

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DÉBORAH FERRAZ DA SILVA

LUIZ GUSTAVO FARIA SILVA

ESTUDO DO BAMBU APLICADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ANÁPOLIS / GO

2021

DÉBORAH FERRAZ DA SILVA

LUIZ GUSTAVO FARIA SILVA

ESTUDO DO BAMBU APLICADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, DÉBORAH FERRAZ DA; SILVA, LUIZ GUSTAVO FARIA.

Estudo do bambu aplicado na construção civil.

57P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Bambu

2. Construção Civil

3. Sustentabilidade

4. Métodos Construtivos

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Déborah Ferraz da; SILVA, Luiz Gustavo Faria. Estudo do bambu aplicado na construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 57p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Déborah Ferraz da Silva

Luiz Gustavo Faria Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo do Bambu aplicado na construção civil.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

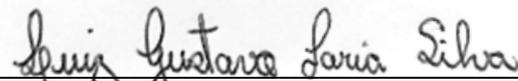
ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Déborah Ferraz da Silva

E-mail: deborahsilva222@gmail.com



Luiz Gustavo Faria Silva

E-mail: luiz.gustavo605@gmail.com

DÉBORAH FERRAZ DA SILVA
LUIZ GUSTAVO FARIA SILVA

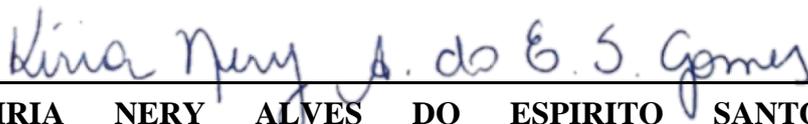
ESTUDO DO BAMBU APLICADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)



KIRIA NERY ALVES DO ESPIRITO SANTO, Mestra
(UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)



ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 03 de DEZEMBRO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que permitiu, que tudo isso acontecesse e nos abençoou para chegarmos até aqui. Agradeço ao apoio dado pela minha família que acreditou em meu potencial de chegar onde estou hoje, e aos professores que estiveram juntos nessa caminhada.

Luiz Gustavo Faria Silva

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por ter me dado saúde para chegar até aqui.

Aos meus pais pelo apoio e incentivo sempre.

A mim por ter persistido e nunca desistido dos meus sonhos, ao Luiz Gustavo por ser uma dupla de trabalho incrível e aos professores e orientadores que contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

E a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Déborah Ferraz da Silva

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

A construção está presente na vida do homem desde o início dos tempos. Com a modernização da Engenharia Civil e o surgimento de novos métodos construtivos tornou-se cada vez mais necessário a busca por processos construtivos que sejam ao mesmo tempo sustentáveis e eficazes com objetivo de minimizar os impactos ambientais e a geração de resíduos, o que fez com que tenha se tornado comum o uso de bambu na construção civil como alternativa a alguns métodos tradicionais. Pensando nisso, o trabalho em questão trata sobre a utilização do bambu na construção civil, evidenciando sua aplicabilidade e vantagens. Para a realização do mesmo contou-se inicialmente com uma pesquisa bibliográfica afim de caracterizar o bambu como planta, evidenciando suas propriedades, manuseio e cultivo e posteriormente descrever sua aplicabilidade na construção civil, vantagens e relatar alguns exemplos desse tipo de aplicação como material sustentável aplicado em construções pelo mundo. Conclui-se que a utilização de bambu é uma cultura que permite a preservação do meio ambiente e assume um papel importante uma vez que além de ser material extremamente renovável, possibilita a diminuição do consumo de madeiras nativas e de forma rápida, é capaz retirar da atmosfera uma grande quantidade de carbono e proteger o solo de erosões.

Palavras Chave: Bambu. Construção Civil. Métodos Construtivos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Construction has been present in the life of man since the beginning of time. With the modernization of Civil Engineering and the emergence of new construction methods, it became increasingly necessary to search for construction processes that are both sustainable and effective in order to minimize environmental impacts and the generation of waste, which caused that the use of bamboo in civil construction as an alternative to some traditional methods has become common. With this in mind, the article in question deals with the use of bamboo in civil construction, showing its applicability and advantages. In order to carry out the same, a bibliographic research was initially carried out in order to characterize bamboo as a plant, showing its properties, handling and cultivation and later describing its applicability in civil construction, advantages and reporting some examples of this type of application as applied sustainable material in buildings around the world. It is concluded that the use of bamboo is a culture that allows the preservation of the environment and assumes an important role since, in addition to being an extremely renewable material, it allows the reduction of the consumption of native woods and, quickly, it is able to withdraw from the atmosphere a lot of carbon and protect the soil from erosion.

Keywords: Bamboo. Civil Construction. Constructive Methods. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção de um colmo de bambu.	18
Figura 2 - <i>Dendrocalamus Strictus</i>	27
Figura 3 - Pergolado de bambu mossô (<i>phyllostachys pubescens</i>).	28
Figura 4 - Plantio doBambu.	28
Figura 5 - Comparativo de gasto energético para a produção de bambu	31
Figura 6 - Pilar de bambu.	33
Figura 7 - Vedação feita de bambu: Sequência de execução.	33
Figura 8 - Telha de bambu.....	34
Figura 9 - Escada de bambu.	34
Figura 10 - Amostras de bambu para ensaio de resistência mecânica.....	36
Figura 11 - Representação esquemática da laje de forma permanente.....	39
Figura 12 - Forma permanente preenchida com concreto.	39
Figura 13 - Andaime de bambu em Hong-Kong.	40
Figura 14 – Fachada da casa de bambu	41
Figura 15 – Parede de adobe com garrafas de vidro encravadas.....	42
Figura 16 – Blocos de concreto para receber os pilares	43
Figura 17 – Furos para introdução da argamassa no interior do colmo	44
Figura 18 – Representação do corte reto	44
Figura 19 – Representação do corte boca de peixe	45
Figura 20 – Representação do corte bico de flauta.....	45
Figura 21 – Parafuso e abraçadeiras utilizados na fixação do colmo.....	46
Figura 22 – Piso do andar superior.....	47
Figura 23 – Tramas de bambu feitas para receber o adobe	47
Figura 24 – Parede finalizada com o adobe.....	48
Figura 25 – Porta de bambu feita de forma artesanal.....	48
Figura 26 – Telha isotérmica.....	49
Figura 27 – Telhas Treta Pak.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Espécies de bambu mais comuns no Brasil.....	17
Quadro 2 - Métodos tradicionais de cura dos colmos de bambu.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, central e topo, com e sem nó do bambu <i>Guandua angustifolia</i>	25
Tabela 2 - Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, central e topo, com e sem nó do bambu <i>Guandua angustifolia</i>	25
Tabela 3 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu <i>Guandua angustifolia</i>	25

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

a.C	Antes de Cristo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BLC	Bambu Laminado Colado
EuroCode	Comitê Europeu de Normalização
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICBO	International Conference of Building Officials
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
MLC	Madeira Laminada Colada
NBR	Normas Brasileiras de Regulamentação
OSB	Chapas de Tiras de Madeira
PVC	Policloreto de Vinila
WB	Madeira Prençada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 METODOLOGIA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	16
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO BAMBU	16
2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO BAMBU	21
2.2.1 Vantagens.....	21
2.2.2 Desvantagens.....	23
2.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA DO BAMBU	24
2.3.1 Propriedades mecânicas.....	24
2.4 PLANTIO E CULTIVO.....	26
2.4.1 Manejo.....	28
2.4.2 Clima e Solo	29
2.4.3 Cura e Secagem	29
2.5 BAMBU COMO SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	30
3 APLICABILIDADE DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	32
4 ESTUDO DE CASO: ECO VILA MÃE TERRA	41
4.1 PROJETO.....	42
4.2 ESTRUTURA	43
4.2.1 Dificuldades encontradas ao decorrer da obra.....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5.1 PROPOSTAS PARA ESTUDO FUTURO NA ÁREA.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia, em especial a Engenharia Civil, é uma das mais antigas ciências praticadas no mundo. É possível comprovar essa afirmativa através das monumentais pirâmides construídas pelos faraós no Egito a cerca de 2.700 anos a.C. muito antes de existir as ferramentas e materiais de construção que são utilizados hoje (PAULI, 2001).

Nesse contexto, pensando no âmbito da construção civil hoje, a engenharia civil é uma das ciências que mais modificam e extraem recursos do meio ambiente, seja de forma direta com desmatamentos para construção, por exemplo, ou de forma indireta, quando adquire material extraído da natureza, como brita por exemplo.

Nas cidades brasileiras os Resíduos da Construção Civil representam de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil (BRASIL, 2005).

Desta forma, em países desenvolvidos a adoção de sistemas construtivos que geram o mínimo de resíduo tem sido uma busca constante, pensar em construção sustentável está se tornando cada vez mais necessário visando minimizar sempre que possível os impactos ambientais provindos da construção civil. Para isso existem diversos caminhos como a gestão dos resíduos da construção ou adoção de materiais sustentáveis, por exemplo.

Pensando na utilização de materiais sustentáveis como alternativa para a minimização de impactos ambientais, está cada vez mais comum a utilização de bambu que há milênios dá forma a construções tradicionais como o Japão e a China, além de ser um material sustentável com propriedades mecânicas e resistência adequada para o uso como material de construção é extremamente eficiente em termos de energia, e ainda alcança grandes alturas e é de rápido crescimento.

Ao contrário da China que é líder na produção e uso dessa gramínea, na indústria brasileira seu uso ainda é pouco explorado estando associado apenas a construções simples, improvisadas e de curta longevidade, ou simplesmente como adorno decorativo ou detalhes de acabamentos (OLIVEIRA, 2006).

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Marçal (2008) é possível perceber que a construção civil atual passa por momentos de transição. As técnicas construtivas e as recuperações de patologias são cada vez mais demandadas e a cada dia surgem novos elementos construtivos para suprir a necessidade

dos proprietários das obras e profissionais responsáveis. A sensação externa de segurança, a durabilidade e resistência são fatores determinantes na escolha do material a ser usado.

O presente estudo se justifica então pela grande demanda de meios alternativos a serem utilizados na construção civil, buscando através de recursos sustentáveis suprir essa necessidade e atender ao mercado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar o bambu como planta, evidenciando suas propriedades, manuseio e cultivo e posteriormente descrever sua aplicabilidade na construção civil, vantagens e relatar alguns exemplos desse tipo de aplicação como material sustentável.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar o processo construtivo, aquisição de matéria prima e mão de obra especializada;
- Avaliar e analisar a padronização da matéria, propriedades mecânicas e suas limitações;
- Demonstrar o uso diversificado em construções de pequeno, médio e grande porte.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesse trabalho é um estudo bibliográfico da aplicabilidade e vantagens da utilização do bambu na construção civil, expressando necessário conhecer suas propriedades e características tanto como planta quanto como material construtivo, assim como suas propriedades e formas de cultivo e manuseio.

