seja feita na seca, de preferência nos meses em que a umidade do ar é baixa, ou seja, nos meses de maio, junho, julho e agosto, para que os colmos trinquem menos. Ainda, os bambus quando verdes, perdem muita água ao serem retirados da touceira, podendo murchar e, portanto, perder resistência. Isso impede o uso estrutural. Quando o colmo apresenta líquens e fungos em sua superfície, é sinal de que está pronto para ser cortado.

#### **4.1.1.2 Densidade**

Segundo Moizés (2019) essa propriedade dos bambus varia entre 500 a 800 kg/m<sup>3</sup>, conforme essencialmente do seu tamanho, quantidade e da distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares.

Isso porque, essa propriedade precisa de forma acentuada da região da parede do colmo da qual foi retirada a amostra. O que na perspectiva de Vale, Moreira e Martins (2017), aponta que em sentido transversal, os valores de densidade básica se exponenciaram de forma crescente das camadas internas para as camadas externas dos colmos de bambu. No sentido longitudinal os valores foram crescentes da base para o topo, com tendências a se igualarem nas posições terminais. Nas camadas mais internas há uma quantidade maior de tecido parenquimatoso em relação às fibras e tecidos condutores, a porcentagem de parênquima diminui nas camadas mais externas dos colmos, aumentando o teor de fibras. Com o aumento do teor de fibras das camadas internas para as camadas externas há um aumento da densidade básica das camadas do colmo nesse sentido.

Essas diferenças entre as camadas internas e externas da parede são maiores na parte basal do colmo e menores quanto mais perto do ápice, devido ao aumento da densidade de fibras na parte interna e na redução na espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquima e mais fibras (VALE; MOREIRA; MARTINS, 2017).

#### **4.1.1.3 Variações dimensionais**

Conhecer a estabilidade dimensional é importante para os produtos à base de madeira para evitar deformações indesejáveis. O bambu apresenta variações dimensionais acentuadas quando é sujeito a variação em seu teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras do ar (em torno de 20%). O bambu começa a se retrair desde o início da secagem, e a higroscopicidade dos extrativos presentes nas células de parênquima é a principal responsável pela absorção de água pelo colmo seco (OLIVIERA et al., 2017).

As variações dimensionais do bambu na direção longitudinal-axial são praticamente desprezíveis (inferior a 1%). Entretanto, ao contrário das madeiras, a deformação na direção tangencial (paralela à casca) nem sempre é inferior à deformação na direção radial (centro para a casca). Essa propriedade também depende da espécie, da idade do colmo e da posição (base, meio e ponta) (VALE; MOREIRA; MARTINS, 2017).

#### **4.1.2 Características mecânicas**

O bambu pode apresentar propriedades mecânicas que terão seus resultados de resistência, ao ser submetido a esforços solicitantes, que dependerão da sua espécie, condições climáticas, idade, tipo de solo, entre outros (SANTOS, 2021).

De forma geral, o bambu apresenta boa resistência à compressão, torção e flexão e excelente resistência à tração, segundo Santos (2021). Os resultados dos esforços solicitantes dependem, principalmente, do comprimento das fibras e de sua forma (SANTOS, 2021).

Conforme apresentado na Tabela 2, referencia-se a questão das características quanto a resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, mostrando alguns valores de resistência mecânica para as espécies referenciadas neste estudo.

**Tabela 2.** Resistência mecânica das espécies de bambus referenciadas neste estudo.

<b>Espécie</b>	<b>Tração (MPa)</b>	<b>Compressão (MPa)</b>	<b>Flexão (MPa)</b>	<b>Cisalhamento (MPa)</b>
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	135	40	108	46
<i>Dendrocalamus asper</i>	285	28	89	6,6
<i>Gigantochloa levis</i>	296	30	84	7,2
<i>Grandua angustifólias</i>	237	29	82	8
<i>Phyllostachys pubescens</i>	120	42	--	--

Fonte: Santos e Madalosso (2020).

Diversos estudos e pesquisas comentam a diferença da resistência mecânica em várias partes dos colmos (LOPEZ, 2003). O pesquisador ressalta que alguns itens não podem ser ignorados em um projeto com bambu, tais como:

- a) resistência nos internos: o centro do interno possui maior resistência, as fibras deste local são longas e próximo aos nós a fibras são curtas;
- b) resistência nos nós: a densidade é mais elevada devido a ocorrência de menor quantidade de tecido parenquimatoso, porém, devido aos desvios dos feixes das fibras e descontinuidade do colmo sua resistência a flexão, compressão, cisalhamento e tração são menores;
- c) resistência no colmo: por ter maior quantidade de fibras na parte interna das paredes de sua resistência à tração e compressão é maior da parte interna para a externa. As propriedades mecânicas do colmo inteiro variam ao longo de seu comprimento. Na região apical (parte superior do colmo) é mais resistente a flexão e compressão em relação às regiões intermediárias e basal (base do colmo).

Segundo Ghavami, Barbosa e Moreira (2019) analisaram que para uma única espécie, o módulo de elasticidade à tração é maior do que o módulo à compressão. O módulo de elasticidade varia entre diferentes espécies de 8 GPa a 25 GPa.

De acordo com a norma ISO 22157 (2004), para determinar as propriedades físicas e mecânicas dos bambus à mesma está dividida em duas partes: Parte I- fornece requisitos básicos para determinar as propriedades do bambu como material de construção. Na Parte II - constituída por um manual de laboratório, fornece requisitos para testes laboratoriais.

Segundo a ISO 22157 (2004), Parte II, para os testes de compressão paralela às fibras pode-se obter a carga, a tensão máxima ( $\sigma_{ult}$ ) em MPa (ou N/mm<sup>2</sup>) para o rompimento do corpo de prova (CP), além do módulo de elasticidade nominal (E) em MPa. Independente da geometria e tamanho, peças sujeitas à compressão, a análise não pode se restringir baseada

apenas no limite de resistência do material. É importante levar em conta a possibilidade de flambagem devido a esbeltez do elemento estrutural.

Comparativo entre o Bambu, Pinus e o Concreto, levando-se em consideração as propriedades mecânicas do bambu, dependem de vários fatores internos e externos, como ocorre com a madeira, perante as condições ambientais, silvicultura, período de colheita, ano de corte, teor de umidade, região de plantio, etc. Destacando-se destas propriedades a idade do bambu. Pois, quanto maior o tempo de crescimento, melhores são as propriedades mecânicas, quando se trata do bambu como elemento estrutural. Mesma com massa específica reduzida, o bambu tem boa resistência mecânica, além de consumir pouca energia entre plantio e corte (Tabela 3).

**Tabela 3.** Propriedades mecânicas do bambu, pinus e concreto.

<b>Características</b>	<b>Bambu</b>	<b>Pinus</b>	<b>Concreto</b>
Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	580 – 700	530	2400
Tração axial (kgf/cm <sup>2</sup> )	2400	1000	20
Compressão axial (kgf/cm <sup>2</sup> )	1200	1200	240
Energia de produção (Mj/m <sup>2</sup> )	30	80	240

Fonte: Rivero, Moreton, Gomes (2010)

Marinho (2013) afirma que o bambu pode ser replantado em todas as regiões do país, pois seu plantio não necessita de grande tecnologia, e a colheita traz vantagens para o bambual (touceira de bambu), levando-se em consideração ainda que o bambu é de fácil transporte devido ao peso reduzido.

#### **4.1.2.1 Resistência à tração**

Algumas espécies de bambu podem atingir resultados satisfatórios caso sejam verificados os esforços de tração no eixo longitudinal das fibras, afirmado por Alves (2019) a resistência à tração paralela do bambu pode atingir um resultado de até 370 MPa (SANTOS, 2021).

**Figura 8.** Corpo de prova de bambu utilizado nos ensaios de tração axial paralela às fibras e Prensa utilizada para a realização do ensaio.



Fonte: Carbonari, Gilberto e Junior (2017)

**Tabela 4.** Tabela 4. Resistência à tração paralela às fibras em MPa obtida por diferentes autores.

Tipo de Material	Resistência à tração (MPa)	Peso específico $\gamma$ (N/mm <sup>3</sup> x 1/10)	$R = (\sigma_{ult} / \gamma) \times 10^1$	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 Júnior (2017)

Em CPs sem nós ocorre rompimento fibra a fibra mostrando maior ductilidade, o que não ocorre em regiões internas do colmo onde o rompimento é abrupto. As regiões frágeis como em nós e regiões internas do colmo por apresentarem menor quantidade de fibras conseqüentemente apresentam menor resistência à tração (BERALDO; CABONARI, 2019).

#### 4.1.2.2 Resistência à compressão

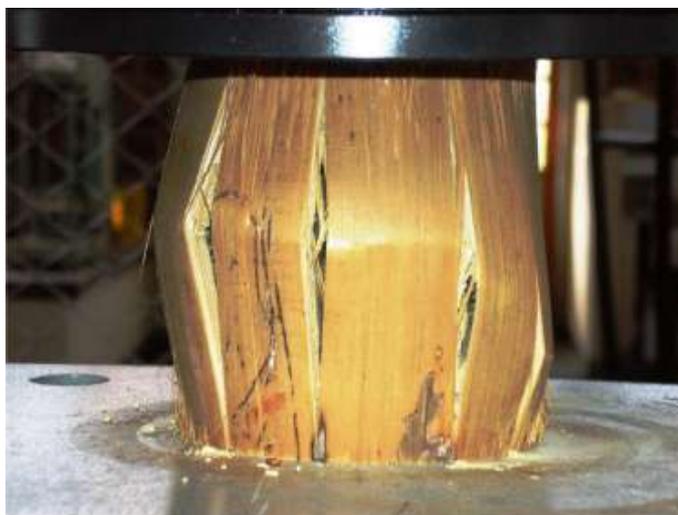
De acordo com Santos (2021), peças curtas de bambu podem obter resultados superiores à 50MPa, dependendo principalmente da proporção das fibras contidas no corpo de prova.

Estudos realizados por Carbonari et al. (2017) apontaram que alguns pesquisadores em seus estudos quanto à resistência do bambu a compressão, chegaram à conclusão que para corpos de prova de 30 cm de altura e 3 cm de diâmetro, a tensão de ruptura é de 80 MPa e um módulo de elasticidade em torno de 20 GPa.

Ainda de acordo com Carbonari et al. (2017)), o bambu, como a madeira, apresenta uma dependência estreita entre propriedades mecânicas e massa específica. A resistência à compressão (em MPa) pode ser estimada como igual ao produto da massa específica (em

kg/m<sup>3</sup>) por um fator 0,094. Segundo este autor o valor da resistência depende fortemente da proporção de fibras existentes no corpo de prova (Figura 09).

**Figura 9.** Corpo de prova após a realização do ensaio.



Fonte: Carbonari, Gilberto e Junior (2017)

#### **4.1.2.3 Resistência à flexão**

A resistência à flexão do bambu pode apresentar resultados entre 30 e 170 MPa (SANTOS, 2021), não tendo relação com a altura dos colmos (ALVES, 2019). O módulo de elasticidade apresenta variação entre 6 e 14 GPa de acordo com Santos (2021).

De acordo com Marçal e Ambiental (2008), a resistência à flexão teve variação de 57 MPa a 133 MPa. Constatando-se ainda que o módulo de elasticidade é da ordem observado em madeiras de boa resistência.

#### **4.1.2.4 Resistência ao cisalhamento**

De acordo com Santos (2021), estudos apontam que esse é um dos pontos negativos do bambu, uma vez que a força de cisalhamento é paralela ao sentido das fibras, assim podem surgir problemas de fissuras. A resistência ao cisalhamento perpendicular apresenta resultados entre 20 e 65MPa e longitudinal resultados entre 4 e 10 MPa (SANTOS, 2021).

