

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**NATHÁLIA MOREIRA SANTOS**

**VYTOR MATSUURA MADALOSSO**

**COMPARATIVO DE DIFERENTES TIPOS DE  
TRATAMENTOS DE BAMBU PARA USO NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL**

**ANÁPOLIS / GO  
2020**

**NATHÁLIA MOREIRA SANTOS  
VYTOR MATSUURA MADALOSSO**

**COMPARATIVO DE DIFERENTES TIPOS DE  
TRATAMENTOS DE BAMBU PARA USO NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL**

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

**ORIENTADORA: WANESSA MESQUITA G. QUARESMA**

**ANÁPOLIS / GO: 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, NATHALIA MOREIRA/ MADALOSSO, VYTOR MATSUURA

Comparativo de diferentes tipos de tratamento de bambu para uso na construção civil

53P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. Bambu            | 2. Tratamento de bambu |
| 3. Construção civil | 4. Concreto            |
| I. ENC/UNI          | II. Bacharel           |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, Nathalia Moreira; Madalosso, Vytor Matsuura. Comparativo de diferentes tipos de tratamento de bambu para uso na construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 53p. 2020.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Nathalia Moreira Santos

Vytor Matsuura Madalosso

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Comparativo de diferentes tipos de tratamento de bambu para uso na construção civil.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

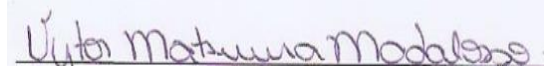
ANO: 2020

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.



Nathalia Moreira Santos

E-mail: nathaliams\_contato@hotmail.com



Vytor Matsuura Madalosso

E-mail: vytormatsuura@gmail.com

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, o grande Engenheiro e Arquiteto do Universo, pelas nossas vidas, por ter nos dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Aos nossos pais, pelo amor, apoio e incentivo incondicionais nas horas de desânimo e cansaço, nos fortalecendo e que para nós foi muito importante.

A Universidade pela oportunidade de fazer o curso.

A nossa orientadora Wanessa Mesquita Godoi Quaresma, por todo apoio e paciência ao longo da elaboração do nosso projeto final.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a nossa formação.

## **RESUMO**

O bambu é uma matéria-prima com diversas aplicações, sobretudo na construção civil, destaca-se pelo fato de obtê-lo em pouco tempo de cultivo. Além disso, o bambu é um material renovável, versátil, abundante, de baixo custo e de fácil plantio. Este trabalho tem como objetivo apresentar um comparativo de diferentes tipos de tratamentos de bambu, que basicamente se dividem em método tradicional e o método químico. Esses tratamentos servem para aumentar a durabilidade e resistência do material, visto que o material é suscetível ao ataque de fungos e insetos. Além disso, foram feitas associações do bambu com outros materiais, como o concreto, e foram expostas pesquisas dos recentes estudos envolvendo testes mecânicos desse material na construção civil. Concluindo assim, a importância da realização do tratamento do bambu para atingir o total de sua eficácia.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Bambu. Tratamento. Concreto. Construção Civil.

## **ABSTRACT**

Bamboo is a raw material with several applications, especially in civil construction, it stands out for the fact that it is obtained in a short time of cultivation. In addition, bamboo is a renewable, versatile, abundant, low-cost and easy to plant material. This article aims to present a comparison of different types of bamboo treatments, which are basically divided into the traditional method and the chemical method. These treatments serve to increase the durability and resistance of the material, since the material is susceptible to attack by fungi and insects. In addition, associations were made between bamboo and other materials, such as concrete, and research from recent studies involving mechanical testing of this material in civil construction was exposed. In conclusion, the importance of carrying out bamboo treatment to achieve its full effectiveness.