Para isso, o estudo em questão foi baseado na pesquisa bibliográfica tendo como fonte de pesquisa, artigos, livros, arquivos virtuais, dentre outros recursos disponíveis. Para Gil (2002) esse tipo de pesquisa bibliográfica é desenvolvido com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos publicados sobre o tema.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho se estrutura da seguinte forma:

Capítulo 1 – É apresentada uma introdução sobre o bambu, abordando algumas de suas características e fator sustentável. Destaca-se neste capítulo, além da introdução, justificativa, objetivos e a metodologia do trabalho.

Capítulo 2 – Estudo Bibliográfico, onde é oferecido o embasamento teórico utilizado na análise dos parâmetros estudados, tal como estrutura do bambu, cultivo, plantio, suas vantagens e desvantagens, propriedades mecânicas e suas utilizações.

Capítulo 3 – O capítulo, apresenta a conclusão do estudo e neste é mencionado como ainda é difícil ter referências normativas para se trabalhar com bambu na construção civil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO BAMBU

A riqueza e a diversidade morfológica dos bambus são a base do conhecimento sobre sua taxonomia, e seu entendimento é crucial para o confiável reconhecimento de espécies. O bambu pode ser dividido em raiz, caule, folhas e inflorescências (PEREIRA, 2012).

Segundo Nogueira (2009) o bambu é um vegetal com mais de 1.000 espécies, das quais diversas já são conhecidas e outras estão sendo estudadas. Conhecido por muitos como a madeira dos pobres, o bambu pertence a subfamília Bambusoideae, da família das Gramíneas que se subdivide em duas tribos, os bambus chamados de lenhosos - Bambuseae e bambus chamados herbáceos – Olyrae (MARÇAL, 2008).

De acordo com Ahmad, (2000), as propriedades físicas e mecânicas do bambu são diretamente relacionadas a espécie, terra, manejo, clima, técnicas de corte, posição dos colmos, idade, umidade, nós e internos e biodegradação. Segundo Pereira (2012) o bambu é uma planta tropical que possui a fase de crescimento acelerada em relação às outras plantas chegando a atingir sua altura máxima de até 40m de 2 a 6 anos. Segundo Oliveira (2006) os colmos de bambu de qualquer espécie podem crescer após alguns meses de germinação, espécies pequenas atingem sua altura máxima em cerca de 30 dias, e espécies grandes podem atingir sua altura máxima por até 180 dias.”.

Segundo Gonçalves (2020), no Brasil existem mais de 200 espécies de bambu e aproximadamente 18 milhões de hectares de florestas nativas da planta estão na Amazônia. As espécies mais difundidas no país são *Bambusa tuldoides* (bambu comum), *Bambusa vulgaris* Schrad (bambu verde), *Bambusa vulgaris* Schrad var. *vittata* (bambu imperial, amarelo), *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) e algumas espécies do gênero *Phylllostchys* sp (cana da Índia). Beraldo (2016) o Brasil possui, atualmente, 36 gêneros e 254 espécies nativas de bambu distribuídas entre a Mata Atlântica (62%), Amazônia (28%) e Cerrado (10%).

Se tratando de uma planta tropical, renovável, produz colmos sem a necessidade de replantio, o bambu apresenta diversas propriedades que o torna apto para o desenvolvimento de produtos que são produzidos com demais madeira e até mesmo a utilização em construções e concreto. O Quadro 1 apresenta a variação de espécies que se pode ser encontrado no Brasil e suas indicações e características.

Quadro 1 - Espécies de bambu mais comuns no Brasil.

Espécie	Indicado para:	Características
<i>Bambusa bambos</i>	Construção; laminado de bambu; polpa e papel; barreira de vento.	Altura dos colmos: 15 - 25m; Espessura da parede: 1 - 1,15cm; Clima: Tropical seco ou úmido; Solo: ricos ou pobres, preferencialmente ácidos.
<i>Babusa blumeana</i>	Construção; laminado de bambu; artesanato; varetas; alimento (broto)	Altura dos colmos: 15 - 20m; Espessura da parede: 1 - 1,5cm; Clima: Tropical; Solo: ricos-pobres.
<i>Bambusa vulgaris</i>	Construção; polpa e papel; cercas; móveis; andaimes; artesanato.	Altura dos colmos: 15 - 25 m; Espessura da parede: 7 - 15 mm; Clima e solo: variedade de clima e solo, até 1500m de altitude.
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Muito usado para construções e para confecção de laminados; polpa e papel; utensílios e alimentos.	Altura dos colmos: 24 - 40m; Espessura da parede: parede espessa 1 - 3cm; Clima e solo: tropical úmido; regiões subtropicais; preferencialmente solos ricos.
<i>Guadua angustifolia</i>	Muito usados para construção de casas de baixo custo.	Altura dos colmos: até 30m Espessura da parede: 1,5 - 2cm Clima: Tropical Solo: Médios a ricos, cresce ao longo de rios ou colinas.
<i>Phyllostachys pubescens</i>	Material de construção; alimento; implementos agrícolas; utensílios domésticos.	Altura dos colmos: 10 - 20m; Espessura da parede: Média; Clima: Temperado; Solo: Rico em matéria orgânica.

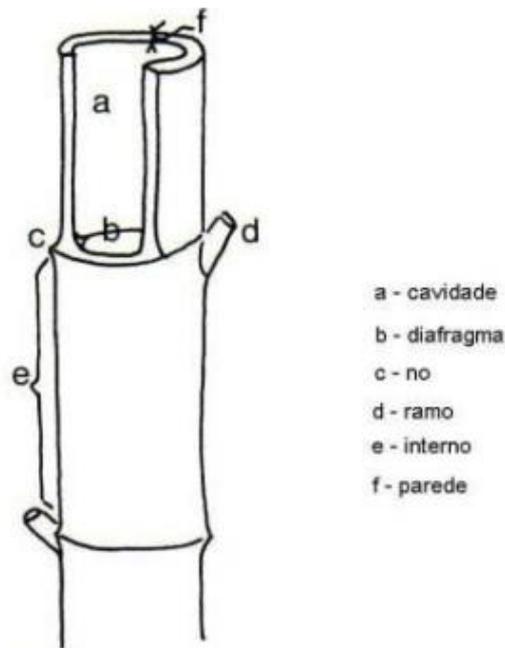
Fonte: PEREIRA; BERALDO, 2016. Quadro adaptado do texto.

A parte aérea do caule, como em todas as gramíneas, é denominada colmo. Os colmos são formados por nós, entrenós e gemas e apresentam rica diversidade de forma, podendo ser sólidos, fistulosos ou medulosos, eretos, arqueados, apoiantes ou escandentes. Podem ter desde poucos milímetros até dezenas de centímetros de diâmetro. Suas paredes podem ser delgadas e frágeis ou espessas e rígidas (PEREIRA, 2001). Podem ser cilíndricos, sulcados ou levemente achatados, e a cor varia de tons de verde ao vináceo, passando pelo castanho e o amarelado, a superfície pode ser lisa, papilosa, áspera ou estriada, o comprimento relativo dos entrenós ao longo do colmo e a morfologia da região nodal também são variáveis, sendo suas características de grande utilidade para o reconhecimento das espécies, os padrões de ramificação dos colmos variam enormemente e são também muito utilizados para o reconhecimento de gêneros e espécies (PEREIRA; BERALDO, 2007).

A parte externa da planta, que é denominada como colmo e consiste no tronco da planta, faz com que o bambu seja definido como uma planta lenhosa, monocotiledônea do grupo das angiospermas (MARÇAL, 2008). Devido ser constituído de fibras dispostas ao longo da direção longitudinal ao colmo, o bambu se torna muito resistente a tração, podendo em diversos casos, substituir o aço no concreto armado (SOUZA, 2002). Além disso, ele é composto por

rizoma e raízes, que se desenvolvem e se deslocam horizontalmente, expandindo a área de alimentação e o próprio vegetal onde surgem novos brotos nos rizomas, ampliando seu tamanho (RIBAS, 2010). A Figura 1 ilustra a seção de um colmo.

Figura 1 - Seção de um colmo de bambu.



Fonte: PEREIRA, 2001.

O colmo é caracterizado por possuir forma cilíndrica, conforme, Figura 1, além de possuir uma estrutura constituída de nós ocios onde nascem os galhos e folhas, responsáveis por garantir rigidez à planta assim como resistência e flexibilidade aos colmos (PEREIRA, 2001). E, em virtude da composição estrutural, os colmos de bambu exibem resistência mecânica elevada, flexibilidade e leveza. Essa composição varia com a espécie e diâmetro dos colmos (FLUENTES *et al*, 2011).

Segundo Koichiro Ueda (1998 citado por HIDALGO-LÓPEZ, 2003), o período de crescimento de um colmo, desde o momento em que emerge do solo até adquirir sua altura total, é de 80 a 110 dias nas espécies do grupo paquimorfo e de 30 a 80 dias nas espécies do grupo leptomorfo. Em condições normais e na época de maior desenvolvimento, o crescimento médio, em 24 horas, é de 8 a 10 cm e, em alguns casos, de 38 a 40 centímetros, com recordes observados de até 121 cm (*Phyllostachys reticulata*), relatados em Kyoto, Japão, em 1955. Após o período inicial de crescimento, o colmo começa o período de amadurecimento, que dura cerca de três a quatro anos para a maioria das espécies, quando então suas propriedades de resistência

mecânica se estabilizam (PEREIRA; BERALDO, 2007). A vida útil dos colmos varia de acordo com a espécie; aos 12 anos, em média, o colmo morre, ficando seco e esbranquiçado como, por exemplo, a espécie *Guadua angustifolia*, que inicia sua diminuição de resistência mecânica no 23 período entre sete e oito anos, recomendando-se assim, que não seja usada a partir do sexto ano (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

A estrutura anatômica do colmo é a base do entendimento das propriedades físicas e mecânicas do bambu e de seu comportamento estrutural (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). O colmo é constituído externamente por duas camadas de células epidermes, cobertas por uma camada cutinizada, com concentração de sílica, material que confere muita resistência ao colmo e lhe serve de proteção, na natureza, contra os ataques de animais e exposição mecânica. Isso, porém, é prejudicial a ferramentas de corte, por desgastá-las com facilidade (JANSSEN, 2000).

Os componentes mais relevantes dos colmos de bambu são os feixes vasculares que são envoltos por células de parênquima. Um feixe vascular é aumentado 80x, para mostrar o feixe fibrovascular (1), xilema (2), cordão de esclerênquima (3), espaço intercelular (4) e o floema (5) (AHMAD, 2000).

O tecido parenquimatoso estende-se pela maior parte do bambu, em média exibem-se na proporção de 52% (MARINHO *et al.*(2014)). Ele envolve os feixes fibrovasculares, e uma pequena parte atravessa os feixes. No colmo de bambu a proporção de parênquima na base é cerca de 60% e aproximadamente de 40% no topo, aumentando gradualmente desde a camada externa até a camada interna. A função do tecido é armazenar água e nutrientes.