#### **4.1.2.5 Resistência a torção**

Em provas realizadas por Marçal e Ambiental (2008), em consequência da forma cilíndrica do bambu, foram apresentados bons resultados quando submetidos a forças de torção. No entanto, ficou aparente que as fibras do bambu são facilmente deslocadas e esse

deslocamento tem consequência prejudicial ao sistema de tensão, com isto, ocorrendo uma descontinuidade no mesmo. Essa descontinuidade tende a diminuir a resistência à torção da vara.

#### 4.1.2.6 Resistência das fibras

Segundo Maia (2012) citando Benetti et al. (2009), com referência a resistência das fibras, há uma variação de acordo com a sua posição na parede do bambu, ocorrendo ser mais fortes as fibras da parte externa que as da parte interna (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resistência das fibras.

	PARTE EXTERNA	PARTE INTERNA
<b>TENSÃO</b>	3.200 kg / cm <sup>2</sup>	1.550 kg / cm <sup>2</sup>
<b>FLEXÃO</b>	2.531 kg / cm <sup>2</sup>	949 kg / cm <sup>2</sup>

Fonte: MAIA (2012).

#### 4.1.3 Características químicas

Segundo Santos (2021), a principal característica química do bambu é a presença do amido nas células parenquimatosas. O amido, fórmula (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>), forma-se como produto da atividade celular dos vegetais clorofilados e serve de reserva alimentar, ele atinge seu máximo nos meses mais secos antes da estação chuvosa e é um grande atrativo a organismos xilófagos.

De maneira semelhante às madeiras, os principais constituintes dos colmos são a celulose, a hemicelulose e a lignina e em quantidades menores as resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. A composição varia de acordo com a espécie, as condições de crescimento, a idade do bambu e a parte do colmo (topo, meio ou base) (QUINTERO; SILVEIRA, 2016).

#### 4.2 Tratamento do bambu

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).

Segundo Souza, Leão e Quaresma (2020), os autores, afirmam 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 (GUIMARÃES, 2017).

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 deixa 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 mancas 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 (GUIMARÃES, 2017).

A necessidade de investir em tratamentos para o uso de qualquer material, seja na área da construção civil ou não, é uma questão a se considerar para que o uso seja aproveitado com durabilidade e vida útil (SANTOS, 2021).

Segundo Dall’Agnol (2019), o bambu precisa receber tratamentos antes do seu uso para que a sua vida útil seja garantida e, além dos tratamentos antes da utilização, durante o uso do bambu faz-se necessários cuidados de manutenção para que sua integridade seja permanecida. Os principais cuidados são: evitar exposição excessiva à umidade, variações bruscas de temperatura, fontes intensas de calor.

Devido a possibilidade de ataques de intempérie e maior disposição de ataque de insetos e fungos, algumas espécies de bambus devem passar por tratamentos químicos fungicidas e inseticidas, devendo ser iniciado logo após o corte do seu caule.

O tratamento do bambu é importante para assegurar a resistência mecânica e a longevidade do material. Por dispor em sua composição o amido, o bambu se torna mais

vulnerável aos intemperismos e ataque de insetos de fungos. Contudo existem técnicas eficazes que atenuam ou resolvem por completo (SANTOS; MADALOSSO, 2020).

Para utilização do bambu em construções permanentes, deve-se atender alguns requisitos como a durabilidade, exigindo a realização de tratamentos em seus colmos, por meio de substâncias preservativas em sua estrutura celular. Assim, ao utilizar a técnica de imunização por meio da substituição da seiva pela solução química preservativa é recomendada para se obter bons níveis de resistência do bambu (TIBURTINO et al., 2016).

O tratamento pelo fogo, consiste em submeter os colmos recém cortados ao aquecimento em fogo direto, visando eliminar a seiva, por exsudação. Com o aquecimento procura-se alterar (degradar) quimicamente o amido tornando-o menos atraente ao caruncho. Esse tratamento é muito utilizado para colmos de bambu pertencentes ao gênero *Phyllostachys*, tais como, o *P. aurea* (cana da Índia) e o *P. edulis* (mosô) (BERALDO, 2020).

Já os tratamentos químicos, segundo Beraldo (2020) são os métodos mais eficientes do que os métodos tradicionais. O tratamento químico, quando bem conduzido, protege os colmos contra o ataque de caruncho, além de aumentar a durabilidade do colmo quando é colocado em contato com o solo.

Os produtos químicos realizados na preservação da madeira ou de colmos de bambu podem ser classificados em oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis.

#### **4.2.1 Tipos de tratamento do bambu**

##### **4.2.1.1 Primeira imersão**

Consiste em colocar os colmos frescos de maneira vertical em recipientes com solução concentrada entre 5 a 10% de preservativo à base de água (solução oleosa ou hidrossolúvel); o tratamento varia entre 7 e 14 dias, dependendo da altura e espessura das paredes do bambu. Após o tratamento, a peça de bambu deve ficar armazenada em local protegido para que a solução química seja difundida.

##### **4.2.1.2 Método Boucherie**

Para o tratamento de colmos recém cortados, em menor escala, o método mais recomendado é o de Boucherie modificado por pressão, por meio de um equipamento específico para tal fim (BERALDO, 2020). Um dispositivo aplica pressão na solução hidrossolúvel, a qual penetra nos elementos anatômicos do bambu (principalmente nos grandes vasos, situados nas

camadas internas da parede do colmo), empurrando a seiva em direção à extremidade oposta à da conexão.

Embora rapidamente se observe a saída da solução na extremidade oposta do colmo, recomenda-se que o processo seja aplicado durante 3 h, e que, logo após, os colmos sejam deixados em posição horizontal e que sequem à sombra durante, ao menos, 15 dias. Essa segunda etapa do tratamento – a difusão, é muito mais lenta, pois os bambus não apresentam raios, o que dificulta ou até mesmo impede a passagem da solução na direção “radial” (BERALDO, 2020).

#### 4.2.1.3 Método Autoclave

O método autoclave, utilizado no bambu, tem duas possibilidades: bambu na forma de ripa (talisca) ou bambu roliço. No primeiro caso, não existiriam maiores dificuldades, podendo ser adotado o mesmo protocolo utilizado pelas empresas; no entanto, no caso de tratar colmos inteiros podem aparecer algumas dificuldades. Se os colmos não forem perfurados, pode ocorrer a rachadura dos mesmos no momento de se efetuar a fase de vácuo no processo (Figura 10). De toda forma, o processo é mais demorado quando comparado com a madeira, pois perde-se tempo para eliminar a solução que ainda permanece no interior dos colmos (BERALDO, 2020).

**Figura 10.** Tratamento de colmos de bambu em autoclave.



Fonte: Beraldo (2020)

### 4.3 Propagação e Corte

Algumas espécies de bambus florescem e produzem sementes entre 15 a 70 anos o que faz com que a planta morra, deixando grande quantidade de sementes (GREIJMANS et al., 2017).

Outra forma de propagação é através do plantio de mudas, que são apresentadas no quadro 2, que podem ser deste o transplante total à remoção de pedaços ou ramos.

**Quadro 2.** Formas de propagação do bambu.

Método	Propágulo
Transplante total	Completo: colmos e rizomas com raízes.
Transplante parcial	Secção do colmo com alguns ramos e rizoma com raízes.
Pedaços de rizoma	Pedaços de rizoma com raízes.
Pedaços de colmo	Pedaços de colmos que contendo gemas são brotadas com no mínimo dois nós ou um colmo que já possua uma gema brotada (ramo).
Ramos laterais	Ramos existentes nas partes mais altas dos colmos que devem ser cortados como estacas.

Fonte: Adaptado de Pereira e Beraldo (2016)

Em alguns países o cultivo do bambu ainda está diretamente relacionada a tradições primitivas, alguns autores em pesquisas e estudos realizados nos últimos 10 anos, defendem a corrente de pensamento de que o corte deve ser realizado na lua minguante, 2 ou 3 dias depois da lua nova, pois ficam menos propensos a ataques de insetos (TEDESCHI, 2011).

De qualquer forma, na colheita devem-se cortar os colmos maduros, atualmente com 2 anos, que possuem menor teor de umidade e posteriormente podem ser submetidos ao tratamento. Os tratamentos podem ser classificados como Tradicional ou Químico. No tratamento Tradicional não há o emprego de produtos químicos, diferente do tratamento Químico, onde ocorre o emprego dos mesmos, como demonstrado no Quadro 3.

**Quadro 3.** Tratamentos tradicionais e químicos para colmos de bambu.

Método	Tradicional/ Químico	Procedimento	Resultado
Cura na mata	Tradicional	Após o corte, manter o bambu na vertical.	A quantidade de seiva diminui gradualmente, aumentando a resistência dos colmos contra brocas.
Cura pelo fogo	Tradicional	Os colmos são submetidos ao calor do fogo.	Colmos secos e protegidos.
Cura pela água	Tradicional	Armazenas os colmos por vários meses na água.	Diminui a seiva e melhora a resistência contra fungos e insetos.
Método <i>Boucherie</i> (químico)	Químico	A seiva do bambu verde é retirada por pressão e é introduzido o CCB* ou Borax	Preservação dos colmos.

Método do tambor	Químico	Os colmos são colocados em um tambor com CCB ou Borax. O produto é introduzido por capilaridade. Pode durar vários dias.	Preservação dos colmos.
Tratamento por imersão	Químico	Os colmos ficam imersos por 12 horas no CCB ou no Borax.	Preservação dos colmos.

\* CCB (Borato de Cobre Cromatado com concentração de 6%, utilizado no tratamento de madeira de eucapilto).

Fonte: Adaptado de Pereira (2011).

Após o tratamento, os colmos secos estão prontos para serem utilizados, tanto explorando sua forma natural, bem como aplicar métodos de beneficiamento, transformando em madeira e seus derivados.

#### 4.4 Aplicações e Usos para o Bambu

O bambu pode ser usado na indústria do álcool, onde é aproveitado o corte do talo; indústria de celulose, na fabricação de papel; indústria alimentícia, usando brotos de várias espécies de bambu; construção civil, como material de construção tanto de uso estrutural como não estrutural; conservação de ecossistemas, utilizando quebra-ventos; ajudando no aumento de água de nascentes, pela capacidade de retenção das raízes ou rizomas e o combate à erosão, com o plantio em encostas de espécies de grande crescimento; no artesanato, na fabricação de cestos, esteiras, varas de pescar, bijuterias e objetos decorativos; na movelaria; na irrigação e drenagem; em embarcações; uso medicinal, utilizado como febrífugo, anti-hemorragico, calmante e para problemas digestivos. Pode ser usado também para ornamentação e paisagismo (MAIA, 2012).

Diversas aplicação e utilização do bambu, sendo está uma alternativa viável de material sustentável, em especial ao *design* industrial. Biswas et al. (2010), cita um exemplo, no qual faz um estudo comparativo entre fibra de vidro e bambu em compósitos de resina epóxi, mostrando que o compósito com bambu apresentou propriedades mecânicas inferiores. Entretanto, o desgaste por erosão foi menor.

Outro estudo aproveitando as fibras de bambu quanto ao seu desempenho, teve avaliação em compósitos com matriz de resina poliéster (RAO; RAO; PRASAD, 2010), ficando demonstrado o excelente desempenho do bambu tanto nos testes de tração como nos testes de flexão.

Américo (2009) reportando em seu trabalho, que o bambu, além das propriedades físicas e mecânicas, aparece como um ótimo material alternativo, possuindo amplas aplicações possíveis e ainda muito pouco exploradas no *design* de produtos. Acrescentando ainda que é um material considerado sustentável, com isto podendo ser produzido de maneira ecológica, com responsabilidade socioeconômica, estando inserido no conceito de *ecodesign*.