### **KEYWORDS:**

Bamboo; Treatment; Concrete; Construction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Forro composto por bambu - Aeroporto Internacional de Barajas, Madrid, Espanha. .....	18
Figura 2 - Mausoléu Taj Mahal, Índia.....	19
Figura 3 - Uso do bambu na construção da Catedral de Pereira, Colômbia– Símon Velez.....	19
Figura 4 - Partes do bambu.....	21
Figura 5 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações.....	22
Figura 6 – Tipos de rizoma.....	23
Figura 7 – Bambuzal de <i>Phyllostachys bambusoides</i> no Japão.....	25
Figura 8 – Corte correto e incorreto de colmo tipo paquimorfo ou moita.....	28
Figura 9 – Armazenamento correto das varas de bambu.....	28
Figura 10 – Desenho esquemático da viga de bambu .....	35
Figura 11 - <i>Dinoderus minutus</i> .....	36
Figura 12 – Broca do bambu ou caruncho dentro do bambu.....	36
Figura 13 – Cura na mata .....	38
Figura 14 – Cura por imersão .....	39
Figura 15 – Cura pôr fogo .....	39
Figura 16 – Método de tratamento por fumigação .....	40
Figura 17 – Tratamento das varas por imersão em produtos químicos .....	41
Figura 18 – Equipamento artesanal pelo método Broucherie Modificado .....	42
Figura 19 – Detalhe das conexões do equipamento de Broucherie Modificado .....	43
Figura 20 – Preenchimento de fôrma com concreto e adensamento interno.....	46
Figura 21 – Material constituinte do concreto-cimento .....	47
Figura 22 – Material constituinte do concreto-areia .....	47
Figura 23 – Material constituinte do concreto-brita 1.....	48
Figura 24 – Pasta.....	48
Figura 25 – Argamassa .....	49
Figura 26 – Concreto Simples .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características de algumas espécies de bambu.....	24
Tabela 2 – Custo do plantio, crescimento e ciclo de produção do eucalipto e bambu .....	25
Tabela 3 - Resistência mecânica de algumas espécies de bambu.....	30
Tabela 4 - Razão entre tensão de tração e massa específica de alguns materiais.....	32
Tabela 5 - Valores médios da resistência (fto) e módulo de elasticidade longitudinal (Eto) obtidos em ensaios de tração de ripas laminadas da espécie <i>D. giganteus</i> .....	32
Tabela 6- Valores médios da resistência (fco) e módulo de elasticidade longitudinal (Eco) obtidos em ripas laminadas no ensaio de compressão paralela as fibras da espécie <i>D. giganteus</i> .....	33
Tabela 7 - Valores médios de módulo de ruptura (MOR) e de módulo de elasticidade longitudinal (MOE) obtidos em ensaios de flexão em ripas da espécie <i>D. giganteus</i> . .....	34



## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCP	Associação Brasileira Cimento Portland
ABESC	Associação Brasileira de Serviços de Concretagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CAA	Concreto auto adensável
CCV	Concreto convencional
CP	Corpo de prova
IBTL	Instituto Brasileiro de tela soldada
IBTS	Instituto Brasileiro de telas soldadas
NBR	Norma Brasileira
SCC	<i>Self Compacting Concrete</i>
T500	Tempo para o concreto alcançar um diâmetro de 50 cm

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 Justificativa .....	15
1.2 Objetivos .....	15
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
1.3 Metodologia .....	16
1.4 Estrutura do trabalho .....	16
<b>2 ASPECTOS GERAIS SOBRE O BAMBU .....</b>	<b>17</b>
2.1 Breve histórico .....	17
2.2 Definição .....	20
2.3 A planta .....	20
<b>2.3.1 Colmo.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2 Rizoma.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3 Folhas.....</b>	<b>23</b>
2.4 Espécie.....	23
2.5 Cultivo e Plantio.....	25
<b>2.5.1 Idade do bambu .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.2 Solo</b>	<b>27</b>
<b>2.5.3 Cultivo .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.4 Corte .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.5 Armazenagem .....</b>	<b>28</b>
2.6 Características do bambu .....	29
<b>2.6.1 Características Físicas.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.2 Características Mecânicas .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.2.1 Tração.....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.2.2 Compressão .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.2.3 Flexão.....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.2.4 Cisalhamento .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.1 Métodos tradicionais .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.1.1 Cura ou maturação na mata .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.1.2 Cura por imersão.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.1.3 Cura pôr fogo.....</b>	<b>39</b>