As células do parênquima formam o tecido de armazenamento da planta e podem conter significativa quantidade de amido. Segundo Marinho *et al.*(2014) o teor de água do colmo é mais elevado na base do que no topo. Isso ocorre devido à diferença de quantidade de parênquima presente nessas regiões. A capacidade de reter água do colmo também varia com a posição longitudinal e está correlacionada com a quantidade de parênquima existente em cada posição.

Dentre as funções do parênquima, ressalta-se o armazenamento de grânulos de amido, os quais oferecem energia necessária para o desenvolvimento dos colmos, (AZZINI *et al*, 2000).

Esse tecido é composto por células vivas que são constituídas apenas parede primária, e explodem durante a perda de água, camuflando assim os resultados da retratibilidade (variação dimensional). A baixa estabilidade dimensional atribuída ao bambu está relacionada a quantidade deste tipo de tecido (PEREIRA; BERALDO, 2008). Além disso, o bambu detém uma estrutura anatômica que lhe fornece resistência mecânica e flexibilidade por consequência

das altas concentrações de fibras na região externa e, também, pelas altas concentrações de vasos e células de parênquima na região interna (MARINHO *et al.*(2014)

A celulose, que constitui cerca de 55% da matriz vegetal, é um polímero formado por monômeros de β -(1 \rightarrow 4) - D-glicopiranosose dispostos em uma conformação linear (ABDUL KHALIL *et al.*, 2012). Forças intermoleculares formam as cadeias de celulose, resultando nas microfibrilas, que constituem as fibras. As microfibrilas podem exibir uma estrutura cristalina, quando as hidroxilas das cadeias realizam ligações de hidrogênio umas com as outras de forma extremamente ordenada, ou podem exibir uma estrutura amorfa quando estas hidroxilas estão dispostas de forma desordenada. Assim, a disposição dos grupos hidroxilas nas microfibrilas é um fator determinante resistência mecânica da estrutura (YOUSSEFIAN *et al.*, 2015).

A lignina compõe cerca de 25% da matriz vegetal, contribuindo também para a resistência e dureza acentuada do bambu, tendo concentração variada de acordo com os tipos e funções das células. Dependendo da forma como estão dispostas, podem gerar tipos de lignina com estruturas diferentes, sendo todas amorfas e hidrofóbicas, com variação em suas propriedades físicas (PENG *et al.*, 2012). A hemicelulose é um polímero formado por monossacarídeos contendo de 5 a 6 carbonos. É composto por a glicose, xilose, arabinose, galactose e manose (JI *et al.*, 2013)

Possui estrutura composta por uma cadeia ramificada e ausente de cristalinidade, localiza-se na parede celular primária, se interligando por pontes de hidrogênio nas microfibrilas de celulose, unindo-as (JI *et al.*, 2013).

A matriz vegetal da fibra é composta por celulose, hemicelulose e lignina, e por quantidades inferiores de substâncias como proteínas, cinzas, pectina, lipídios, ácidos fenólicos e pigmentos. Estes constituintes em maior quantidade estão presentes em todas as células da matriz vegetal. A célula vegetal é envolta por uma parede celular primária e é desenvolvida uma parede secundária que imprime uma maior resistência a célula (YOUSSEFIAN *et al.*, 2015).

Suas fibras por sua vez, são constituídas de lignina e silício, onde a lignina é responsável pela atribuição de flexibilidade e resistência, rigidez e impermeabilidade ao bambu enquanto o silício resistência mecânica ao material (SOUZA, 2002).

Vale ressaltar ainda, que mesmo submetido a um ambiente desfavorável consegue se restaurar rapidamente, devido a sua boa resistência.

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO BAMBU

2.2.1 Vantagens

Segundo Janssen (2000), o bambu não tratado pode apresentar uma vida útil entre um e três anos quando utilizado em áreas abertas; em contato com o solo, de quatro a seis anos quando em áreas cobertas e de livre de contato com solo; e entre 10 e 15 anos, quando utilizado em áreas cobertas em excelentes condições.

Sintetizando tudo que foi relatado sobre os bambus, pode-se dizer que há sete pontos principais a serem destacadas de forma favorável para a utilização do bambu na construção civil: Alta resistência à tração - Devido às características genótípicas de formação do bambu, seu arranjo intra-molecular e consequente estruturação compositiva, as fibras nele existentes e de grande predomínio o tornam um material com características de resistência à de tração mecânica de níveis comparados à compostos e compósitos sintéticos de alta tecnologia. Esta gramínea submetida à testes de resistência em várias pesquisas distintas teve ratificada a sua importância e seu valor como material de grande confiabilidade e ampla utilização no ramo da construção civil (GÓES, 2011).

Boa resistência à compressão - Apesar da resistência à compressão ser em média quase um terço da resistência à tração, os valores para esta característica do bambu são relativamente satisfatórios. Além da composição física, a forma geométrica dos colmos favorece a sua estabilidade estrutural. Por ter a forma de um tubo de seção circular, o centro de gravidade se mantém estável em uma posição, os nós em sequência combatem a tendência à flambagem, e quanto mais retilíneo for a peça de bambu, menor será esta tendência à flambagem. Por isso os colmos escolhidos para serem utilizados como elementos a sofrerem forças de compressão não devem ter desvios ou curvaturas ao longo de seu corpo e caso tenham devem ser mínimas (GHAVAMI; MARINHO, 2001).

Leveza - A densidade dos bambus é outra característica que apresenta grande variação, inclusive em uma mesma espécie. Mas devido à sua composição e geometria, o bambu tem uma relação entre resistência e massa específica altamente vantajosa quando comparado a materiais de resistência similar. A resistência específica do bambu é comprável à do aço, porém com uma densidade quase noventa por cento menor (PEREIRA, 2001).

Flexibilidade - Associado à sua resistência, a flexibilidade do bambu amplia ainda mais a sua gama de possíveis usos. Estruturas, peças, componentes submetidos a esforços e

movimentações constantes e que necessitam de uma resiliência maior, podem encontrar no bambu uma opção de resultados satisfatórios, com um material leve e de baixo custo. Por isso o bambu é usado amplamente para finalidades construtivas diversas e outras aplicações, principalmente na Ásia (VASCONCELLOS, 2000).

Material alternativo e ecologicamente correto - Como uma alternativa eficiente e eficaz ao substituir madeiras nobres, o uso do bambu supre praticamente todos os campos de utilização das madeiras comuns, até mesmo em casos onde são necessárias peças muito robustas ou de grande porte. Lâminas de bambu podem ser trabalhadas e coladas formando uma peça única composta de várias tiras coladas e prensadas, dando ao final um aspecto monolítico nas medidas desejadas, tão resistente e durável quanto uma peça sucupira (*Pterodon emarginatus*). Um exemplo é o piso maciço de laminas de bambu, que é usado da mesma forma que os assoalhos de jatobá, ipê, dentre outros. O bambu contribui também para a retirada da atmosfera de toneladas de dióxido de carbono, pois consome este gás em grandes quantidades, principalmente durante seu desenvolvimento (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Rápido crescimento, Segundo Judziewicz *et al* (1999), assim como todas as gramíneas, o crescimento do bambu se destaca no reino plantae por ter uma velocidade diferenciadamente superior à de outras plantas. Com cerca de um ano de idade o bambu completa seu crescimento e começa a maturação até completar um pouco mais de três anos. Todos os bambus possuem esta característica de crescimento rápido, e há algumas espécies que se destacam ainda mais pelo crescimento inigualável em um curto período. Há registros na literatura referente ao assunto que informam crescimentos de mais de um metro em um período de vinte e quatro horas. Existem algumas espécies de bambu que já podem ser colhidas e utilizadas aos três anos de idade, e com características semelhantes de resistência e durabilidade à madeiras que precisariam de mais do dobro do tempo para serem cortadas (AZZINI *et al.*, 1981).

Alta produtividade - O manejo adequado de um bambuzal pode torná-lo altamente produtivo por até um século, uma vez que não são cortados todos os colmos, sendo este tipo de extração também alto-sustentável (MOREIRA, 2011). Segundo Ghavami *et al* (2003), a energia consumida para se produzir um metro cúbico de bambu é cinquenta vezes menor que a energia gasta para produzir o mesmo volume de aço, e oito vezes menor para produzir o mesmo volume de concreto. Ou seja, com uma mesma quantidade de energia pode-se ter um volume muito maior de um material que, além desta vantagem, causa um impacto mínimo em sua produção. Estas características também aumentam o caráter de material ecologicamente correto do bambu.

2.2.2 Desvantagens

Apesar de possuir muitas vantagens em relação à materiais similares e equivalentes, o bambu, assim como seus concorrentes, também apresenta algumas desvantagens e pontos fracos, destacados a seguir.

Tratamento e cuidados - o bambu precisa receber tratamentos pré-uso para garantir sua maior vida útil e durante o uso são necessários cuidados para manutenção de sua integridade plena. Mesmo com os tratamentos aplicados, deve-se evitar a exposição excessiva à umidade, pois como é uma matéria prima de origem vegetal, pode absorvê-la facilmente. Recomenda-se também evitar a exposição à variações bruscas de temperatura e fontes intensas de calor que podem desencadear fissuras ou rachaduras ao longo do colmo (GHAVAMI, 2003).

Inflamabilidade - Outra característica negativa do bambu é que ele pode ser consumido pelo fogo com muita rapidez, principalmente se estiver com teor de umidade interna reduzido. Suas características geométricas também facilitam a proliferação de chamas, que por ter cavidades ocas, em determinado ponto as labaredas queimam externa e internamente (LUDWIG; SOUZA, 2019).

Grande variação de formas e resistência - As características de resistência e de durabilidade têm uma variação com amplitude muito extensa, sendo influenciadas por diversas condicionantes, tais como característica do solo local, tipo de clima predominante, teor de umidade interna, idade e nível de maturidade do colmo e a variedade do bambu. Mesmos bambus da mesmas espécies podem apresentar características de resistência e de durabilidade com amplitudes maiores que cem por cento. Outra característica que pode comprometer sua utilização em alguns casos é o fato de que os colmos dos bambus não são 100% retilíneos e a distância entre os nós é variável, não permitindo assim uma modulação adequada (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999).

Baixa resistência a forças cortantes - Outro ponto frágil dos bambus é a resistência a esforços ortogonais às fibras, que é bastante reduzida, ou seja, quando uma força cortante é aplicada, há grande tendência de rompimento do elemento, paralelamente às fibras (GHAVAMI; MARINHO, 2001). Portanto não é indicado o uso do bambu em casos que haja este tipo de solicitação mecânica.

2.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA DO BAMBU

Segundo Marçal (2008), secretário Executivo da Associação Brasileira de Produtores de Bambu, quando comparados os valores médios de resistência à tração do material sobre o peso próprio, percebemos que o bambu é capaz de suportar o equivalente e, em alguns casos, até uma carga maior que o aço.