De acordo com Pedrangelo et al. (2020), os produtos de bambu processado e os produtos de madeira processados possuem uma capacidade de armazenamento de carbono intrínseca, bem como energia incorporada e emissões de dióxido de carbono potencialmente mais baixas, na manufatura, do que os produtos de construção convencionais, como concreto ou aço.

O maior conhecimento das propriedades do bambu, o que era utilizado nos primórdios como arcos, flechas, embarcações e utensílios domésticos, foram se modificando com o passar

das gerações, aprimorando-se técnicas para utilização deste material, isso em decorrência do conhecimento de suas propriedades (SILVA, 2005). A utilização do bambu em obras civis ainda de forma rudimentar na fabricação de andaimes em Honk Kong na China (Figura 11) (ARCHDALLY, 2019).

**Figura 11.** Utilização de bambu em andaimes – Hong Kong – China.



Fonte: Adaptado de ARCHDAILY (2019).

Com o aperfeiçoamento do seu uso, suas características, tais como flexibilidade e altas resistências, passaram a ser mais exploradas. Desta maneira, esta matéria prima passou a ser utilizada em construções, podendo ser empregado como elemento estrutural, tanto em pilares e treliças, como até mesmo em pontes (CLARK; LONDONO; RUIZ-SANCHEZ, 2015).

Uma grandiosa obra estrutural utilizando bambu na Ásia, a Green School na Indonésia (Figuras 12, 13 e 14), demonstra de como se utilizou o bambu em toda sua estrutura, inclusive no mobiliário, tendo como proposta a criação de um ambiente holístico, potencializando a criatividade e relação das crianças com o meio ambiente, tornando-o um dos grandes projetos de referência no mundo todo no âmbito da arquitetura e educação.

**Figura 12.** Green School – Bali Indonésia – Projeto Ibuku's.



Fonte: INHABITAT (2017).

**Figura 13.** Coluna central de sustentação com claraboia no topo.



Fonte: ARCHDAILY (2010).

**Figura 14.** Estrutura e mobiliários da Green School.



Fonte: IBUKU (2018).

Embora o bambu tenha, por si só, capacidade para a sua utilização na construção civil, faz-se necessário algumas aprimorações nos processos para a utilização em grande escala no país (ARAÚJO; SANTOS, 2019).

Os painéis de bambu são exemplos de transformação do material que tem processo de fabricação eficiente (ARAÚJO; SANTOS, 2019; OSTAPIV, 2019) e que apresenta um bom desempenho mecânico (OSTAPIV, 2019). Além disso, é possível criar painéis com semelhança ao sólido da madeira, fazendo com que os painéis de bambu tenham um valor final alto e refinado para a arquitetura, por exemplo (ARAÚJO; SANTOS, 2019; OSTAPIV, 2019).

O bambu também pode ser utilizado como fibra natural a ser utilizado no concreto (ANJOS, GHAVAMI; BARBOSA, 2003; ANJOS, 2002) com a proibição da utilização do amianto de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2004), o qual foi necessário ser substituído por outro insumo de baixa custo, ecológico e com disponibilidade local (ARAÚJO; SANTOS, 2019). Anjos, Ghavami e Barbosa (2003) afirma que as matrizes cimentícias são reforçadas com as polpas do bambu podendo, então, serem aplicadas na construção civil, devido sua durabilidade (ANJOS, 2002).

Por apresentar resistência à tração, o bambu pode ser reforçado com microconcreto armado, possibilitando a utilização como reforço em estruturas de concreto armado (NOGUEIRA, 2009; ARAÚJO; SANTOS, 2019), sendo economicamente mais favorável do que outros materiais da construção civil, devido ao fácil transporte e aquisição na natureza.

De acordo com Sobrinho Júnior (2010), é comum o uso do bambu no escoramento de formas de lajes e vigas, utilização de andaimes de bambu, pontilhões, estruturas em gerais, acabamento rústicos e finos, mobiliários, entre outros.

#### **4.5 Espécies de Bambu no Brasil**

Existem cerca de 1.300 espécies de bambu no mundo (BERALDO & RIVERO, 2008), as quais são divididas em 50 gêneros; podendo apresentar cores variadas, tais como, preto, azul, violeta, verde, amarelo e vermelho. Oliveira (2013) elenca cerca de 230 espécies de bambu no Brasil com cerca de 34 gêneros.

As ocorrências confirmadas do cultivo do bambu no Brasil, não Norte (Pará - Verde); Nordeste (Alagoas, Bahia, Maranhão, Paraíba, Pernambuco - Laranja); Centro Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso - Amarelo); Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo - Vermelho); e Sul (Paraná, Rio Grande do

Sul, Santa Catarina - Roxo), sendo que há possíveis ocorrências no Norte (Tocantins - Cinza) e Nordeste (Sergipe - Branco). (Figura 15).

**Figura 15.** Distribuição geográfica de bambus no Brasil.



Fonte: Drummond e Wiedman (2017)

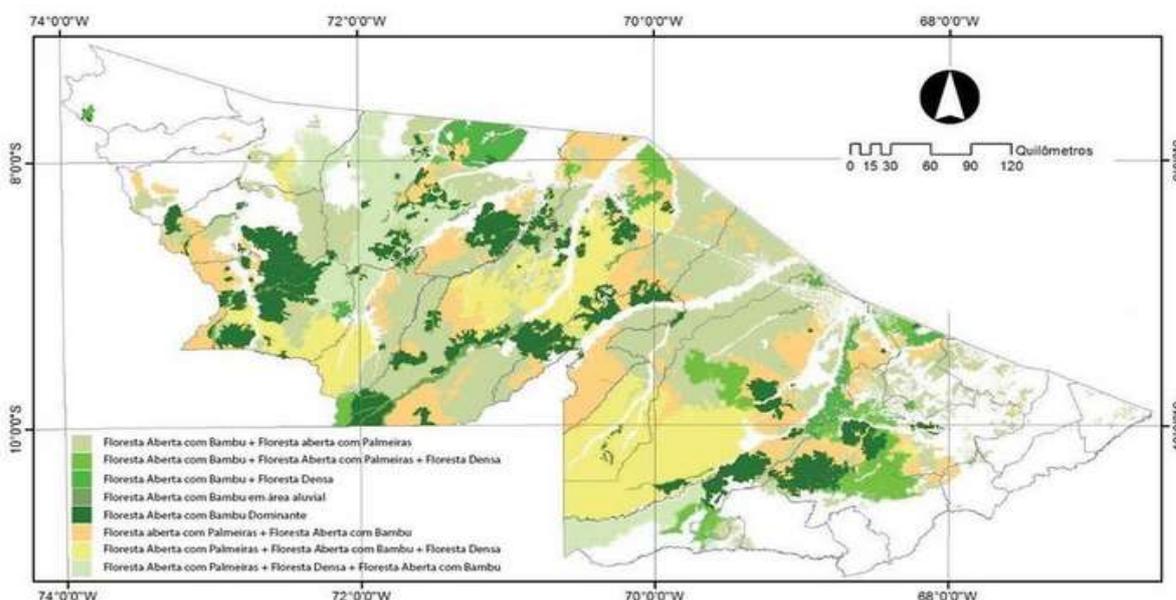
De acordo com Filgueiras e Viana (2017) o Brasil é o país com maior diversidade de espécies, com cerca de 258 espécies nativas e 35 de gêneros, dos quais 165 espécies e 17 gêneros são endêmicos. Do total, 93 espécies e 17 gêneros são herbáceas. Sendo que os gêneros mais diversificados são *Merostachys* (53 espécies) e *Chusquea* (40 espécies), ambos lenhosos.

Segundo Beraldo e Rivero (2008), as espécies de bambu mais conhecidas no Brasil são *Bambusae* (espécies: *blumeana*, *dissimulator*, *multiplex*, *tulda*, *tuldoides*, *ventricosa*, *vulgaris*, *beeheyana*), *Dendrocalamus* (espécies: *giganteus*, *asper*, *latiflorus*, *strictus*), *Gigantochloa*, *Guadua*, *Phyllostachys* (espécies: *aurea*, *purpuratta*, *bambusoides*, *nigra*, *pubescens*), *Pseudosaca*, *Sasa* e *Sinoarundinaria*.

Carvalho et al. (2013) apontam que as maiores reservas naturais localizadas no sudoeste da Amazônia, com extensas florestas denominadas por bambus arborescentes espalhadas pelo Brasil, Peru e Bolívia, ocupando uma área de 160 mil km<sup>2</sup> (16 milhões de hectares). Predominando várias espécies de bambus lenhosos, tais como *Guadua webebauri*, *G. sarcocarpa* e outros *Guadua*, *Elutrostachys* sp., *Arthrostylidium* sp, estão presentes nos tabocais amazônicos.

Na região sudoeste da Panamazônia ocorrem grandes extensões de florestas monodominantes de bambus lenhosos semi-escandentes do gênero *Guadua*, inexistentes ou pouco expressivos em outras partes da Amazônia. Entre as espécies escandentes mais importantes estão *Guadua weberbaueri* e *G. sarcocarpa*. Estas florestas cobrem aproximadamente 165.000 km<sup>2</sup> na Amazônia ocidental, contando com 92.000 km<sup>2</sup> no Brasil. A floresta aberta com bambu encontra-se distribuída principalmente no Estado do Acre, e as partes adjacentes do Amazonas e da Amazônia peruana (BIANCHINI, 2005). Trata-se da maior floresta nativa contínua de bambus do mundo (AFONSO; SILVA, 2017) (Figura 16).

**Figura 16.** Distribuição das florestas com bambu no Acre, Amazônia Sul-Occidental, Brasil.

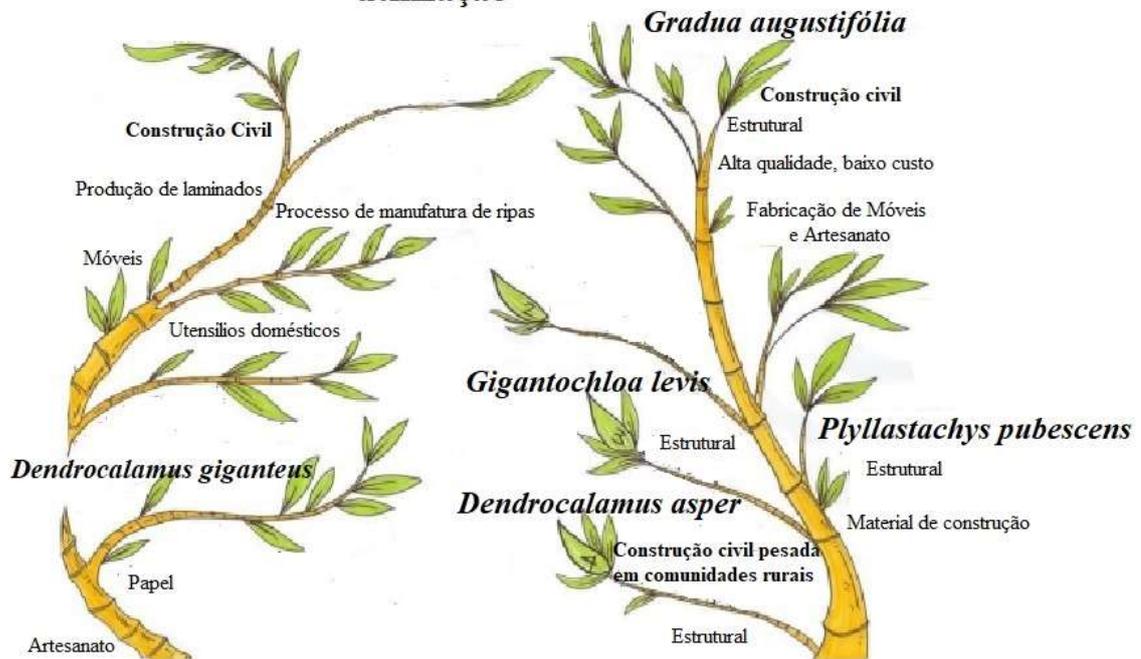


Fonte: Embrapa (2017).