<b>3.1.1.4 Cura por fumaça .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.2 Métodos Químicos .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.2.1 Imersão em solução de sais hidrossolúveis.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2.2 Imersão em produtos químicos .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2.3 Substituição de seiva por sais hidrossolúveis através da transpiração.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2.4 Tratamento sob pressão .....</b>	<b>42</b>
<b>4 CONCRETO .....</b>	<b>44</b>
4.1 Aspectos gerais sobre o concreto .....	44
4.2 O concreto como material estrutural .....	45
4.3 Composição do concreto .....	47
4.4 Vantagens do concreto armado .....	49
4.5 Principais normas brasileiras para o concreto armado .....	50
<b>5 RELAÇÃO DO BAMBU COM A CONSTRUÇÃO CIVIL.....</b>	<b>51</b>
5.1 Pesquisas com bambu e construção civil .....	51
5.2 Associação do bambu com outros materiais .....	52
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A história dos materiais de construção civil segue a própria história do homem, que sempre buscou na casa um local seguro a sua sobrevivência. No início, o homem manuseava os materiais de construção da forma como os encontrava na natureza, moldando e adaptando conforme suas necessidades. A princípio, era a pedra, madeira, barro e bambu. Com o passar do tempo, as exigências do homem foram aumentando e a demanda de materiais com maior resistência e durabilidade se fizeram necessárias. Assim, com a evolução dos tempos e da tecnologia, foram desenvolvidos novos materiais, como o aço e o concreto, e por ser materiais que atendiam esses requisitos se tornaram os materiais mais utilizados, ainda que causem um grande impacto ambiental e gerem custos bem maiores que a madeira e o bambu (BARROS, 2010).

Segundo Ghavami (1992), o desenvolvimento de materiais de baixo custo na construção civil torna-se uma exigência atual básica. Assim, torna-se evidente que os materiais ecológicos satisfazem alguns requerimentos fundamentais, tais como: minimização do consumo de energia, conservação dos recursos naturais, redução da poluição e manutenção de um ambiente saudável. Devido a sua potencialidade, abundância, versatilidade e facilidade de plantio, o retorno do uso de materiais naturais convoca o bambu para ser uma das matérias-primas, encontrando-se disponível, renovável e de uso sustentável para a exploração.

Contudo, devido a sua composição fibrosa e rica em materiais nutritivos, o bambu está sujeito ao ataque de fungos e insetos. Para a preservação da vara de bambu, deve ser feito um tratamento que de acordo com López et al. (1981), pode ser natural ou químico, sendo que o químico é mais eficaz, porém requer maior cuidado, já que se trata de substâncias que podem poluir o meio ambiente. Sendo assim, exige o tratamento correto, seja ele o método natural ou utilizando substâncias preservativas nos vasos e nas fibras, para que possa atender aos requisitos fundamentais.

Já o concreto é um dos materiais mais desfrutados na construção civil devido ao baixo custo e fácil trabalhabilidade. Ressaltando que o concreto possui alta resistência ao esforço de compressão e baixa resistência ao esforço de tração, desta necessidade nasceu o Concreto Armado, onde o aço supri a demanda de tração das peças estruturais, porém, este estudo analisa a possibilidade de utilizar o bambu em substituição do aço, de forma parcial, buscando bons resultados em postes rurais que possui baixa demanda de flambagem.

Diversos pesquisadores vêm estudando o problema da baixa aderência bambu-concreto. Como reforço para o concreto, a utilização do bambu esbarra, principalmente, na

pouca aderência que este desenvolve com o concreto, além da carência de pesquisas que apontem para métodos de dimensionamento de peças de concreto armadas com bambu.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Preservar o meio ambiente leva-nos a descobrir alternativas que, não somente minimize o impacto ambiental, mas também colabore para um desenvolvimento econômico, político e social favorável. O uso do bambu, por ser um material ecológico, resistente e de baixo custo, se torna uma possível solução para o desenvolvimento sustentável. Porém, é necessário conhecer bem as propriedades físicas e mecânicas para o bom uso deste material na construção civil. Principalmente a forma correta de tratar e utilizar o material em conjunto com o concreto.

Desta forma, este trabalho de conclusão de curso propõe o estudo do uso do bambu em peça de concreto, primeiramente buscando encontrar a melhor forma de tratar e caracterizar esse material.

## 1.2 OBJETIVOS

Neste tópico serão abordados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

### 1.2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo comparativo dos principais tratamentos químicos e físicos do Bambu para uso na construção civil. O método de tratamento e as características efetivas são exibidas de forma clara no transcrito desse trabalho, que faz uma revisão bibliográfica de modo a esclarecer as características estruturais do bambu, além de expor os fatores importantes quanto ao uso dele na construção civil.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar os aspectos gerais sobre o uso do bambu na construção civil;
- Realizar um estudo sobre os principais tipos de tratamento químicos e físicos do Bambu;
- Realizar um estudo bibliográfico correlacionando os artigos científicos utilizando o material Bambu na construção civil em âmbito nacional e mundial.