As propriedades mecânicas do bambu estão ligadas à sua resistência quando submetido a esforços solicitantes, que por sua vez podem sofrer influência de fatores como espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas ou época da colheita, o que atribui à planta uma boa resistência quanto à compressão, torção, flexão e tração (MAIA, 2012).

Segundo Maia (2012), peças curtas de bambu são capazes de suportar tensões de compressão superiores a 50 MPa, além de possuir 1/3 do valor de densidade do concreto, de 2 Kg/dm³, se mais eficiente que o mesmo.

No que diz respeito aos esforços de tração, no geral a resistência pode variar entre 40 MPa e 215 MPa algumas espécies da planta essa resistência pode atingir até 370 Mpa. Devido a resistência à tração ser de 2,5 a 3,5 vezes maior que a resistência obtida em ensaios de compressão, o bambu torna-se um potencial substituto para o aço. Seu módulo de elasticidade, por sua vez, varia entre 5,5 GPa e 18 GPa (MAIA, 2012). Maia (2012) afirma ainda, que à resistência do bambu a flexão mostraram um resultado em torno 30 MPa e 170 MPa.

Por outro lado, o ponto fraco do bambu está no cisalhamento devido suas fibras serem unidas umas as outras unicamente por elementos naturais colantes e o descolamento das fibras serem iniciados com baixos valores de tensões (MAIA, 2012).

2.3.1 Propriedades mecânicas

Ghavami (1989), indica que os principais fatores que podem influenciar as características mecânicas do bambu são: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, período de colheita, teor de umidade das amostras, localização das mesmas em relação ao comprimento do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras testadas e tipo do teste aplicado. Ghavami (2001), realizou testes de compressão, tração e cisalhamento em corpos de prova de bambu da espécie *Guandua angustifolia*, segundo a Tabela 1, Tabela2 e Tabela 3:

Tabela 1 - Resistência à compressão, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, central e topo, com e sem nó do bambu *Guandua angustifolia*.

Parte do Bambu	Resistência a Compressão em (MPa)	Módulo de Elasticidade-E (GPa)	Coefficiente de Poisson μ
Base com nó	25,27	9	0,56
Base sem nó	28,36	14,65	0,27
Centro com nó	28,36	12,15	0,18
Centro sem nó	31,77	12,25	0,36
Topo com nó	31,77	15,80	0,33
Topo sem nó	25,27	11,65	0,36
Valor médio	29,48	12,58	0,34
Variação	25,27 - 34,52	9 - 15,80	0,18-0,56

Fonte: Ghavami e Marinho, 2001

Tabela 2 - Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, central e topo, com e sem nó do bambu *Guandua angustifolia*.

Parte do Bambu	Resistência a Tração em (MPa)	Módulo de Elasticidade-E (GPa)	Coefficiente de Poisson μ
Base com nó	69,88	15,70	0,19
Base sem nó	93,38	16,25	-
Centro com nó	82,62	11,10	0,25
Centro sem nó	95,80	18,10	-
Topo com nó	64,26	8,0	0,33
Topo sem nó	115,84	18,36	-
Valor médio	86,96	14,59	0,26
Variação	64,26 - 115,84	8,0 - 18,36	0,19 - 0,33

Fonte: Ghavami e Marinho, 2001

Tabela 3 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu *Guandua angustifolia*.

Partes do Colmo		Tensão de cisalhamento τ (MPa)
Base	Com nó	1,668
	Sem nó	2,198
Centro	Com nó	1,433
	Sem nó	2,272
Topo	Com nó	2,113
	Sem nó	2,421
Valor Médio		2,017

Fonte: Ghavami e Marinho, 2001

Por possuir uma disposição de fibras unidas ao longo de seu eixo, o bambu tem boa resistência quando submetido à força de torção. Porém, é necessário que seja feito um tratamento correto de suas fibras para que as mesmas não se desloquem na camada externa, e prejudiquem a resistência do bambu à torção (BERALDO *et al.*, 2003)

2.4 PLANTIO E CULTIVO

Segundo Barbalho e Silva (2018) o cultivo do bambu é simples, podendo ser através do plantio de sementes ou mudas, uma vez que respeite um espaçamento considerável para não manter as mudas muito próximas umas da outra. Embora o ideal seja o cultivo no período chuvoso, o bambu se adapta em diversos climas, sendo, porém, típico de locais tropicais, conforme mencionado.

O plantio do bambu pode ser feito a partir de sementes (reprodução sexual) e por meio de propagação assexual, ou seja, a partir de partes da planta mãe (GUILHERME; RIBEIRO; CEREDA, 2017). No entanto, o plantio por semente é muito difícil de ser realizado, pois o ciclo de floração das espécies de bambu é muito irregular, o que dificulta a colheita, além das sementes possuírem pouca viabilidade. Desta forma, a propagação assexual é o principal método de reprodução dos bambus e pode ser feito a partir de rizomas ou porções do colmo (OLIVEIRA, 2006).

O plantio dos bambus deve ser realizado nas primeiras horas da manhã, de preferência em locais sombreados, com altitudes de 40m até 2400m, em terrenos planos ou com suaves ondulações, além disso, ele pode ser plantado integrado com espécies de sub-bosque e agrícolas (GUILHERME; RIBEIRO; CEREDA, 2017). Para as espécies entouceirantes é indicado fazer o plantio na época das chuvas, já para as alastrantes, o período de seca é melhor (AZZINI *et al.*, 1997).

Nos bambus, os métodos de propagação vegetativa variam de acordo com a espécie, sendo os mais utilizados: segmentos nodais de ramos laterais, divisões de rizomas, parcelas do colmo, bem como, os métodos colombianos que utilizam brotações dos rizomas, chamadas chusquines, comum na propagação vegetativa de *Guadua angustifolia* (ORNELLAS, 2017).

Sua extração do bambu deve ser feita entre 3 a 6 anos, o corte do colmo deve ser feito com material apropriado para não danificar, e com distâncias de 20 a 30 cm do solo, é indicado que ele seja feito perto do nó, evitando que acumule água e insetos, já os galhos presentes devem ser retirados com serra cegueta, para que não afete a estrutura (SOUZA, 2002). No Brasil, país de clima tropical, é recomendada que a extração seja feita no inverno, pois no verão a ocorrência de chuva é mais frequente e a umidade concentrada nos colmos é muito grande tornando os troncos mais pesados e difíceis de carregar.

O tratamento para utilização, deve ser feito com o intuito de preservar as varas de bambu e pode ser feito de modo natural que pode ser feito com a cura na própria mata, por

aquecimento ou por imersão ou por tratamento químico, entretanto, o processo químico é mais eficiente e pode aumentar a vida útil do material em até 15 anos (BARBALHO; SILVA, 2018).

São várias as espécies de bambu. As mais adequadas são as que alcançam envergadura superior a 20 metros de altura, pois os colmos retratam as condições ideais. *Taquaruço*, *Dendrocalamus* e *Phyllostachys Pubescens* mais conhecido como *Bambu Mossô*, são algumas das mais indicadas para o uso estrutural na construção civil (SOUZA, 2002).

Ao contrário da madeira, o bambu possui uma superfície externa dura e outra interna tenra e de acordo com Dunkelberg (1985), após aproximadamente os três primeiros anos de crescimento as células dos colmos começam a lignificar e formar silicato vagarosamente. A estrutura de célula lignificada do tecido e as propriedades tecnológicas do bambu são muito similares às da madeira (DUNKELBERG, 1985).

A Figura 2 ilustra a espécie de bambu *Dendrocalamus Strictus*.

Figura 2 - Dendrocalamus Strictus.



Fonte: FONSECA, 2012.

A Figura 3 ilustra outro tipo de bambu utilizado para a fabricação de um pergolado, o *Phyllostachys Pubescens*.

Figura 3 - Pergolado de bambu mossô (*phyllostachys pubescens*).



Fonte: ANJOS, 2003

2.4.1 Manejo

Segundo Greco e Cromberg (2011), o manejo é fundamental para garantir a longevidade e boa produção do bambuzal. Recomenda-se que, a partir do quinto ano de plantio, sejam extraídos colmos que brotaram no primeiro e segundo ano após o plantio, varas que já devem estar maduras para serem utilizadas, a Figura 4 demonstra um colmo extraído e seus brotos.

Figura 4 - Plantio doBambu.



Fonte: Cultura Mix, 2021

Conforme Greco e Cromberg (2011), as fases de vida do colmo podem ser divididas em:

- Brotos: colmos recém gerados.
- Colmos jovens: de 6 meses a 3 anos de idade.
- Colmos maduros: de 3 a 10 anos de idade.

2.4.2 Clima e Solo

Dependendo da espécie do bambu se tem um melhor aproveitamento em regiões de alta temperatura, sendo a melhor época de plantio na primavera onde seus brotos estão em desenvolvimento. No Brasil país de clima tropical o bambu se desenvolve com facilidade em qualquer região. De acordo com (GRAÇA ,1998), caso o plantio seja feito em condições impróprias, pode haver grandes consequências, como queimaduras nas folhas, falha no crescimento da planta, e até mesmo a morte dos rizomas. Em contrapartida, o bambu não é tão exigente em relação a fertilidade do solo. Mesmo assim, é possível melhorar a qualidade do solo e do plantio através de procedimentos agronômicos adequados (PEREIRA e BERALDO, 2016).

É mais indicado plantar os bambus em locais com temperaturas altas, que promovem o crescimento dos bambus. Já temperaturas baixas inibem o seu crescimento, exceto para alguns bambus do gênero *Phyllostachys*, e outros nativos de clima temperado, que se desenvolvem bem em climas frios, suportando temperaturas de até -15°C . É importante salientar que a maioria das espécies se adapta bem ao clima tropical, com bom desenvolvimento entre 8°C e 36°C e precipitações iguais ou superiores a 1.200 mm anuais (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Segundo Maoyi e Banik (1995), fertilizantes orgânicos podem ser aplicados durante o inverno ou épocas mais secas, enquanto fertilizantes inorgânicos podem ser usados durante o início da primavera e final do verão, ou durante a estação mais chuvosa.

2.4.3 Cura e Secagem

A cura do bambu é uma etapa importante de sua colheita que define sua resistência e vida útil. Para melhor aproveitamento do bambu, como material de construção, Pereira e Beraldo (2016) dizem que é necessário que os colmos sejam designados para um tratamento, em função de deixá-los mais resistentes à ataques xilófagos (insetos que se alimentam de madeira). Sendo eles tratamentos tradicionais (QUADRO 2) e tratamentos químicos.

Quadro 2 - Métodos tradicionais de cura dos colmos de bambu.