De acordo com Mota (2018), os bambus mais indicados para uso estrutural são os bambus dos gêneros *Guadua* (conhecido no Brasil como Taquaruçu), *Dendrocalamus* (denominado bambu gigante ou bambu balde) e *Phyllostachys pubescens*. Sendo estes os bambus com melhores propriedades físicas e mecânicas, uma vez que, os colmos dos bambus possuem uma fração fibrosa estrutural que representa cerca de 70% da massa total do bambu, fazendo com que o insumo apresente elevada resistência à tração, flexão e compressão (MOTA, 2018). A espécie *Guadua* é a que apresenta maior resistência, sendo a mais indicada para a construção civil (MOTA, 2018; BERALDO; RIVERO, 2008; PEREIRA; BERALDO, 2008).

O infográfico apresenta as diversas funções de utilidades de alguns bambus no Brasil e no mundo, sendo empregados, em especial na construção civil, produção de papel, broto, móveis, laminados, artesanato e outros usos.

## Algumas espécies de bambus e sua utilização



A seguir serão referenciados alguns de bambus utilizados na construção civil e suas principais características.

### 4.5.1 *Dendrocalamus giganteus*

Conhecido como bambu gigante ou bambu balde, é uma espécie de grande porte com crescimento rápido, podendo atingir mais de 24 a 40 metros de altura, com diâmetro entre 10 e 20 cm (SANTOS, 2021). Por ser uma espécie robusta e de grande porte, é bastante resistente e muito utilizada na construção civil (OLIVEIRA, 2013), principalmente em elementos estruturais (SANTOS, 2021) (Figura 17).

**Figura 17.** *Dendrocalamus Giganteus*.



Fonte: Santos (2021).

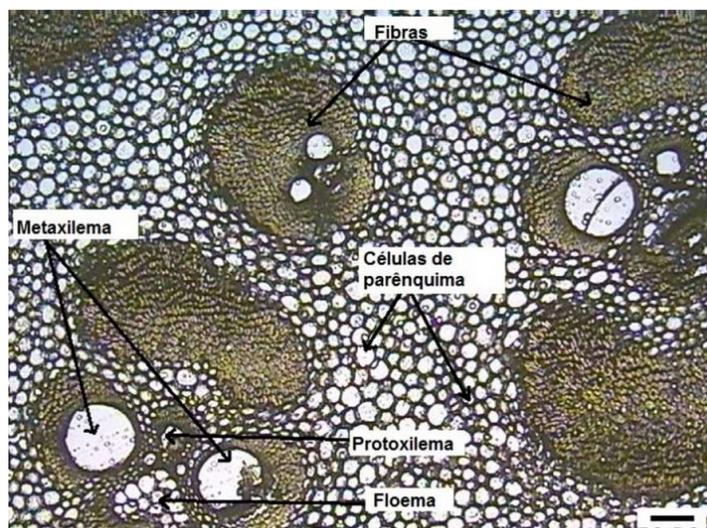
Carneiro et al. (2018) apontam que as dimensões desta espécie constituem variedades que podem ser aproveitadas comercialmente pelo porte e espessura do colmo. Especificamente esta espécie, a presença e na ausência de nó, esta espécie exibe uma resistência à compressão média de 35 MPa a 38 MPa, respectivamente. Em relação ao nó, eles atuam com uma amarração transversal e proporcionam maior rigidez ao colmo.

Ostapiv (2011) aponta que o *Dendrocalamus giganteus* é uma espécie de rápido crescimento, tendo como aspectos de sua espessura da parede, diâmetro e linearidade longitudinal do colmo, comprimento das hastes, aliada à produtividade florestal, fazendo da mesma uma espécie apropriada para reflorestamentos e utilizações industriais, inclusive para confecção de laminado colado.

Segundo Carneiro et al. (2018) a estabilidade dimensional se torna importante para os produtos à base de madeira para evitar as deformações indesejáveis, referenciando esta espécie, apresenta variações dimensionais acentuadas quanto está sujeita a um teor de umidade baixo do ponto de saturação das fibras ao ar, em torno de 20%, autores como Pereira e Beraldo (2007) ao estudarem a estabilidade dimensional para o *Dendrocalamus giganteus* com três anos e meio de idade em ripas (sem nó), próximo da região externa, obtiveram uma variação volumétrica média de 9,0%, sendo que a mesma espécie obtiveram resultados um pouco superiores de 12,6% em análises de outros autores.

O *Dendrocalamus giganteus* em idade adulta, tem boas características físico-mecânicas, como comprimento das hastes, diâmetro e espessura da parede do colmo. A anatomia desta espécie quanto à sua anatomia dos colmos, variam de 0 a 4 vasos  $\text{mm}^{-2}$  e a média fica em torno de 2 vasos  $\text{mm}^{-2}$ , evidenciando a quantia escassa desses elementos anatômicos na espécie (PEREIRA; BERALDO, 2008) (Figura 18).

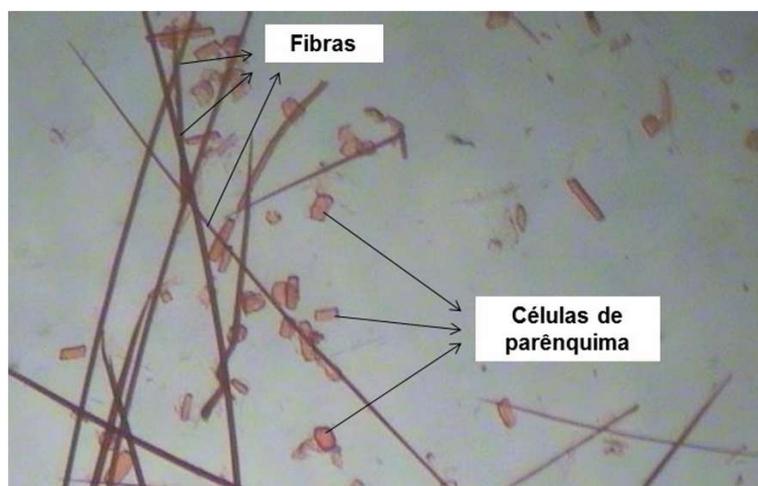
**Figura 18.** Estrutura anatômica do bambu *Dendrocalamus giganteus*.



Fonte: Pereira e Beraldo (2008).

Ainda segunda Miskalo (2009) a espécie *Dendrocalamus giganteus* possui células de parênquima e fibras longas e estreitas (Figura 19). Estas possuem comprimento médio de  $2,72 \pm 0,95$  mm (média  $\pm$  desvio padrão), mas variando de 1,13 a 5,41 mm. O valor do comprimento médio está de acordo com o encontrado por estes autor para a espécie, que foi de 3,2mm. A variação entre os comprimentos de fibras ocorre na parede do colmo, sendo mais curta na parte externa e mais longa no centro.

**Figura 19.** Fibras e células de parênquima do bambu *Dendrocalamus giganteus*. Escala = 100  $\mu$ m.



Fonte: Miskalo (2009).

No *Dendrocalamus giganteus*, estudos realizados por Lopes et al. (2000) apontaram o teor de umidade em espécies de bambu gigante, resultando em diferentes valores desta espécie em diferentes regiões. A Tabela 07 apresenta os resultados médios do teor de umidade ao ar e saturada na água.

**Tabela 6.** Teor médio de umidade em diferentes partes do colmo do *Dendrocalamus giganteus*.

Espécie	Região do Colmo	Umidade Saturada em Água (%)	Umidade ao Ar (%)
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Base	56,96	13,45
	Meio	37,59	13,17
	Topo	34,78	15,67

Fonte: Lopes et al. (2000)

A densidade de massa é uma característica física relevante nos colmos do bambu, normalmente varia entre 0,50 a 0,90 g/cm<sup>3</sup> (ZHOU, 1981). A tabela 08, resume resultados encontrados por alguns autores nos ensaios de densidade de massa da espécie *Dendrocalamus giganteus* em diferentes lugares.

**Tabela 7.** Diferentes valores de massa específica aparente do *Dendrocalamus giganteus*.

Densidade de Massa /g/cm <sup>3</sup> )	Autores / Ano
0,68 a 0,76	PAES et al. (2009)
0,58 a 0,79	RIVERO (2003)
0,80	GHAVAMI E SOLORZANO (1995)

Fonte: AUTOR (2023)

A Tabela 9, sintetiza alguns resultados de propriedades mecânicas obtidos por pesquisadores do *Dendrocalamus giganteus* na forma de bambu laminado colado (BLC) em diversos ensaios mecânicos.

**Tabela 8.** Propriedades mecânicas de tração, compressão, flexão e cisalhamento do *Dendrocalamus giganteus* na forma de laminado colado.

Espécie	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Cisalhamento (MPa)	Autores / Ano
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	135,33	63,74	122,58	44,13	Sartori e Cardoso Jr. (1997)
	143,70	65,50	98,90	--	Pereira e Beraldo (2007)
	195,00	55,00	166,00	10,00	Gonçalves et al. (2000)

Fonte: Marinho (2012)

Ainda de acordo com Marinho (2012) as propriedades físicas e mecânicas de um colmo de bambu, relacionadas com a estrutura anatômica, apresentam variações acentuadas entre os colmos da mesma espécie e isso está associado a alguns fatores como: quantidade, comprimento, diâmetro das fibras dentro da parede do celular, e também na distribuição dos feixes de fibras dentro da parede do colmo.

#### 4.5.2 *Dendrocalamus asper*

A espécie é plantada no Brasil e, devido ao seu porte alto, comumente é identificada de forma incorreta como *Dendrocalamus giganteus* (FELISBERTO et al., 2017). Apresenta ocorrência confirmada no Nordeste (Bahia), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), e no Sul (Paraná e Santa Catarina) (FILGUEIRAS et al., 2015) (Figura 20). Conhecido como Bambu Doce, é um bambu tropical de múltiplos propósitos de valor econômico (BANERJEE; GANTAIT; PRAMANIK, 2011).

**Figura 20.** Distribuição geográfica de *Dendrocalamus asper* (*Poaceae: Bambusoideae*) no território brasileiro.

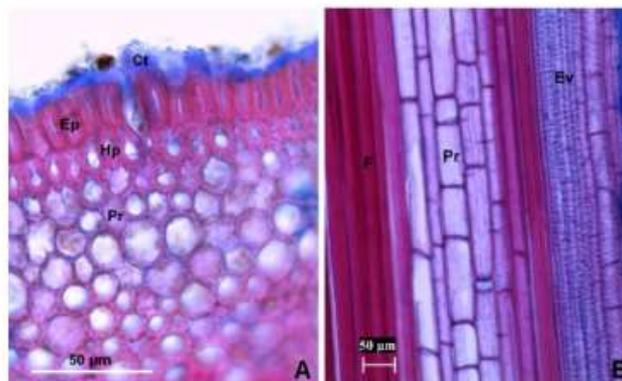


Fonte: Flora do Brasil (2020)

Se trata de uma espécie com um diâmetro pode atingir um tamanho de 20cm, com uma espessura de parede interna que varia entre 1-2cm. Bem distribuída e claramente explorada e usada na Tailândia, Vietnã, Malásia, Indonésia e Filipinas. Comercialmente é muito demandado nos países sul asiáticos.

O tecido do colmo de *Dendrocalamus asper* é composto pelo córtex, com epiderme, hipoderme e parênquima cortical (Figura 21); e por tecido parenquimático e feixes vasculares compostos por vasos de metaxilema, protoxilema, elementos de tubo crivado com células companheiras (floema) e fibras.