### 1.3 METODOLOGIA

A proposta de metodologia consiste no levantamento bibliográfico, pesquisas feitas em livros, revistas e artigos científicos, que consentiram o conhecimento do material, técnicas e conceitos importantes para a elaboração de um estudo acerca dos principais tratamentos do bambu, um entendimento sobre as patologias e intermédios nas estruturas de bambu, para a utilização na construção civil.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1, conforme acima, apresenta as diretrizes gerais do trabalho.

No capítulo 2, trata-se de uma revisão bibliográfica, onde será abordado o bambu como material de construção sustentável, discorrendo sobre a espécie e as etapas necessárias de preparo da matéria-prima, será explanado o modo correto da coleta, os cortes, tratamento e estocagem do material e as suas características físicas e mecânicas.

No capítulo 3 será apresentado todos os tratamentos químicos e tradicionais levantados descrevendo o processo de execução.

No capítulo 4 será apresentado o concreto e suas características relacionadas a construção civil, as suas vantagens e desvantagens, e as normas que o regulamentam.

No capítulo 5 será exposto a relação do bambu com a construção civil, pesquisas sobre bambu e a construção civil e, a associação do bambu com outros materiais, como o concreto.

E por fim, no capítulo 6, finalizamos o trabalho com uma breve análise dos tratamentos estudados, sob a ótica dos autores e as conclusões entendidas, destacando e reiterando as principais comparações e as peculiaridades do tratamento de bambu para o uso na construção civil.

## 2 ASPECTOS GERAIS SOBRE O BAMBU

O bambu possui amplas finalidades, e nos países asiáticos são aproveitadas em todas as suas formas, apresentando uma ampla competência. O seu uso é capaz de abranger todos os continentes, colaborando assim com a sustentabilidade, exigência básica na atualidade, e que deve ser visto em todos os setores, até mesmo no ramo da construção civil. Neste capítulo será abordado um breve histórico do bambu, a definição e sua constituição, cultivo e plantio, tratamento e armazenamento e suas características.

### 2.1 BREVE HISTÓRICO

Conforme Ramos (2009), a necessidade de materiais construtivos se manifesta desde o período pré-histórico, no qual o homem estabeleceu o cultivo e a criação de animais em locais fixos. Esses mesmos materiais passaram por grandes progressos, até que hoje retomamos a refletir sobre o uso de materiais alternativos e menos poluentes, já que a conservação dos recursos naturais se faz necessário.

Segundo Lopez (2003), a história do bambu remonta ao começo da civilização na Ásia, sendo aceito que o bambu teve sua origem no Período Cretáceo, um pouco antes do início da era terciária, quando surgiu o homem. Na China, homem e bambu estão unidos desde os tempos pré-históricos, como pode ser notado pelo fato de que um dos primeiros radicais ou elementos da escrita chinesa tenha sido um desenho de bambu, constituído por dois talos com folhas e ramos, e que se denomina CHU (BERALDO, 2008).

Greco & Cromberg (2010) comentaram que o termo bambu foi originalmente introduzido pelo naturalista sueco Carlos Lineo (1707-1778), que a partir do idioma híndi (Índia) adotou a terminologia *mambu* ou bambu. Acredita-se ainda que a palavra bambu esteja ligada ao som provocado pelo estouro dos colmos submetidos ao fogo: *bamboo*.

O homem pré-histórico utilizou o bambu para a construção de sua primeira cabana, bem como de utensílios essenciais para a sua sobrevivência. O seu uso está presente na cultura de praticamente todos os povos primitivos, de todos os continentes. Desde os primórdios da humanidade, o homem sentiu a necessidade de criar abrigos que o protegesse das intempéries e dos perigos. Assim, o homem buscou na natureza materiais diversos para construir suas habitações e o bambu certamente entrou nesta relação de materiais (LÓPEZ, 2003 apud TEIXEIRA, 2006).

Segundo Dafico (2006), sua utilidade abrange diversas áreas como roupas, alimentação, instrumentos musicais, fabricação de papel e móveis, utensílios domésticos, transporte, construção civil, entre outros. O maior influente de seu uso é a China, onde se tem uma verdadeira admiração ao material e a tudo que pode ser oferecido, possui catalogada em torno de 1.500 aplicações para a planta.

A construção de pontes de bambu na China é algo espetacular, com vãos enormes e tensionados com cordas de bambu. Na África também se encontram muitas habitações populares construídas com bambu (BAMBUBRASILEIRO, 2011).