CURA OU MATURAÇÃO NA MATA	Em posição vertical na touceira, devem ser mantidos os colmos com folhas e ramos para que continue o processo de assimilação da seiva, reduzindo o teor de amido no colmo. Se colocado em contato ao solo, não apresenta efeito sensível sobre a durabilidade do colmo.
CURA POR IMERSÃO EM ÁGUA	Tem duração de quatro a sete semanas. Os colmos devem ser submersos em água corrente ou estagnadas, afim de diminuir ou eliminar o amido resistente; deve se ressaltar que, se em longo tempo em águas estagnadas, pode surgir manchas ou até mesmo larvas de insetos no bambu.
CURA PELA AÇÃO DO FOGO	Os colmos recentemente cortados são submetidos ao aquecimento diretamente no fogo, eliminando a seiva por exsudação com o esquentamento, altera-se o amido quimicamente. Desta forma, o bambu não se torna tão atrativo ao caruncho.
CURA PELA AÇÃO DA FUMAÇA	Semelhante a defumação de alimentos. Muda-se o sabor do colmo e aumenta sua expectativa util.

Fonte: PEREIRA; BERALDO (2016)

2.5 BAMBU COMO SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL

O bambu pode ser apontado como uma real fonte sustentável, já que une três pilares da sustentabilidade: ambiental, social e econômico. Esse material é tido como uma das maiores fontes renováveis de biomassa, podendo ser um substituto para a madeira (MARINHO, 2012). Os compósitos de laminados de bambus podem ser considerados compósitos fibrosos reforçados por fibras contínuas e podem ser produzidos tanto de maneira unidirecional quanto bidirecional (NETO; PARDINI, 2006).

As fibras do bambu têm potencial para uso em compósitos de matriz polimérica com ou sem adição de cargas minerais, passando ou não por tratamentos superficiais, concorrendo com fibras usualmente utilizadas como: linho, sisal e curauá, na produção de produtos para as indústrias automotivas, aeroespacial, eletroeletrônica, náutica, embalagens, dentre outras (TOMBOLATO, 2012)

O bambu possui particularidades distintas dos demais vegetais. Segundo Ribeiro (2005, p. 5)

O bambu é parte integrante das tradições culturais, sociais e econômicas de várias sociedades, onde cerca de 2,5 bilhões de pessoas dependem de alguma forma do bambu na sua vida cotidiana, sejam na forma de utensílios domésticos, como na utilização de produtos derivados do bambu. Em contrapartida, as comunidades

vêm, ao longo dos anos, conservando e protegendo o bambu, sendo detentores de um vasto conhecimento e habilidade relacionados a propagação processamento e utilização do bambu.

Logo, devido sua propriedade de crescimento acelerado o bambu se tornou um dos recursos naturais com menor tempo de renovação em comparação com as demais espécies florestais em relação a velocidade de crescimento e aproveitamento por área. Desta forma, o bambu pode ser utilizado em reflorestamentos, como um protetor e regenerador ambiental, na recomposição de matas ciliares, bem como pode ser empregado em diversas aplicações ao natural ou após sofrer um adequado processamento (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Segundo Pauli (2001) o bambu é um eficiente fixador de carbono, ao passo que converte o carbono através da fotossíntese em celulose, além de possuir fibras longas e fortes e elevada resistência mecânica. Além disso, em relação a produção a planta ainda possui um baixo gasto energético em relação aos demais materiais conforme Figura 5.

Figura 5 - Comparativo de gasto energético para a produção de bambu



Fonte: BARBALHO; SILVA, 2018

No Brasil o bambu ainda é pouco utilizado para fins mais nobres, uma vez que é mais comum encontrá-lo em aplicações tradicionais, como artesanato, vara de pescar, fabricação de móveis, e na produção de brotos comestíveis.

3 APLICABILIDADE DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O colmo de 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 (ZEA ESCAMILLA *et al.*, 2019).

Por exemplo, a Norma Técnica Peruana de Construção com Bambu E100 (2012), normatiza que colmos destinados para esta finalidade devem ser maduros, colhidos entre 4 a 6 anos de idade, não apresentar uma deformação inicial do eixo maior que 0,33% da longitude do elemento e as peças também não devem apresentar uma conicidade maior que 1% e fissuras que ocupem mais de 20% do comprimento do colmo.

O bambu é um material com grande possibilidade de utilização no setor da construção, tanto diretamente como também combinado com outros materiais, (BERALDO, 2016). Em seus estudos, Peng (2012), diz que é claro o potencial que o material tem, sendo que o apoio ao emprego do material em larga escala por políticas públicas, tem capacidade de reduzir significativamente os custos da construção civil, gerando renda e emprego com a sua cadeia produtiva.

Conforme mencionado, o bambu é um material renovável, de crescimento rápido e com ótimas propriedades físicas e mecânicas, logo, são inúmeras as opções de utilização da planta na construção civil. Suas propriedades estruturais do bambu em relação a resistência e rigidez, quando tratadas de forma correta, superam as madeiras e o concreto, podendo ser comparadas ao aço (MARÇAL, 2008).

Para Marçal (2008), são diversas as aplicações do bambu na construção civil e qualidade das estruturas relaciona-se às técnicas construtivas destinadas a este material. Dentre as formas de utilização do bambu cita-se: pilares, vedações, telhas, escadas, painéis, cimento de bambu e bambucon.

De acordo com Marçal (2008) na execução de pilares de bambu, a planta deve sempre uma distância do solo para evitar o contato direto das peças com a umidade do terreno, que pode causar o aparecimento de fungos, aumentar a umidade interna e diminuir a resistência do material (MARÇAL, 2008).

Para isso, são construídas bases de concreto (blocos) que isolam as varas de bambu do solo e protegendo da umidade, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Pilar de bambu.



Fonte: MARÇAL, 2008

Para Maia (2012) o bambu pode ser utilizado como vedação em forma de painéis, que por sua vez, são constituídos de varas verticais ou ripas. Ademais esse tipo de vedação feita de bambu, possui grande flexibilidade além de ser de fácil execução e passível de futuras ampliações. Outro fator importante a respeito dos painéis de vedação de bambu, é que os mesmos podem ainda, receber revestimento interno e externo conforme Figura 7.

Figura 7 - Vedação feita de bambu: Sequência de execução.



Fonte: MAIA, 2012

O bambu também pode ser utilizado na construção de telhas, conforme ilustrado na Figura 8. Para esse método é necessário que as varas sejam dispostas uma sobre a outra e amarradas com arame galvanizado, evitando que o vento as tire do lugar (MAIA, 2012).

Figura 8 - Telha de bambu.



Fonte: MAIA, 2012

Segundo Maia (2012) o bambu também pode ser utilizado para confecção de escadas, assim como as telhas, as escadas de bambu devem ser amarradas umas nas outras através de elementos metálicos, fibras naturais, etc., para garantir a estabilidade e segurança. As escadas feitas de bambu são apoiadas em estruturas de outros materiais, geralmente de concreto, propiciando um menor contato com o solo, conforme Figura 9.

Figura 9 - Escada de bambu.



Fonte: MAIA, 2012

O bambu também pode ser utilizado para reforçar as matrizes cimentícias gerando produtos de larga aplicação na construção civil, já que se trata de um material que possui propriedades de longa duração (ANJOS, 2003).

O bambucon trata-se de um processo misto onde se utiliza o bambu como matéria prima associado ao microconcreto armado para auxiliar no reforço. O bambucon é econômico e fácil de ser adquirido (NOGUEIRA, 2009).

As vigas de Bambu Laminado Colado (BLC), partem do mesmo princípio da Madeira Laminada Colada (MLC). As vigas de MLC são produzidas por meio da aglutinação de lâminas de madeira, com o objetivo de eliminar os pontos fracos naturais do material, oferecendo dessa forma uma solução mais resistente.

De acordo com Góes (2011) a MLC é vista internacionalmente como excelente material para aplicação estrutural, o motivo do sucesso está relacionado com o avanço na tecnologia dos adesivos e o grande potencial madeireiro gerado pelas espécies de reflorestamento. As formas obtidas para o elementos estruturais podem ser retas ou curvas, com as fibras das lâminas paralelas ao eixo longitudinal do elemento produzido. As lâminas precisam ter espessura compatível com a altura e a curvatura final da peça, mas podem ter comprimento qualquer e também serem solidarizadas lateralmente para alcançar maior largura. A MLC se adapta a uma grande variedade de formas e apresenta alta resistência a solicitações mecânicas em função de seu peso próprio relativamente baixo. Sua fabricação pode ser realizada em seções transversais e comprimentos geralmente limitados por aspectos relacionados ao transporte.

Gonçalves (2000) realizou ensaios onde foram utilizados colmos de bambu da espécie gigante (*Dendrocalamus Giganteus*), com no mínimo 3 anos de idade. Os colmos tinham comprimento entre 20 e 25 metros e espessura da parede entre 1 e 2 centímetros. no processamento dos colmos de bambu, para a confecção das amostras foram efetuadas as seguintes operações: abate dos colmos; desgalhamento; enfardamento e transporte; corte transversal dos colmos em serra circular esquadrejada originando peças sem os nós, com diâmetros entre 11 e 15 cm, comprimentos entre 21 a 48 cm e espessura de parede entre 13 e 22 mm; imunização das peças cilíndricas por imersão em reservatório, estocagem e secagem natural ao ar; corte longitudinal das peças para produção de ripas; aplainamento das ripas para a remoção da camada interna e regularização de uma face lateral; corte longitudinal das ripas para padronização da largura das ripas e regularização da segunda face lateral; corte longitudinal das ripas para padronização da largura das ripas; corte da superfície externa (casca)

e padronização da quarta face; montagem das amostras empregando-se os adesivos de acetato de polivinila e resina resorcinol-formaldeído. A montagem das amostras e os ensaios de resistência foram feitos de acordo com a norma brasileira para madeira, NBR 7190 (ABNT, 2015). A Figura 10 mostra os corpos de prova confeccionados.

Figura 10 - Amostras de bambu para ensaio de resistência mecânica



Fonte: GONÇALVES, 2000

O Bambu Laminado Colado (BLC) apresenta excelentes propriedades mecânicas, tornando-o um material versátil, resistente e aplicável no design de produtos, interiores e construção civil.

O OSB (*Oriented Strand Board* ou, em português, chapa de tiras de madeira orientadas) foi inserido no mercado com aplicações estruturais, apresentando boas propriedades de resistências mecânicas e estabilidade dimensional. O que difere o OSB do WB (madeira prensada) são as disposições das partículas e suas dimensões. As ripas são dispostas aleatoriamente e são mais curtas e mais largas com dimensões de aproximadamente 40 mm de largura por 40 mm de comprimento, já as fibras são direcionadas em camadas dispostas perpendicularmente. Segundo Cichinelli (2013) o OSB nacional dispõe de quatro camadas, duas externas orientadas no sentido longitudinal e duas internas, cruzadas no sentido perpendicular. A incorporação das partículas com a resina é consolidada por meio de prensagem a frio, ou à quente dependendo do tipo de resina empregada.