**Figura 21.** *Córtex (A), Ct – cutícula, Ep – Epiderme, Hp – Hipoderme, Pr – Parênquima. Secção Longitudinal (B), F – Fibras, Pr – Parênquimas, Ev – Elementos de Vaso.*



Fonte: PRATES (2013).

Para os colmos de *Dendrocalamus asper*, neste caso, encontrou-se que a composição média do colmo foi de 50% de parênquima, 40% de fibras e 10% de tecidos condutores, semelhante aos valores citados por Liese (1980, 1992) para as várias espécies de bambu. Porém esses valores podem variar entre as espécies.

A espessura da parede dos colmos, tanto na região periférica quanto na mediana e na interna, variam ao longo da altura do mesmo, diminuindo da base em direção ao ápice. Os valores médios de comprimento de fibra na porção do meio do colmo de *Dendrocalamus asper* variam de 3,69 mm a 3,74 mm. Essas fibras são classificadas como fibras longas (PRATES, 2013).

É utilizado em maioria das vezes como material estrutural de ótima qualidade. É um dos materiais utilizados para a construção de grandes estruturas comunitárias em zonas rurais, devido a sua alta capacidade resistiva e durabilidade, usa-se também na fabricação de móveis de boa qualidade, instrumentos musicais, embalagens, utensílios domésticos e artesanato. (SANTOS, 2021) (Figura 22).

**Figura 22.** *Dendrocalamus asper*



Fonte: Santos (2021).

Estudos realizados por Rusch et al. (2019) avaliaram as propriedades físico-químicas através de ensaios de cisalhamento, dureza *Janka* e flexão estática, de painéis na espécie *Dendrocalamus asper*, sendo que os melhores resultados em termos de propriedades mecânicas foram verificados no bambu laminado termomecânica, tendo nesta espécie o módulo de ruptura de 146,8 MPa.

### 4.5.3 *Gigantochloa Levis*

Uma espécie com diâmetros entre 4 e 13 cm e com uma espessura de parede interna de 1,2 cm, de origem desconhecida, contudo muito cultivada nas Filipinas, Malásia, região Este da Indonésia, na ilha de Kalimantan, na China e no Vietnã (SANTOS, 2021). No Brasil ocorre nas regiões Sudeste e Centro Oeste, no estado de São Paulo e no Distrito Federal, seus colmos são médios, atingindo de 8 a 22 metros de altura, as paredes de em média 1,5 centímetros.

Seu processo produtivo são, de preferência em locais de solos argilosos, climas tropicais úmidos, ao crescer em locais mais secos, seus colmos se desenvolvem menores. Pode ser propagado através de sementes, rizomas e estacas do colmo (NASCIMENTO, 2019) (Figura 23).

**Figura 23.** *Gigantochloa Levis*.



Fonte: (SANTOS, 2021).

Esta espécie é, ótimo, como material para a construção de estruturas, tais como: telhados, andaimes, pontes, muros, cercas etc., instrumentos de cozinha, mobiliário e os brotos são comestíveis e de ótima qualidade, ainda muito utilizado na Indonésia, chamado de Bambu Tali ('Tali' significa Corda), porque é um excelente recurso para fazer tiras fortes com a maleabilidade de couro (NASCIMENTO, 2019).

### 4.5.4 *Guadua angustifólias*

Conhecido como taquaruçu, encontrado em grande parte do território brasileiro e conhecido por suas medidas robustas, sendo similar ao bambu gigante (OLIVEIRA, 2013). Segundo Santos (2021) é uma das espécies mais estudadas no mundo se comparada às demais

espécies para a construção civil. Apresenta alta resistência mecânica sendo amplamente utilização na construção de casas, infraestruturas e reforços de parede de concreto. Também tem as melhores características para uso estrutural na construção civil, devido à sua grande dimensão e à pouca variação dimensional entre os colmos (Figura 24) (LAND, 2014).

**Figura 24.** *Guadua angustifolias*



Fonte: (LAND, 2014).

Um colmo de *Guadua* em condições normais possui entre 70 e 80 entrenós, com distância média entre os nós de 26 cm. Os colmos de *Guadua* atingem alturas médias entre 18 e 20 metros de comprimento, com alturas máximas de até 30 metros. Apresenta diâmetros médios entre 10 e 12 cm, com diâmetros máximos de 20 cm. Seus colmos possuem paredes com espessura média entre 2 e 5 cm. As gemas presentes nos nós lançam espinhos que se transformam em ramas laterais. Sendo esses espinhos considerados o principal inconveniente para o manejo dos guaduais. Essas ramas podem apresentar espinhos em todo seu comprimento, que tem em média 3 a 3,5 metros, podendo chegar até 8 metros de comprimento (MARÇAL, 2018).

De acordo com Schröder (2014), este é de longe o gênero mais importante na América, pois possui versatilidade, leveza, flexibilidade, resistência, dureza, força, adaptabilidade climática, crescimento rápido, resistência sísmica e fácil manuseio. Existem 32 espécies de bambu do gênero *Guadua* e são todas encontradas na América Central e na América do sul. A espécie *Guadua angustifolia* é nativa da Colômbia, Equador e Venezuela. Seus melhores desenvolvimentos acontecem na região central dos Andes, entre 900 e 1600 metros acima do

nível do mar, com temperaturas que variam de 20 a 26° celsius, chuvas de 2000 a 2500 mm ao ano e umidade relativa de 75 a 85%. O mesmo autor ainda afirma que todo o bambu, mas o *Guadua* em particular, possui um crescimento rápido e maior produtividade quando comparado com as árvores. Além disso, o colmo do bambu não possui crescimento secundário, ou seja, emerge do solo com um diâmetro fixo, sem mostrar aumento do diâmetro ao longo do tempo, como acontece com as árvores (EFFTING, 2017).

Ainda de acordo com Effting (2017), espetacular bambu que atinge até 30 metros de altura, diâmetros de até 20 cm, cor verde escuro e esbranquiçado nas regiões dos nós, folhas de tamanhos médios, possuem elevadas propriedades mecânicas e alta durabilidade dos colmos. Crescem em lugares com solos médios a ricos e tolera até -2 ° C. É um bambu forte e de ótima qualidade, muito popular na América Central, onde casas e edifícios construídos com este material resistiram aos choques de terremotos. Embora amplamente usado como material estrutural em construções para habitação de baixo custo ou mesmo para grandes edifícios, possuem diversas outras finalidades como na fabricação de móveis, artesanatos e na contenção de erosão dos solos.

#### 4.5.5 *Phyllostachys pubescens*

Conhecido como bambu mossô, espécie que pode atingir até 20 metros de altura, com um diâmetro de 18cm, proveniente da China, bastante cultivada na Coreia e Vietnã, sendo geralmente utilizado em estruturas pesadas na construção civil (Figura 25) (HEARTWOOD,2020).

**Figura 25.** *Phyllostachys pubescens*

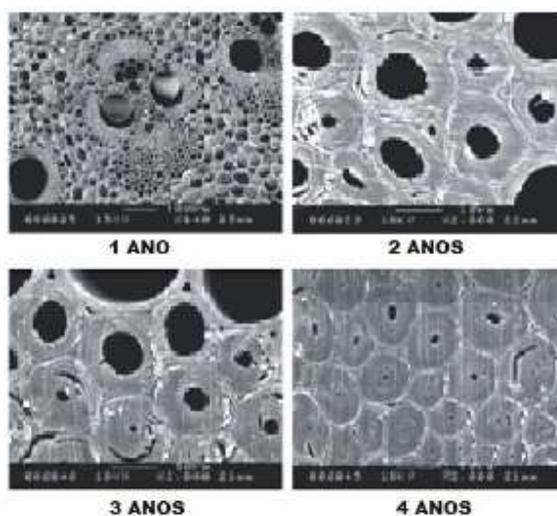


Fonte: (HEARTWOOD, 2020).

Devido a fatores climáticos, a espécie mais recomendada como alternativa de reflorestamento no sul do Brasil é também a *Phyllostachys pubescens*. Por isso faz-se necessário compreender suas propriedades, a fim de se viabilizar a utilização dessa espécie como uma alternativa para suprir o déficit da produção de madeira, contribuindo para promover o desenvolvimento sustentável (BERNDSSEN, 2010).

Segundo Pereira e Beraldo (2007) a idade do bambu com 1 a 5 anos tende a crescer a densidade numa relação direta com a idade, depois que atinge a maturidade (seis anos de idade) a variação do seu volume é quase insignificante, conteúdo, depois de oito anos tende a declinar. De acordo com Chun (2003) no período da maturidade há um espessamento das paredes celular das fibras diminuindo os espaços internos (diâmetro do lume) e conseqüentemente aumento da densidade. A Figura 26 apresenta a evolução do espessamento das paredes das fibras com o aumento da idade da espécie *Phyllostachys pubescens*.

**Figura 26.** Variação do espessamento das paredes das fibras da espécie *Phyllostachys pubescens*.



Fonte: Chun (2003)

#### 4.6 Utilização do Bambu na Construção Civil

O bambu já vem conquistando alguns anos seu ingresso em obras da construção civil, substituindo a madeira, pois, o mesmo possui um acabamento de desbaste, na construção, sendo utilizado como andaime, feixe simples da casa, coluna, parede e escada, tendo sua utilização também como treliça de compensado, aglomerado, revestimento, entre outras finalidades (LIU et al., 2018).

Mas, segundo Santos (2021) citando Caeiro (2010) nem todos bambus tem potenciais e são aptos para sua utilização como material de construção, devendo seguir as aplicações estruturais dos seguintes critérios:

- colmos erectos e direitos;
- varas esbeltas com diâmetro variável entre 5 a 25 cm;
- espessura superior a 1 cm;
- gomos curtos e bem revestidos de sílica;
- varas maduras depois de cortadas deixadas 2 semanas verticalmente na mata para reduzir a quantia de amido;
- boa resposta ao tratamento de preservação;
- alta densidade de matéria lenhosa;
- alto número de vasos vasculares.

Zea Escamilla et al. (2019) apontam que o colmo do bambu destinado para construção civil, pode ser processado em cinco diferentes tipos de materiais de construção: (i) varas de bambu preservadas e secas; (ii) esterilla; (iii) esteiras de bambu trançadas; (iv) tiras e (v) bambu processado mecanicamente.

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 CO<sub>2</sub>, independentemente de sua rápida montagem e reutilização, enquanto a versão de bambu teria causado um impacto positivo, armazenando 14.384,13 kg de CO<sub>2</sub>, durante a vida útil do edifício.

Ainda analisando o desempenho da utilização do bambu na construção civil, Elizabeth e Datta (2020) destacaram que as estruturas de bambu, tem um desempenho melhor em terremotos do que o edifício residencial comumente construído, viabilizando e destacando seu uso como material de construção em áreas de zona sísmica. Já em relação à ambiência animal, Esgoti et al. (2016), verificaram que o uso de bambu pode ser um material alternativo para devida construção, substituindo as telhas de fibrocimento convencionais, cujo promoveu temperaturas amenas quando comparadas às coberturas convencionais.

Sob a contextualização técnica, Korde et al. (2015) notaram que na confecção de um arco à base de bambu e concreto, os resultados foram tão eficientes que indicam o bambu como elemento estrutural sustentável. Sob comportamento flexural de painéis de laje de ferro-cimento à base de bambu com *flyash*, Chithambaram e Kumar (2017) observaram que a contribuição das faixas de bambu em relação à argamassa e malha de arame tem capacidade de carga três vezes maior quando comparada sem o seu uso. Quanto à ótica da construção de baixo custo para comunidades rurais em Gana (África), Asare e Danyuo (2020) notaram que a dureza dos

compósitos do bloco de cimento aumentou com as fibras de bambu, na caracterização geral da matriz de cimento à base de laterita.

De acordo com Beraldo (2016) o potencial do bambu como material no setor da construção, vem sendo empregado em larga escala por políticas públicas nos últimos anos, tendo a capacidade de reduzir significativamente os custos da construção civil, gerando renda e emprego com a sua cadeia produtiva.

No Brasil, no mês de janeiro de 2020, o Comitê de Estudo de Estruturas de Bambu (CE-002:126.012), elaboraram dois projetos de normas técnicas para construção de bambu, que estão, até então, sem valor normativo. O Projeto ABNT NBR 16828-1 aborda os requisitos básicos para projetos estruturais com colmos de bambu. Versa acerca das suas propriedades físicas e mecânicas, bem como acerca da sua durabilidade. Entretanto, esse projeto não é adequado para estruturas com bambu laminado colado e em compósitos com bambu. Já o Projeto ABNT NBR 16828-2 estabelece métodos de ensaios para determinação das propriedades físicas (teor de umidade, massa por volume e retração) e mecânicas (resistência à compressão paralela às fibras, resistência à flexão do colmo, resistência ao cisalhamento paralelo às fibras e resistência à tração paralela às fibras) dos colmos (NUNES; SOBRINHO JÚNIOR; PASTOR, 2021).

## 5 METODOLOGIA

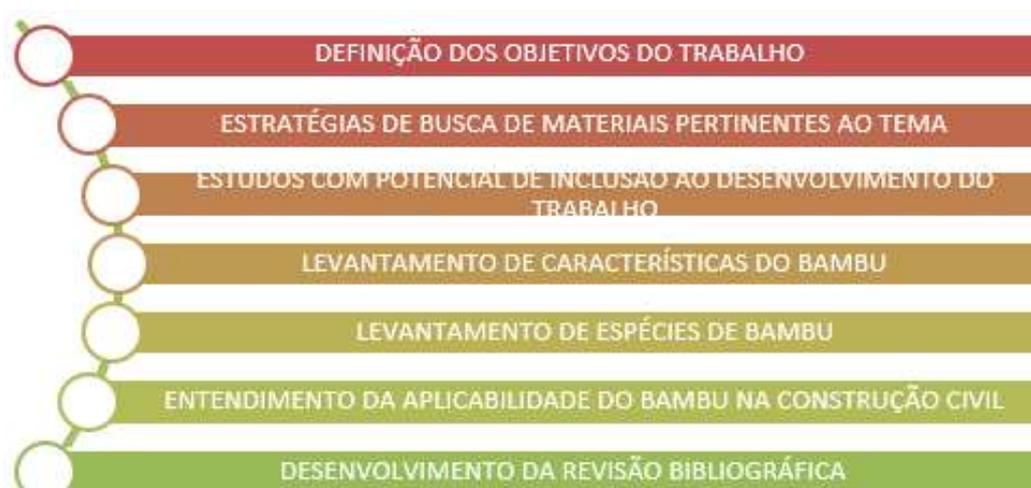
O presente trabalho apresenta vasta análise do tema, partindo de um estudo bibliográfico acerca do uso do bambu como material estrutural na construção civil. Com ênfase em estudo teórico sobre a utilização do bambu na construção civil, analisa aspectos construtivos, propriedades, competências e limitações desse material, de forma a obter uma análise conclusiva do objeto de estudo.

O método qualitativo será utilizado para apresentar os aspectos da qualidade do bambu. O levantamento de informações aconteceu por meio de uma pesquisa exploratória e construiu uma base sólida e conclusiva acerca do tema proposto pelo estudo. Além disso, para melhor análise da utilização do bambu na construção civil no Brasil, foram realizadas pesquisas de materiais já divulgados em fontes fidedignas para obtenção de informações pertinentes acerca das espécies de bambu mais comuns no Brasil, suas características principais e suas aplicações.

Adotou-se etapas pré-estabelecidas para a obtenção dos seus objetivos, sendo que as principais consistiram no planejamento, na coleta de dados, na análise e interpretação e na redação do texto, seguindo a descrição de Gil (2019), referente aos processos de pesquisa. O caráter explicativo e exploratório. A parte explicativa da pesquisa consiste em “identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2019, p. 27), aprofundando o conhecimento da realidade; já a parte exploratória visa “desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideia, tendo em vista a modificação da formulação de problema mais precisos (GIL, 2019, p. 26).

Foram traçados os objetivos do trabalho e, dessa forma, foram coletados dados de teses, artigos e monografias, sites online, para a seleção de informações que tornassem o trabalho rico em detalhes bibliográficos acerca do tema em questão, conforme Figura 27.

**Figura 27.** Fluxograma de metodologia.



Fonte: Autor (2023)

A primeira etapa foi realizada a definição dos objetivos do trabalho, desta forma direcionando a forma de como seria a pesquisa, em quais ambientais e sites poderiam ser utilizados para referenciar em todo o trabalho. A pesquisa envolveu o estudo sobre a origem e utilização do bambu no mundo e no Brasil, quais seriam as espécies mais utilizadas para a construção civil, a forma de sua utilização (Quadro 4).

**Quadro 4.** Base de consulta e justificativa da pesquisa desenvolvida neste trabalho.

Pesquisa	Bibliográfica
Base de consulta	Livros, Artigos, Teses, Relatórios e pesquisas de instituições de Ensino no Brasil que abordam sobre a utilização do Bambu na Construção Civil.
Justificativa	Inovação da construção, unindo meio ambiente, conforto ambiental, viabilidade, economia e segurança.

Fonte: Autor (2023)

A escolha das espécies estudadas foram através de separação de estudos realizados por autores aqui apresentados, com destaque em especial para as espécies *Dendrocalamus Giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa Levis*, *Guadua angustifolia*, e *Plyllostachys pubescens*, por apresentarem características que podem ser utilizadas no Brasil e no Mundo como estruturas, misturas de fibras, laminados, entre outros na construção civil.

Os parâmetros adotados para escolha dessas espécies se deram de acordo com a NBR 16828-2:2020, de acordo com as propriedades físicas e mecânicas das espécies mais propícias a utilização em obras da construção civil.

Após a coleta dos dados, as informações foram analisadas, sendo possível identificar as características principais do bambu, os tipos de bambu mais usados no Brasil e seu uso. Dessa forma, foi possível fazer a estruturação principal do trabalho e a partir da combinação dos dados coletados concluir acerca de suas vantagens e desvantagens.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por ser um bambu por ser vegetal com maior velocidade de crescimento, seus colmos, também chamados de varas, podem atingir em comprimento final, ultrapassando os 30 metros em até seis meses, sendo este tem o poder de renovação muito grande. O corte seletivo dos colmos maduros, são realizados anualmente, não prejudicando a sanidade da planta, contribuindo de forma positiva com seu desenvolvimento.

Dentre as cinco espécies de bambus referenciadas neste estudo, o *Dendrocalamus Giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa Levis*, *Guadua angustifólias*, e *Plyllostachys pubescens*, as mesmas estão como prioritárias com base no cultivo, processamento, produtos, recursos genéticas e características edafoclimáticas, sendo que a *Guadua angustifólia* apresenta as melhores características para uso estrutural na construção civil, em virtude da sua grande dimensão e à pouca variação dimensional entre os colmos. Tendo ainda, a espécie *Dendrocalamus asper* com excelente qualidade e resistência mecânica.

Corroborando com o apresentado acima a espécie *Guadua angustifólia* apresenta propriedades mecânicas, atingindo uma resistência média à tração de 86,95 MPa, obtendo, na parte central, maior resistência, com resultado equivalente a 95,80 MPa em corpo de prova sem nó, e 82,92 MPa com nó. Sendo que no topo, a resistência foi equivalente a 115,84 MPa, em corpo de prova sem nó, e 64,26 MPa com no. A resistência à tração do bambu da espécie *Gradua angustifólia* e 34% menor que a da espécie *Dendrocalamus giganteus*. Ademias, o módulo de elasticidade médio foi de 15,11 GPa no sentido longitudinal às fibras, e o coeficiente de Poisson foi de 0,26, segundo estudos de Nunes, Sobrinho Júnior e Pastos (2021).

Ao analisar a Tabela 10, demonstra que as cinco espécies estudadas neste trabalho são as que mais são utilizadas na construção civil.

**Tabela 9.** Espécies prioritárias de Bambu.

Espécies	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Cisalhamento (MPa)	Altura dos Colmos (cm)	Diâmetro dos Colmos (cm)	Espessura das Paredes (m)	Comprimento do entrenó (cm)	Usos
<i>Dendrocalamus asper</i>	139,40	59,20	95,40	9,20	20 a 30	8 a 20	1,1 a 2	20 a 45	Estrutural, útil para construção pesada.
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	143,70	65,50	98,90	10,00	24 a 60	10 a 20	2,5	40 a 50	Estrutural, útil para construção pesada, mas pela altura dos colmos é bastante utilizado na indústria de laminados
<i>Guadua augustifolia</i>	86,95	62,00	96,80	9,40	Até 30	14 a 20	0,12 a 0,15	36 a 45	Alta qualidade, baixo custo, fabricação de móveis e artesanato.
<i>Gagantochloa levis</i>	84,39	61,80	97,60	10,00	Até 30	5 a 16	1 a 1,2	45	Pode ser utilizado para andaimes de obra.
<i>Plyllastachys Pubescens</i>	83,20	59,70	93,50	8,90	10 a 20	15 a 18	0,8 a 1,4	20 a 50	Pode ser utilizado para andaimes de obra.

Fonte: Autor (2023)

Um dos principais gargalos para a produtividade em larga escala de bambu é a mecanização do sistema de cultivo e a produção de mudas certificadas. Carneiro et al. (2018) destaca que a mão de obra na fase de cultivo dos bambuzais representa 34% do custo de produção brasileiro, percentual excessivamente alto quando comparado a outros cultivos silviculturais como o de pinus, cujo custo com mão de obra no campo é de 5% devido já possuir cultivo mecanizado.

Com a observação dos autores acima, a dependência de mão de obra na cultura de bambus, tem elevados custos operacionais e a possibilidade de mecanização baseada em outros sistemas florestais, torna-se importante estudos que contemplem o conhecimento da mecanização agrícola no cultivo da cultura no Brasil. A mecanização agrícola é um recurso que deve auxiliar no atendimento das exigências produtivas e de mercado do agronegócio, prezando por uso racional das máquinas, preconizando agilidade e qualidade das operações a um custo financeiro que seja viável (CARNEIRO et al., 2018).

Através da coleta de dados referente às características e aplicações do bambu, pode-se perceber que o material é uma fonte renovável que apresenta baixo custo e boa resistência, tornando-o uma boa alternativa construtiva para o setor da construção civil no país.

Embora haja estudos acerca da aplicabilidade do bambu na construção civil e o desenvolvimento de técnicas aprimoradas de tratamento adequado para tal finalidade, conclui-se a necessidade de estudos ainda mais detalhados acerca do tema, uma vez que, mesmo o Brasil utilizando o bambu como método construtivo, as pesquisas e ensaios precisam ser aprimorados para verificar sua difusão no meio (ALVES, 2019).

Segundo Lemos (2019) e Santos (2021), o bambu possui diversas vantagens, o tornando uma boa opção de material a ser utilizado na construção civil, tais como:

- Alta resistência à tração, podendo ser substituído pelo aço devido às fibras serem executadas axialmente;
- Boa elasticidade, sendo possível ser utilizado em regiões favoráveis aos abalos sísmicos;
- Facilidade de manuseio, devido ao baixo peso do bambu é possível realizar deslocamentos com maior facilidade no transporte e no manuseio do material nas instalações;
- Alta economia ao ser comparado com materiais já utilizados atualmente;
- Material renovável com rápido crescimento, disponibilidade no meio ambiente;
- Não é nocivo à saúde, sendo possível ser substituto do amianto, por exemplo;

- Geração de emprego sem necessidade de mão de obra especializada, atuando como agente social e econômico positivo na sociedade;
- É abundante no Brasil, contando com diversas espécies diferentes.