Aos OSB são atribuídos a denominação de excelente material de construção por serem munidos de excelente propriedade mecânica, rigidez, propriedade isolante e capacidade de absorver diferentes solicitações. Eles podem ser utilizados em aplicações exteriores como paredes, tapumes, bandeja de proteção, também em indústrias como embalagens, mobiliário industrial, pisos, forros, vigas I, vagões, etc

Miskalo (2009) realizou um estudo substituindo as ripas de madeira por ripas de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*. Em relação às propriedades mecânicas dos painéis foram analisadas as ligações internas, a resistência a compressão e a resistência em flexão.

A análise da ligação interna fornece valores correspondentes à adesão entre partículas das amostras submetidas aos esforços de tração. Os resultados indicam que mesmo a menor quantidade de resina que é 4% pode ser utilizada visto que o valor da ligação interna é maior que o mínimo de 32 MPA para a espessura média de 16 mm, previsto pela norma Européia para OSB de madeira. Este valor ainda supera o resultado obtido por Okino (2008) com placas do tipo OSB fabricadas com partículas de *Eucalyptus grandis*.

Investigando as propriedades físicas, Miskalo (2009) concluiu que a absorção de água e inchamento e espessura dos painéis apresentaram um aumento nos seus valores com o tempo de 2 para 24 horas. Porém foram observadas reduções nos valores de absorção de água e inchamento em espessura com o aumento da concentração da resina. Somente a concentração de 8% de resina ficou abaixo do admitido pela norma Européia.

Quanto ao comportamento mecânico à compressão e em flexão dos painéis, a direção dos cortes (tangenciais ou radiais) para a confecção das partículas influencia significativamente a concentração ótima de resina. Para os cortes tangenciais os maiores valores foram obtidos para painéis com 6% de resina, e para os cortes radiais foi de 8%. Pelos resultados obtidos, os painéis com 6% de resina apresentam resultados satisfatórios e comparáveis aos OSB confeccionados com madeiras tradicionais de reflorestamento.

De acordo com Pereira (1997), o bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* produz colmos com dimensões, características físicas e mecânicas compatíveis para utilização em irrigações. O autor diz que a ideia principal é atingir agricultores que de outra forma não tem acesso à irrigação, pois por se tratar de um material natural pode ser cultivado em propriedade rural pelo próprio agricultor.

Para a transformação de um colmo em tubos para condução de água são necessárias algumas etapas:

Remoção e limpeza interna dos nós: deve ser construída uma ferramenta, que deve ser formada por um pedaço de cano de ferro com aproximadamente 30 cm de comprimento, com suas extremidades recortadas e afiadas, que deve ser posteriormente soldada com outro cano de menor diâmetro e com cerca de 2 m para servir como cabo da ferramenta. O diâmetro da ferramenta deve ser inferior ao menor diâmetro dos colmos colhidos, garantindo a limpeza de todos.

- a) Instalação dos aspersores: devem-se furar os tubos, fazer as roscas, fixar os adaptadores e as hastes de subida.
- b) Tampão final: deixa-se de limpar os dois últimos nós das extremidades dos tubos de bambu que forem destinados a este fim.
- c) Uniões: existem várias maneiras, desde materiais simples como borracha de câmara de ar de pneu de carro ou caminhão, ou até adaptar um pedaço de PVC como luva para trabalhar com pressões mais elevadas.
- d) Armazenamento dos colmos: a secagem do bambu é um aspecto muito importante, pois existe o risco do bambu apresentar pequenas rachaduras enquanto seca o que irá comprometer a tubulação.

Foram realizados preliminarmente testes de pressão de ruptura, tubos com comprimento útil de 12 metros podem suportar pressões da ordem de 4 atm (40 mca). na instalação dos tubos no campo, eles devem ser enterrados no mínimo 30 cm evitando sua exposição ao sol e ao risco de racharem. Quer sejam utilizados tubos tratados quimicamente ou não, eles devem ser mantidos se possível, sempre cheios de água para sua melhor conservação e durabilidade (FERREIRA, 2007).

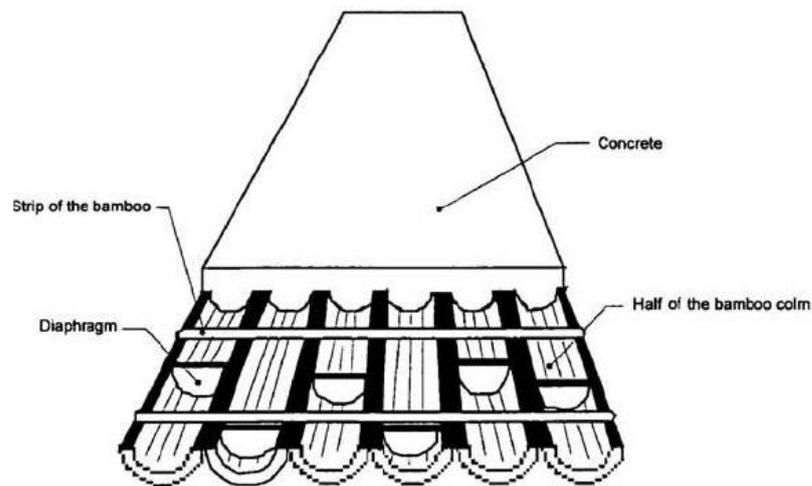
Ferreira (2007) realizou estudo sobre vigas de concreto reforçadas com taliscas de bambu e relata que a tensão de aderência máxima entre o bambu e o concreto obtidos em ensaios de arrancamento, mostrou-se superior ao valor do cálculo teórico para barras de aço lisas conforme EUROCODE 2 (COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO, 1992).

Em relação as vigas ensaiadas todas apresentaram um comportamento coerente diante das condições adotadas para o dimensionamento. Para os resultados obtidos pelo alongamento último da armadura de bambu de 2,0 ‰, todas as vigas atingiram ruptura por alongamento excessivo da armadura de bambu antes da ruptura por cisalhamento. Entretanto, analisados os resultados para o valor do alongamento da armadura de bambu correspondente à tensão máxima obtida na análise estatística dos ensaios de tração do bambu, ainda não seria alcançada a ruptura por cisalhamento (FERREIRA, 2007).

Ferreira (2007) concluiu que a utilização do bambu na forma de taliscas como reforço em vigas de concreto sem estribos mostrou-se viável do ponto de vista estrutural, pois aplicando a hipótese de cálculo utilizada no concreto armado com aço (Estádio II), não ocorreu ruptura última à flexão.

As lajes de concreto reforçadas com bambu também podem ser do tipo formas permanentes colmo dividido pela metade atua como uma barra de reforço a tração, a forma permanente, representada esquematicamente pela Figura 11 é preenchida por concreto conforme representado na Figura 12. A camada interna do colmo tem de ser tratada com Sikadur (GHAVAMI, 2003).

Figura 11 - Representação esquemática da laje de forma permanente.



Fonte: GHAVAMI, 2003

Figura 12 - Forma permanente preenchida com concreto.



Fonte: GHAVAMI, 2003.

Os andaimes em bambu são uma rica tradição em muitos países asiáticos, como China, Índia e Tailândia, na Figura 13 pode ser visto andaimes em Hong-Kong. Eles são bem conhecidos pela sua capacidade de resistir a furacões, são conhecidos casos onde os andaimes de bambu resistiram a furacões que os de aço foram completamente destruídos. Estão sofrendo grande concorrência atualmente com os andaimes de aço, pois estes são industrializados com dimensões padronizadas o que o torna mais prático, rápido para montar e desmontar.

Figura 13 - Andaime de bambu em Hong-Kong.



Fonte: MAIA, 2009.

Os andaimes de bambu são mais baratos, porém para continuar a competindo com o aço são necessários desenvolvimento de tecnologia que iria manter suas vantagens inerentes, e ao mesmo tempo, obter alguns aspectos benéficos do design industrial moderno mantendo uma padronização, que é essencial para sua expansão a nível mundial (JANSSEN, 2000).

4 ESTUDO DE CASO: ECO VILA MÃE TERRA

O estudo de caso foi realizado na Ecovila Mãe Terra, que realizou a construção de uma casa de bambu (Figura14) localizada no Condomínio Encontro das Águas, chácara 22, na cidade de Hidrolândia-GO. A construção que conta com aproximadamente 380 m² de área construída, foi totalmente projetada e idealizada por Christofer Massetti e sua esposa Lilian, sendo Christofer o projetista, engenheiro e executor da obra.

Figura 14 – Fachada da casa de bambu



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

4.1 PROJETO

Dedicados a permacultura os proprietários viram no bambu uma forma verde de se construir sem agredir o meio ambiente. Após sua formação Christofer utilizou de conhecimentos adquiridos em um curso de construções com bambu, no qual foi utilizada a norma colombiana NSR-10 (2010) como base teórica e prática, já que neste período ainda não estava em vigor a norma brasileira NBR-16828 (2020), Estruturas de Bambu.

A obra iniciada em 2016 contou em alguns momentos com mutirões promovido pelos proprietários para uma troca de conhecimento em permacultura, tendo assim colaboração de funcionários temporários, porém com a chegada da pandemia do COVID-19, tiveram que suspender as atividades. Por se tratar de um projeto que demanda um serviço artesanal atrasou toda agenda programada para o término da obra.

A espécie de bambu escolhida foi a do bambu gigante (*Dendrocalamus Asper*) para a parte estrutural e o *Bambusa Tuldoides*, para as partes internas. O fechamento das paredes foi feito em adobe, (Figura 15) uma mistura de terra e fibras vegetais. Após a chegada no local da obra os mesmos receberam tratamento no método Bórax, que consiste em aplicar ácido bórico e bórax, presente em fertilizantes, em um tanque com água e deixando o bambu submerso nessa mistura, fazendo assim com que torne o amido do bambu implantável para os insetos e micro-organismos, além de se tratar de um método que não polui, por se tratar de um fertilizante orgânico o descarte pode ser feito no solo sem agredir o meio ambiente.

Figura 15 – Parede de adobe com garrafas de vidro encravadas



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

4.2 ESTRUTURA

Inicialmente, Christofer recorreu ao meio convencional de fundação, na forma de viga baldrame, já que era a forma mais segura e estável que estava ao seu alcance naquele momento. A partir da fundação foram feitos blocos de concreto (Figura 16) para evitar o contato do bambu direto com o solo, assim garantindo a durabilidade do colmo de bambu, evitando o desgaste prematuro por excesso de umidade que causa o apodrecimento do colmo.

Figura 16 – Blocos de concreto para receber os pilares



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

Saindo do bloco de concreto se tem uma barra de aço que serve de arranque para a instalação dos pilares, fazendo assim o travamento da estrutura. Nesse processo é realizado furos no colmo (Figura 17) em uma altura de aproximadamente 60 cm para que seja inserida a argamassa assim fazendo a fusão do pilar com o bloco da fundação.