Ainda com diversas vantagens elencadas, o bambu possui algumas desvantagens que devem ser pontuadas (LEMOS, 2019; SANTOS, 2021), sendo:

- Falta de estudos mais aprofundados para sua difusão no setor;
- Baixa resistência às forças cortantes;
- Grande variação de formas e, conseqüentemente, resistência;
- Durabilidade pode ser afetada por fungos e insetos, diminuindo a expectativa de vida útil das construções.

Por fim, verificou-se ainda, no Brasil, há pouca utilização do bambu como material de construção, visto que, 71,2% das pessoas nunca usaram o material. A pouca utilização se deve a diversos fatores que acabam limitando o seu uso. De acordo com a análise da opinião dos entrevistados acerca da pouca utilização do bambu como material de construção no Brasil, a limitação no uso desse material é devido aos seguintes motivos: pouco conhecimento e incentivo; falta de consolidação de uma cadeia produtiva; ausência de mão de obra especializada; fatores culturais e ausência de normas técnicas específicas

## 7 CONCLUSÕES

De acordo com a pesquisa efetuada, verificou-se que o bambu se trata de uma planta considerada lenhosa, monocotiledônea, e pertencente às Angiospermas. Possui colmos e se reproduz assexuadamente através dos seus rizomas. Sua propagação ocorre de forma alastrante ou entouceirante.

No Brasil existem cerca de 230 espécies de bambu com cerca de 34 gêneros, sendo o país com maior diversidade de espécies. Dessas espécies, podemos destacar a *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa levis*, *Guadua augustifolia* e *Plyllastachys Pubescens*.

O bambu possui características físicas e mecânicas que possibilitam seu uso para diversas áreas da construção civil. Espécies como a *Dendrocalamus asper* ou *Dendrocalamus giganteus*, podem ser bastante utilizadas em estruturas mais complexas devido seus altos valores de resistência e comprimentos. Já espécies com características menos robustas podem ser utilizadas para estruturas de apoio da construção civil (como andaimes, guarda-corpo entre outros) e até para fabricação de móveis de baixo, médio e alto padrão.

Dentre as suas principais vantagens, podemos citar: alta economia ao ser comparado com materiais já utilizados atualmente, material renovável com rápido crescimento, disponibilidade no meio ambiente, é abundante no Brasil, contando com diversas espécies diferentes e facilidade de manuseio, devido ao baixo peso do bambu é possível realizar deslocamentos com maior facilidade no transporte e no manuseio do material nas instalações.

Já como desvantagem, temos: falta de estudos mais aprofundados para sua difusão no setor, baixa resistência às forças cortantes, grande variação de formas e, conseqüentemente, resistência e sua durabilidade pode ser afetada por fungos e insetos, diminuindo a expectativa de vida útil das construções.

Portanto, é de grande importância a continuidade de desenvolvimento de pesquisas de caracterização, aplicação e tratamento adequado para o bambu a fim de disseminar conhecimento cada vez mais concreto sobre sua utilização na construção civil.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16828-1 – Estruturas de Bambu Parte 1: Projeto**. Janeiro, 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16828-2 – Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu**. Janeiro, 2020.

AFONSO, D.G.; SILVA, Z.A.G.P.G. **Bambu nativo: alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o estado do Acre. Ocorrência, biomassa, perdas e exploração de bambu em florestas da Amazônia no Acre**. Brasil. In: *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia/organização* Patrícia Maria Drumond, Guilherme Wiedman. 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017. p. 290-306. 655 p.

ALVES, A.A. **USO DO BAMBUR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável**. 2019. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

AMÉRICO, L. **Eco-Design e a utilização de materiais alternativos renováveis: o Bambu e sua interrelação com o design**. Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (II SBDS), Rede Brasil de Design Sustentável – RBDS, São Paulo, 2009.

ANDRADE, P.B. **Estudo do uso: bambu como elementos construtivo em praças urbanas**. Cabedelo, PB, 2022.

ANERJEE, M.; GANTAIT, S.; PRAMANIK, B.R. A two step method for accelerated mass propagation of *Dendrocalamus asper* and their evaluation in field. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, Kolkata, v. 17, n. 4, p. 387–393, 2011.

ANJOS, M.A.S. **Compósito à base de cimento reforçado com polpa de bambu - caracterização física, mecânica e microestrutural**. 2002. 96 f. Dissertação Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2002.

ANJOS, M.A.S.; GHAVAMI, K.; BARBOSA, N.P. **Compósitos à base de cimento reforçados com polpa celulósica de bambu. Parte I: Determinação do teor de reforço ótimo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.2, p.339-345, 2003.

ARAÚJO, D.A.L.; SANTOS, K.H.B. **Aplicação do bambu na engenharia civil no brasil – revisão bibliográfica**. 2019. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2019.

ARCHDAILY. **As melhores obras de arquitetura de 2019**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/929814/os-melhores-projetos-de-2019>>. Acesso em: 03 fev. 2023.

ASARE, B. J.; DANYUO, Y. Caracterização mecânica de materiais compósitos à base de terra reforçados com fibras de bambu tratadas para habitação econômica. **MRS Advances**, v. 5, n. 25, pág. 1313–1321, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **Estruturas de bambu**. Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu – NBR 16828-2. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **Estruturas de bambu**. Parte 1: Projetos – NBR 16828-1. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). **Norma de construção com Bambu – NBR 17043**. Avaliação da conformidade – Requisitos legais para ensaios de proficiência. 2022.

BERALDO, A.L. **Bambu de Corpo e Alma**. 2ª ed., Bauru, SP: Canal 6, 2016.

BERALDO, A.L. Preservação do bambu. **Revista Floresta e Ambiente**. V. 21, n. 18, p. 24-35, 2020.

BERALDO, A.L.; FREIRE, W. J. **Tecnologia e materiais alternativos de construção**. Campinas: UNICAMP, 2003. 331p.

BERALDO, A.L.; RIVERO, L.A. Bambu Laminado Colado (BLC). **Revista Floresta e Ambiente**. V. 10, n. 2. p 36 – 46. 2008.

BERALDO, A.L.; AZZINI, A. **Bambu: características e aplicações**. Livraria Editora Agropecuária. Guaíba, 2004. 127 p.

BIANCHINI, M.C. **Florestas Dominadas por Bambu (gênero Guadua) no Sudoeste da Amazônia: extensão, Comportamento Espectral e Associação com o Relevo**. (Mestrado). Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade do Amazonas, Manaus. 2005. 75 p.

BISWAS, S.; SATAPATHY, A. A comparative study on erosion characteristics of red mud filled bamboo-epoxy and glass-epoxy composites. **Materials & Design**, Volume 31, Issue 4, April 2010, Pages 1752-1767.

CAEIRO, J.G.D.M. **Construção em bambu**. Tese (Doutorado) — Faculdade de Arquitectura de Lisboa, 2010.

CANAVAN, S.; RICHARDSON, D.M.; VISSER, V.; LEROUX, J.J.; VORONTSOVA, M.S.; WILSON, J.R.U. The global distribution of bamboos: assessing correlates of introduction and invasion. **AoB PLANTS**, 2017, 18 p

CARBONARI, G.; SILVA JÚNIOR, N.M.; PEDROSA, N.H.; ABE, C.H.; SCHOLTZ, M.F.; ACOSTA, C.C.V.; CARBONARI, L.T. Bambu – O aço vegetal. **Mix Sustentável**, Edição 05/V. 3, N. 1, 2017.

CARNEIRO, K.P.S.; CORREIA, T.P.S.; FAGGION, F.; SILVA, P.R.A.; DE SOUSA, S.F.G. Custo operacional do cultivo de bambu gigante. **XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2018**. Centro Internacional de Convenções do Brasil – Brasília-DF, 2018.

CARVALHO, A. L.; NELSON, B. W.; BIANCHINI, M. C.; PLAGNOL, D.; KUPLICH, T. M.; DALY, D. C. Bamboo-dominated forests of the Southwest Amazon: detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves. **Plos One**, v. 8, n. 1, p. e54852, 2013.

CARVALHO, C.M.; BARBOZA, N.P.; BEZERRA, U.T.; SIMAS, T.B.; OLIVEIRA, A.C.; MAGALHÃES, G.M. Estudo da utilização do bambu na composição do concreto. **The Journal of Engineering and Exact Sciences -jCEC**, Vol. 7, n. 01 (2021).

CHITHAMBARAM, S. J.; KUMAR, S. Comportamento à flexão de painéis de ferrocimento à base de bambu com cinza volante. **Construção e Materiais de Construção**, v. 134, p. 641-648, 2017.

CHUN, Z.F. **The production and utilization of bamboo forest in China**. Hangzhou: China National Research Center of Bamboo –CBRC, 2003.

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.

CNI. **Construção sustentável: a mudança em curso**. Confederação Nacional da Indústria - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CNI, 2017.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 348, de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília-DF, 2004.

COSTA, D.D. **Desnitrificação de água para consumo humano utilizando microrganismos provenientes de biomassa natural**. [Dissertação/Mestrado]. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages-SC, 2017.

CRUZ, C.O.; GASPAR, P.; BRITO, J. **On the concept of sustainable sustainability: An application to the Portuguese construction sector**. Journal of Building Engineering 25, 2019.

CRUZ, L.S.N.F.; BARROS, M.M. Bambu estrutural: possibilidades para uma engenharia sustentável. **Mix Sust.**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 79-92, maio 2022.

DALL'AGNOL, F.C. **Estudo da viabilidade do uso do bambu em vigas de concreto armado em substituição ao aço**. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul-SC, 2019.

DELGADO, P.S. **O bambu como material eco eficiente: caracterização e estudos exploratórios de aplicações**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da REDEMAT. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – Minas Gerais, 2011.

DENITTIS, M. **Analisi sperimentale e numerica di un telaio in Guadua Angustifolia Kunth caricato orizzontalmente: il bambù come possibile alternativa ecosostenibile ai tradizionali materiali da costruzione**. Dissertação de Mestrado. Bolonha: Università di Bologna. 2018/2019, 161 p.

DRUMOND, P.M.; WIEDMAN, G. (org.) **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro: ICH, 2017. 655p.

EFFTING, E.F. **Construção Civil Sustentável: um estudo sobre a utilização do bambu.** UNISUL – Universidade de Santa Catarina. Palhoça-SC, 2017.

ELIZABETH, S.; DATTA, A. K. ARTIGO RETRATADO: Sobre o desempenho sísmico da estrutura de bambu. **Boletim de Engenharia Terremoto**, v. 18, n. 11, pág. 5413–5413, 2020.

EMBRAPA. **Bambu é alternativa de renda na produção.** Notícias, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34230725/bambu-e-alternativa-de-renda-na-producao-familiar>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

ESGOTI, P. et al. Uso de bambu como telhado verde: Avaliação do ambiente térmico. 2016 Reunião Internacional Anual da Sociedade Americana de Engenheiros **Agrícolas e Biológicos**, **ASABE** 2016, n. abril de 2016.

FELISBERTO, F. et al. LWT - Food Science and Technology Young bamboo culm flour of *Dendrocalamus asper*: Technological properties for food applications. **LWT – Food Science and Technology**, [S. l.], v. 76, p. 230–235, 2017.

FILGUEIRAS, T.S. *Dendrocalamus*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB105333>>. Acesso em: 08 abr. 2023.

FILGUEIRAS, T.S.; GONÇALVES, A.P.S. A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae). *Bamboo Science and Culture. The Journal of the American Bamboo Society*. 2004. p. 7-28.

FILGUEIRAS, T.S.; VIANA, P.L. **Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação.** In: *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. Rio de Janeiro: ICH, p. 10-27, 2017.

FRANZOI, L.C.; RUBIN, J.G.K.; BIANCO, R.J. **Recursos naturais e fontes de energia.** UNIASSELVI, 2017.

GAION, C.P.; PASCHOARELLI, L.C.; PEREIRA, M.A.R. **O Bambu como Matéria Prima para o Desenho Industrial: um estudo de caso.** In: 3º Congresso Internacional de Pesquisa em Design. Rio de Janeiro, 2005.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N.P.; MOREIRA, L.E. **Bambu como material de Engenharia.**

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2019.  
GOH, Y., YAP, S. P., & TONG, T. Y. **Bamboo: The Emerging Renewable Material for Sustainable Construction.** In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials* (pp. 365–376), 2020.

GREGO; T.M. CROMBERG, M. **Bambu: cultivo e manejo.** Florianópolis: Insular, 2010.  
GREIJMANS et al., 2017).

HEARTWOOD. **Phyllostachys pubescens(Syn.Edulis) Moso Bamboo**. 2020. Disponível em: <<https://heartwoodseeds.co.uk/products/phyllostachys-pubescens-edulis-moso-bambo-20-seeds>>. Acesso em: 04 fev. 2023.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo: The gift of God's**. Bogotá: D`Vinni, 2003.

IBUKU. **Ibuku.com**. 2018. Disponível em: <<http://ibuku.com/green-school-bali/>>. Acesso em 03 fev. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **22157: Bamboo — Determination of physical and mechanical properties**. Suíça: Iso, 2004.

JUDZIEWICZ, E.J. **American Bamboos. Wisconsin: Smithsonian Institution Press**, 1999. 398 p.

KORDE, C. et al. Arco Composto de Concreto de Bambu Contraído Lateralmente sob Carregamento Distribuído Uniformemente. **Journal of Structural Engineering**, v. 141, n. 3, pág. 1–11, 2015.

LAND, B. **Gigantochloa levis | Bamboo Land**. 2014. Disponível em: <<https://www.bambooland.com.au/gigantochloa-levis>>. Acessado em: 04 fev 2023.

LEMO, S. R. **Análise experimental da aplicação do bambu bambusa vulgaris vittata na construção civil**. 2019.

LIBRELOTTO, L.I.; OSTAPIV, F. (Org.). **Bambu: Caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. Florianópolis: Grupo de Pesquisa Virtuhab/ufsc, 2019. 204 p.

LIESE, W. Anatomy of Bamboo. **Bamboo Research in Asia**. Singapore, p 161-164. mai. 1980.

LIESE, W.; TANG, T.K.H. Properties of the Bamboo Culm. In: LIESE, W.; KÖHL, M. (eds). **Bamboo: The Plant and its Uses**. Springer International Publishing Switzerland, 2015, p.227-256.

LIU, W.; HUI, C.; WANG, F.; WANG, M.; LIU, G. Review of the Resources and Utilization of Bamboo in China. Cap. 8, **Bamboo – Current and Future Prospects**, P. 133–142, 2018. Lopes et al. 2000

LOPES, W.G.R.; VALENCIANO, M.C.M.; MARTINS, S.C.F.; BERALDO, A.L. Variação volumétrica em três espécies de bambu gigante. In: **Anais do XXIX CONBEA – Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Fortaleza, CE, 2000.

LOPEZ, H.O. **Bamboo: the gift of the God's**. D`vinni Ltda., Bogotá, Colombia. 2003. Maia (2012)

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

MARÇAL, V.H.S. **Análise comparativa de normas técnicas internacionais para o emprego do bambu – Colmo em estruturas prediais**. 193p. [Dissertação – Mestrado]. UnB – Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2018.

MOIZÉS, F.A. **Desenvolvimento de painéis com partículas orientadas (OSB) de Bambu**. 116 p. [Tese]. Universidade Estadual Paulista. Bauru-SP, 2019.

MORAES, A.F. **Habitação de interesse social de Bambu: Análise de desempenho de projetos por meio de Índices de Sustentabilidade**. [Dissertação] Universidade Federal de Goiás. UFCAT – Universidade Federal de Catalão. Catalão-GO, 2022.

MOTA, G.S.O. **Avaliação do conforto acústico, lumínico e térmico de uma habitação unifamiliar mista de alvenaria e bambu na BR 364 Rio Branco no Acre**. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas Ufam/Ppgec, Manaus, 2018.

NASCIMENTO, E.C. **Proposta de Classificação – Materiais no design mobiliário urbano com enfoque em bambu**. Relatório. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/CTC, Florianópolis: SC, 2019.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS – NMBA. **Technology, information, forecasting and assessment council (TIFAC)**. Government of Índia, 2004. Disponível em: <<http://www.bambootech.org/>>. Acesso em: 02 fev 2023.

NOGUEIRA, F.M. **Bambucon - bambu reforçado com microconcreto armado**. 2009. 42 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2009.

NOGUEIRA, J.F.; COSTA, F.H.S.; VALE, P.A.A.; LUIS, Z.G.; SHERWINSKI-PEREIRA, J.E. **Micropropagação de bambu em larga-escala: princípios, estratégias e desafios**. In: *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. Organização Patrícia Maria Drumond, Guilherme Wiedman, 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017.

NUNES, G.M.; SOBRINHO JÚNIOR, A.S.; PASTOR, J.S. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. **Revista Principia**. Divulgação Científica e Tecnológica do FPB, nº 55, João Pessoa, 2021.

OLIVEIRA, A.H.D.; MARREIRO, W.C.; ALMEIDA, I.S.; FARIAS, B.M.; PIRES, R.C.S. **Propriedades do bambu e sua utilização como peças em andaimes na construção civil**. In: PIRES, R.C.; ALMEIDA, I.S.; FARIAS, B.M. (Org.). *Construção Civil: Engenharia e Inovação – Vol. 3*. Rio de Janeiro, RJ: Epitaya, 2019.

OLIVEIRA, L.F.A. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013. 90 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2013.

ORNELLAS, T.S. **Micropropagação do bambu americano *Guadua chacoensis* (Rojas) Londôno & P.M. Peterson**. 2017. 66p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

OSTAPIV, F. **Mechanical tests on Corymbia citriodora battenboard panels coated and reinforced with giant bamboo veneers**. e-ISSN 1983-4063 - [www.agro.ufg.br/pat](http://www.agro.ufg.br/pat) - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 49, e53150, 2019

PAES, J.B. et al. **Caracterização físico-mecânica do laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*)**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 41-51, 2009.

PEDRANGELO, A.C.S.; DIAS, J.L.; EL KATTEL, C.C.L.B.; MOREIRAS, S.T.F. Considerações sobre o material bambu: potencialidades e desafios no Brasil. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá, PR, v. 5, n. 7, p. 288-01, 288-15, 2020.

PEREIRA, M.A.R. **Implantação do Projeto Bambu no assentamento rural Horto de Aimorés (SP)**. In: *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. Organização Patrícia Maria Drumond, Guilherme Wiedman, 1. ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017.

PEREIRA, M.A.R. **Projeto Bambu: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na UNESP/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica**. Relatório FAPESP (2003/04323-7), 2006.

PEREIRA, M.A.R.; BERALDO, A.L. **Bambu de corpo e alma**. 2. ed. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 2016.

PITOL, A.F. **Bambu na construção civil: avaliação no desempenho térmico de edificações sustentáveis**. 2020. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2020.

PRATES, E.M.B. **Morfologia externa e anatomia do colmo de *Dendrocalamus asper* (*Poaceae: Bambusoidene*) em duas localidades no Distrito Federal, Brasil**. 2013. [Dissertação – Mestrado] – Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2013.

QUINTERO, C. A. S.; SILVEIRA, W. J. da C. Desenvolvimento de uma ligação estrutural para construção com bambu guadua. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 98–106, 2016.

RADAIK, C.E. **Cadeia produtiva do bambu com material construtivo e sua aplicação: Estudo de caso no Estado de São Paulo**. 2018. 186p. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

RAO, M.M.; RAO, K.M.; PRASAD, A.V.R. Fabrication and testing of natural fibre composites: Vakka, sisal, bamboo and banana. **Materials & Design**, Volume 31, Issue 1, January 2010, Pages 508-513K.

RUSCH, F.; TREVISAN, R.; HILLING, É.; MUSTEFAGA, E.C. Physical-mechanical Properties of laminated bamboo panels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 49(0), 1-8, 2019.

SANTOS, C.R.B.E.. **A potencialidade do bambu como material de construção civil**. 2021. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SANTOS, N.M.; MADALOSSO, V.M. **Comparativo de diferentes tipos de tratamentos de bambu para uso na construção civil**. *EniEVANGÉLICA*, Anápolis, GO, 2020.

SILVA, R.M.C. **O Bambu no Brasil e no Mundo**. Instituto EU. Rio de Janeiro. 2005.

SINGH, S.R.; SINGH, R.; KÁLIA, S.; DALAL, S.; DHAWAN, A.K.; KÁLIA, R.K. **Limitações, avanços e perspectivas de aplicação de ferramentas biotecnológicas no melhoramento do bambu – uma planta com qualidades extraordinárias**. *Fisiologia e Biologia Molecular Plants*, 19(1): 21-41, 2013.

SÍTIO DA MATA. **Mercado brasileiro de bambu**. 2020. Disponível em: <<https://www.sitiodamata.com.br/mercado-brasileiro-de-bambu>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SMITS, M.A.; PIZZOL, V.D.; CARRASCO, E.V.M. Determinação das propriedades físicas da parede do colmo do bambu. *Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões. Mecânica Experimental*, 2015, Vol. 25, págs. 79-63.

SOBRINHO JÚNIOR, A.S. **Avaliação do efeito de parâmetros microestruturais e de processo de impregnação de fluidos em colmos de bambusa vulgaris**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

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

STAMATIS, D.; GANGYI, T. Decidindo sobre Bambu ou Aço como Material de Construção na China Rural: O Projeto Área X. **ARENA Journal of Architectural Research**, v. 4, n. 1, pág. 1–19, 2019.

TIBURTINO, R.F.; PAES, J.B.; VIDAURRE, G.B.; ARANTES, M.D.C.; ROSA, R.A. Influência do diafragma no tratamento preservativo de duas espécies de bambus por substituição de seiva. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 925-938, jul.-set, 2016.

UBOLSOOK, P.; THEPA, S. Structural Analysis of Bamboo Trusses Structure in Greenhouse. In: 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 (2011).

VALE, A.T.; MOREIRA, A.C.O.; MARTINS, I.S. Avaliação do potencial energético de *Bambusa vulgaris* em função da idade. **Floresta Ambient**. 24, 2017.

VELEZ, S. **Grow your own house** – Simon Velez and Bamboo Architecture. Vitra Design Museum/ZERI/C.I.R.E.C.A., 2019.

WEC; WORLD ENERGY RESOURCES: **Waste to Energy 2016**. Reino Unido: World Energy Council, 2016.

ZEA ESCAMILLA, E., ARCHILLA, HF; NURAMO, D. A.; TRUJILLO, D. **Bambu: Uma Alternativa de Engenharia para Edifícios no Sul Global**. In: Guedes, M. C.; Cantuaria, G. *Arquitetura Bioclimática em Climas Quentes*. Springer, 2019. pág. 397-414.

ZHOU, F.C. Studies on physical and mechanical properties of bamboo woods. **Journal of Nanjing Technology College of Forest Products**, v. 2, p.1-32, 1981.