Figura 17 – Furos para introdução da argamassa no interior do colmo

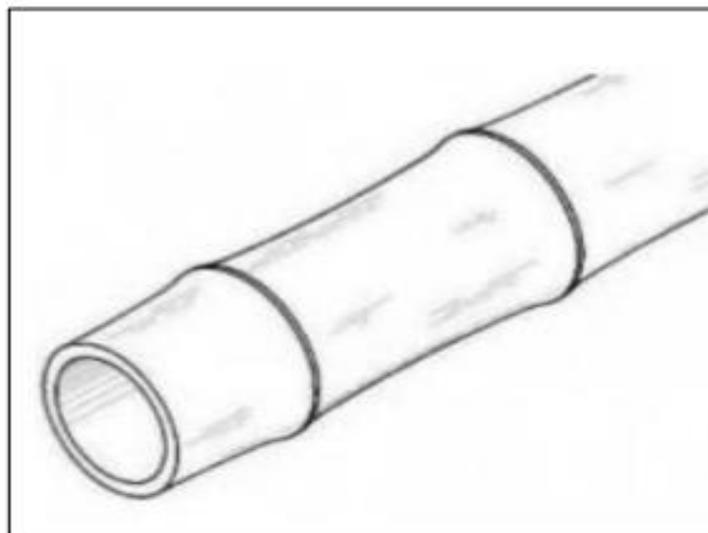


Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

Para que seja feita a ligação dos pilares com as vigas, utilizou-se o sistema conectivo da norma NSR-10 (2010) e a NTC 5407 – Uniões em estruturas com *Guadua Angustifolia Kunt.* Os mesmos sistemas se encontram na nova norma brasileira para estrutura em bambu NBR 16828-1 (2020). Sendo os três tipos de corte:

1. Corte Reto: Corte perpendicular ao eixo do colmo (Figura 18)

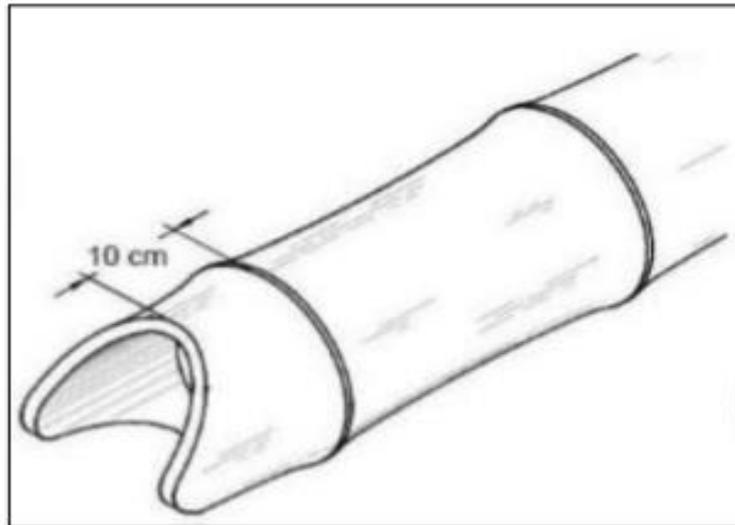
Figura 18 – Representação do corte reto



Fonte: NRS-10 (2010).

2. Corte boca de peixe: Corte côncavo utilizado na união de 2 colmos (Figura 19).

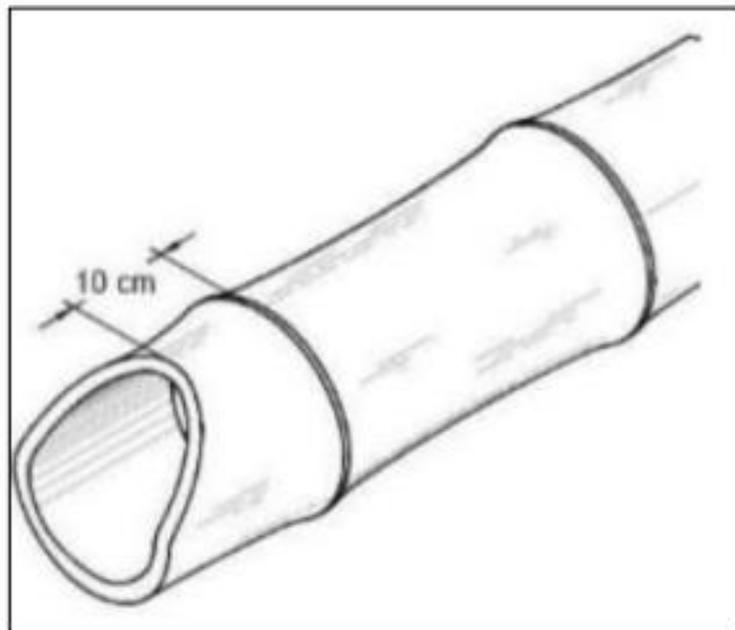
Figura 19 – Representação do corte boca de peixe



Fonte: NRS-10 (2010).

3. Corte Bico De flauta: Com um corte variando de 0 a 90° dependendo do ângulo solicitado pela estrutura, forma-se um apoio para união dos colmos (Figura 20).

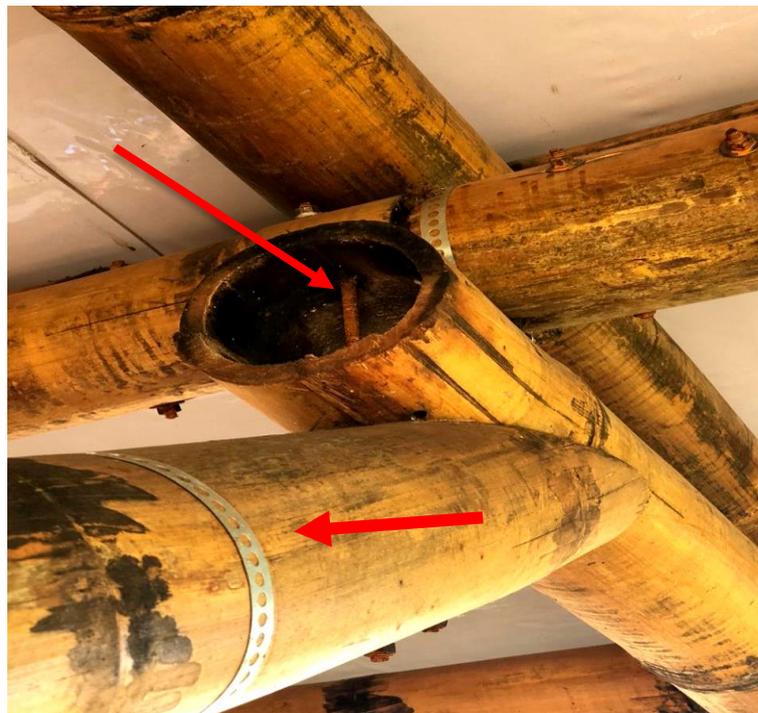
Figura 20 – Representação do corte bico de flauta



Fonte: NRS-10 (2010).

Para a fixação dos colmos a norma recomenda o uso de parafusos tratados (Figura 21) contra ações do tempo como a oxidação, além do uso de abraçadeiras metálicas (Figura 21) para garantir estabilidade do colmo.

Figura 21 – Parafuso e abraçadeiras utilizados na fixação do colmo



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

No piso do andar superior foi utilizado chapas de compensados naval em conjunto com ripas de bambu, (Figura 22) que apesar de aparentar ser frágil garante uma ótima resistência. A ideia inicial de Christofer seria revestir todo o piso com ripas de bambu, porém como o método utilizado demandava tempo e prática, optou como alternativa o uso do compensado.

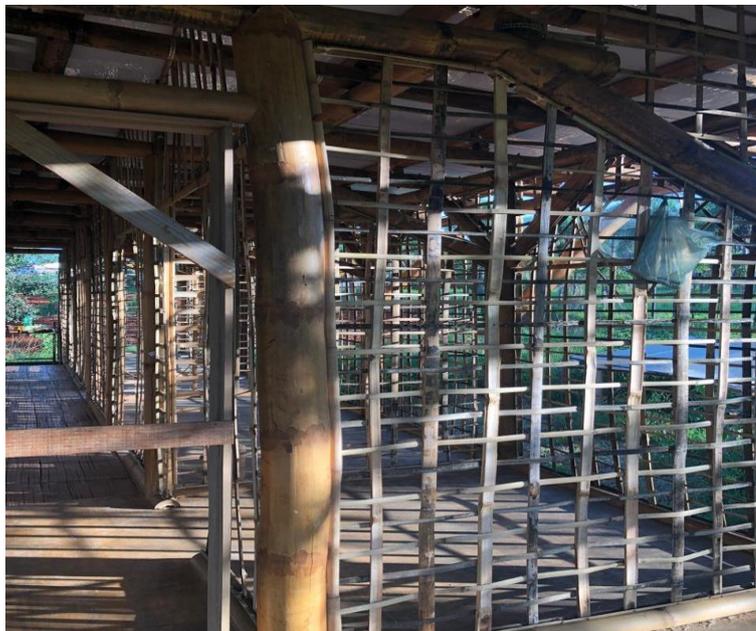
Figura 22 – Piso do andar superior



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

Para o fechamento das paredes Christopher utilizou método construtivo vernacular de construção que consiste em tramas de bambu da espécie *Bambusa Tuldooides*.

Figura 23 – Tramas de bambu feitas para receber o adobe



Fonte: LUDWIG; SOUZA, 2019.

Foram revestidas de adobe, que é composto por terra, estrume e fibras vegetais, representados na Figura 23 e Figura 24.

Figura 24 – Parede finalizada com o adobe



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

As esquadrias foram todas feitas em bambu e madeira de reflorestamento, algumas das portas e janelas foram feitas artesanalmente por Christofer, a Figura 25 mostra a porta de entrada de seu quarto toda em tramas de bambu.

Figura 25 – Porta de bambu feita de forma artesanal



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

No cobrimento da estrutura foi utilizado telhas isotérmicas, (Figura 26) Christofer conta que a ideia inicial era fazer uma cobertura verde, mas por conta dos atrasos no planejamento da obra, iniciou o período chuvoso e foi necessário recorrer a outro meio de instalação mais rápida, já que a estrutura não estava preparada para receber chuvas intensas.

Figura 26 – Telha isotérmica



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

Na parte inferior externa foi utilizada telhas Treta Pak, (Figura 27) que são telhas feitas de materiais reciclados como a caixa de leite, que garante um ótimo conforto térmico.

Figura 27 – Telhas Treta Pak



Fonte: PRÓPIOS AUTORES, 2021.

4.2.1 Dificuldades encontradas ao decorrer da obra.

Apesar do projeto ter se iniciado em 2016, com pretensão de acabado em nove meses, surgiram dificuldades que impediram o término da obra. Uma das dificuldades que Christofer encontrou na execução da obra, foi encontrar fornecedores que já disponibilizem o bambu pronto para o uso, já tratado e seco. Christofer teve que buscar em outras cidades fornecedores, que faziam apenas o plantio, mas não a parte de colheita, cura e secagem e transporte. Ele mesmo teve que realizar essas tarefas tornando a execução da obra mais lenta e mais cara.

Christofer e sua esposa acreditam no potencial do bambu e da bioconstrução, como substitutos do método de construção convencional, com esse intuito pretendem fazer de sua residência um centro de vivencia para repassar ensinamentos de permacultura e construção com bambu, já que agora conta com uma normativa brasileira para auxiliar nos estudo e formação de novos profissionais especializados na área.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado, existem diversas possibilidades para a utilização do bambu na construção. O uso do bambu na construção civil é pequeno, mas seu potencial é imensurável ao se levar em conta a evolução de processos de tratamento, porém requer mão de obra especializada, pois é resistente a alguns esforços e não tão resistente a outros como foi abordado no trabalho.

Foram feitos várias pesquisas sobre bambu em várias partes do mundo, incluindo o Brasil, sendo possível assim criar as primeiras normas de utilização. Sabendo que o conhecimento das normas é importante não apenas para o uso seguro, mas também para a divulgação de um material, o International Network for Bamboo and Rattan INBAR (1999) usou os resultados dessas pesquisas mundiais e propôs normas para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos bambus. As normas propostas foram analisadas pelo ICBO- International Conference of Building Officials e publicadas no relatório AC 162: Acceptance Criteria for Structural Bamboo, em março de 2000 (ICBO, 2000), as quais permitem a aplicação do bambu na construção, nos Estados Unidos da América (GAVAMI, 2003).

Hidalgo-López (2003), comentou que os pesquisadores fazem menção às diferenças de resistência mecânica nas diversas partes do colmo, as quais devem ser consideradas em qualquer estudo.

Dentre as inúmeras vantagens do uso do bambu como material de construção pode-se destacar a durabilidade do material, que embora tenha uma vida útil do colmo de até 15 anos, após tratado adequadamente o material pode durar séculos. Outro fator decisivo quanto á vantagem da utilização desse tipo de material são as propriedades físicas e mecânicas relacionadas a resistência com capacidade estrutural, flexibilidade, leveza quando utilizado em sua forma natural, além de ter um resultado estético muito agradável.

Por fim, no que diz respeito a sustentabilidade, a busca por materiais alternativos que sejam ao mesmo tempo sustentáveis e que atenda ás necessidades da construção está tomando grandes proporções. Desta forma, a utilização de bambu é uma cultura que permite a preservação do meio ambiente e assume um papel importante uma vez que além de ser material extremamente renovável, possibilita a diminuição do consumo de madeiras nativas e de forma rápida, é capaz retirar da atmosfera uma grande quantidade de carbono e proteger o solo de erosões.

5.1 PROPOSTAS PARA ESTUDO FUTURO NA ÁREA

É notório que se tem falta de referências no quesito experimental alguns destes apresentados já são ultrapassados e com novas tecnologias é possível obter resultados melhores, para uma melhor informação do uso do bambu na construção civil. Com isso são necessários estudos sobre.

- O uso do bambu como substituto de insumos na construção civil
- Estudos experimentais do tratamento do bambu para se ter resultados mais precisos tanto das suas características físicas como mecânicas.
- Estudo das reações do bambu em contato com concreto e seus derivados.
- Estudo mais profundo sobre seus reais impacto ao meio ambiente, em relação ao plantio em grande escala para comercialização, são poucos que abordam este assunto.

REFERÊNCIAS

- ABDUL KHALIL, H. P. S. et al. Bamboo fibre reinforced biocomposites: a review. **Materials and Design**, v. 42, p. 353–368, 2012.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. **Estrutura de bambu-Parte-1: Projeto** NBR16828-1. 2020
- AHMAD, M. **Analysis of Calcutta bamboo for structural composites materials**. Dissertation, wood Sci. and Forest Products, VT. p.210, 2000
- ANJOS, Marcos A. S.; GHAVAMI, Khosrow; BARBOSA, Normando 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**, v.7, n.2, p.339-345, 2003.
- AZZINI, A. et al. Florescimento e frutificação em bambu. **Revista Científica do Instituto Agrônomo**, v.41, n.18, p. 175-180, 1981.
- AZZINI, A.; BERALDO, A. L. Determinação de fibras celulósicas e amido em cavacos laminados de três espécies de bambu gigante. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 57, p. 45–51, 2000.
- BARBALHO, G.H. N.; SILVA, J.R. Bambu, um material alternativo para trilhar caminhos conscientes e sustentáveis. **Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, v. 8, n. 1, p.1-9, 2018.
- BERALDO, A. L. **Bambu de Corpo e Alma**. 2. Ed. Bauru, SP: Editora Canal 6, 2016.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, K.; PEREIRA, A. R (2003), **Bambu: características e aplicações**. In: FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L., Editor, Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas, Unicamp.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. MINISTÉRIO do MEIO Ambiente. Área de manejo de resíduos da construção e resíduos volumosos: orientação para o seu licenciamento e aplicação da Resolução Conama 307/2002. 2005. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7669/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf> Acesso em: 03 jun. 2021.
- CICHINELLI, G. Disponível em: <http://stage.masisa.com/exp/por/produto/paineis/osb/ficha-tecnica/1795.html>> Acesso em: 03 jun. 2021.
- COMITÊ EUROPEU de NORMALIZAÇÃO. EUROCODE. **Design of concrete structures: Part 1: General rules and rules for buildings**. London UK, 1992, p. 252.
- CULTURA MIX. **Dicas de como plantar bambu**, 2011. Disponível em:<https://flores.culturamix.com/dicas/como-plantar-bambu>. Acesso em: 05 Nov 2021.

DUNKELBERG, K. **Bamboo as a building material**: bamboo-IL 31. Stuttgart: University of Stuttgart, Institute for Lightweight Structures, 1985. 431 p.

FERREIRA, G.C.S.; **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus giganteus**. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FUENTES, C.A.; TRAN, L.Q.N.; DUPONT-GILLAIN, C.; VANDERLINDEN, W.; FEYTER, S. D. **Wetting behaviour and surface properties of technical bamboo fibres. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, 2011.

FONSECA, A.P. **o uso do bambu na construção de habitações de interesse social**. 2012. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação). Curso de Engenharia Civil. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

GHAVAMI, K. **Bamboo as reinforcement in structural concrete elements**. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Pontifícia Católica. Rio de Janeiro. 2003.

Ghavami, K.; Marinho, A.B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mosó, Matake, Guadua angustifolia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia**. 1. ed. Rio de Janeiro: RMNC do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, 2001. 53p.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p. 107-114, 2001.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GÓES, J.L.N. de. **Materiais derivados de madeira (aplicação estrutural)**. Campo Mourão, 2011.

GONÇALVES, M. T. T. et al. **Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2000.

GONÇALVES, M. T. T. et al. Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Fortaleza, 2020.

GRAÇA, V. L. **Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1988.

LÓPEZ, O. H. **Manual de Construcción con Bamboo**. Colombia, Bogota: D´vinni Ltda, 2003

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

JI, Z. et al. Distribution of lignin and cellulose in compression wood tracheids of *Pinus yunnanensis* determined by fluorescence microscopy and confocal Raman microscopy. **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 212–217, 2013.

JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK L. G.; LODOÑO, X.; STERN, M. J. **American bamboos**. Washington, D.C. - USA: Smithsonian Institution Press, 1999.

LEMANGER **Les Pouses de Bamboo** disponível em <http://www.lemanger.fr/index.php/preparer-les-pousses-de-bambou/> Acesso em 06 2021.

LUDWIG.A.H.; SOUZA, L.D. **estudo de caso: casa de bambu na ecovila mãe terra**. 2019. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Anápolis Unievangélica, Anápolis.

MAIA, G.K. **Tensegrity de Bambu. Estruturas adaptáveis e eficientes**. 2009. 35 f. Trabalho de Pós-Graduação, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2009.

MAIA, G. N.; **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2.ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 2012, 413p

MARÇAL, V.H.S. **Uso do bambu na construção civil**. Monografia. Brasília, 2008.

MARINHO, N.P.; NISGOSKI, S.; MUNIZ, G.I.B. **Avaliação das dimensões das fibras de colmos de bambu, *dendrocalamus giganteus* (wall) munro, em diferentes idades**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 251-256, jan.-mar., 2014.

MARINHO, N. P. **Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e potencial de aplicação em painéis de fibra de média densidade (MDF)**. 2012. 210f. Dissertação de Mestrado: UFPR.

MISKALO, Eugenio P. **Avaliação do potencial de utilização de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na produção de painéis de partículas orientadas**. 2009. 130 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MOREIRA, L. E. Bambu Para Toda Obra. **Boletim UFMG**, v.37, n.1730, 2011.

NETO, F. L; PARDINI, L.C. **Compósitos Estruturais: Ciência e tecnologia**. Ed São Paulo: Edgar Blucher. 2006.

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.

NSR – 10: REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. Bogotá, jan. 2010.

OKINO, E. Y. A. et al. **Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca***. Scientia Forestalis, v. 36, n. 78, p. 123-131, 2008.

OLIVEIRA, T. F. C. S. **Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de PósGraduação em Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.2006.

PAULI, G. **UP sizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição**. Porto Alegre, Fundação Zeri Brasil, 2001.

PENG, H. et al. Physicochemical characterization of hemicelluloses from bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) stem. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 41–50, 2012.

PEREIRA, M.A.R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)**. 1997. 172 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu.

PEREIRA, M. A. **Bambu: espécies, características e aplicações**. Bauru, São Paulo: Editora da UNESP, 2001. 58 p.

PEREIRA, M.A. dos R. **Projeto Bambu: Introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações**. Tese de livre docência em Design e construção com bambu. Unesp, Departamento de Engenharia Mecânica, Bauru, 2012.

PEREIRA, M.A.R.; BERALDO, A.L. **Bambu de corpo e alma**. 1. ed. Bauru, SP: Canal6, 2008.

RIBAS, R.P. **Bambu: Planta de Grande Potencial no Desenvolvimento Sustentável**, 2010.

SOUZA, A.P.C.C. **Bambu na habitação de interesse social no Brasil.2002**. 29f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Puc Minas, Belo Horizonte, 2002.

TOMBOLATO, A.F. C. et al. Dez espécies de bambus exóticos mais comuns no paisagismo brasileiro. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 18, n. 2, p. 105-114, 2012.

VASCONCELLOS, R. M.; **Bambu Brasileiro**. 2000 – Conteúdo Disponível em: <www.bambubrasileiro.com>. Acesso em: 03 jun. 2021.

YOUSSEFIAN, S.; RAHBAR, N. Molecular Origin of Strength and Stiffness in Bamboo Fibrils. **Scientific Reports**, v. 5, p. 11116, 2015