Na Figura 1 a seguir, é ilustrado um forro composto por bambu localizado em um aeroporto internacional em Madrid.

**Figura 1 - Forro composto por bambu - Aeroporto Internacional de Barajas, Madrid, Espanha.**

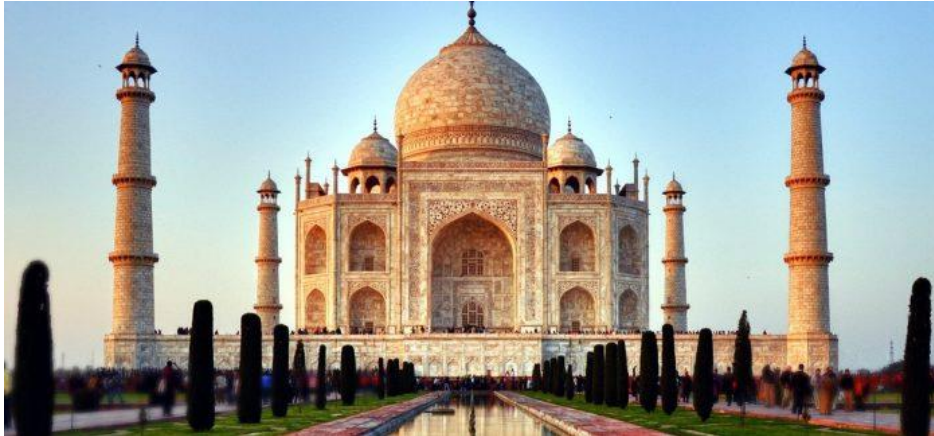


**Fonte: ZAFFARI, 2012.**

Gradativamente às experiências asiáticas foram se estendendo pelo mundo, ocasionando assim o uso do bambu em diversos espaços, substituindo materiais convencionais, tanto na parte decorativa quanto na parte estrutural. Segundo Ribas (2010), um exemplo é na Índia, no renomado monumento situado na cidade de Agra, o mausoléu Taj Mahal, construído pelo imperador muçulmano Shah Jahan, em torno dos anos 1631 e 1652, uma das sete maravilhas do mundo moderno, esse monumento possui sua cúpula em estrutura de bambu (construção original), como demonstrado na Figura 2.



**Figura 2 - Mausoléu Taj Mahal, Índia**



**Fonte: INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2018.**

O mesmo autor diz que nos anos de 1906, na cidade de Paris, o brasileiro Alberto Santos Dumont deu seu primeiro voo a bordo de seu avião 14-bis, no qual sua estrutura era formada por bambu.

Outra forte influência é a Colômbia, tendo como propagador da ideia o Arquiteto Símon Velez que é uma referência mundial na utilização do bambu em construções. O uso desse material se alastrou de forma mais intensa após o país ser atingido por um terremoto em 1999 (DAVID et al., 2012). A seguir, a Figura 3 apresenta uma das construções realizadas pelo arquiteto.

**Figura 3 - Uso do bambu na construção da Catedral de Pereira, Colômbia– Símon Velez**



**Fonte: ECOEFICIENTES, 2014.**

O bambu é conhecido na Índia como a madeira dos pobres – *Wood of poor*, o amigo das pessoas na China – *friend of people*, e o irmão, no Vietnã – *the brother*, citado por Farelly (1984). Em países como a Índia e China, o bambu vem sendo muito utilizado como andaime, e se tornam gigantescos esqueletos à volta dos prédios modernos (TEIXEIRA, 2006).

O bambu, material sem muito valor econômico, social ou cultural em nossa sociedade é em outros países motivo de orgulho e pesquisas por seu potencial em diversas e comprovadas áreas de atuação. Material como o bambu não é poluente, não requer grande consumo de energia e oxigênio em seu processo de preparo; sua fonte é renovável e de baixo custo (RIPPER, 1994 apud MARÇAL, 2008).

Na procura pelo histórico do uso desse bem natural, é incontestável que foram perdidas, com o passar dos anos, o quanto ele pode somar de forma altamente satisfatória na contemporaneidade. A necessidade da busca por materiais alternativos para a construção civil acarretou diversos estudos focados no bambu, que é um material abundante em nosso país, o que agrega bastante em um assunto tão discutido, a sustentabilidade, além de suscitar na redução do custo total de obra.

## 2.2 DEFINIÇÃO

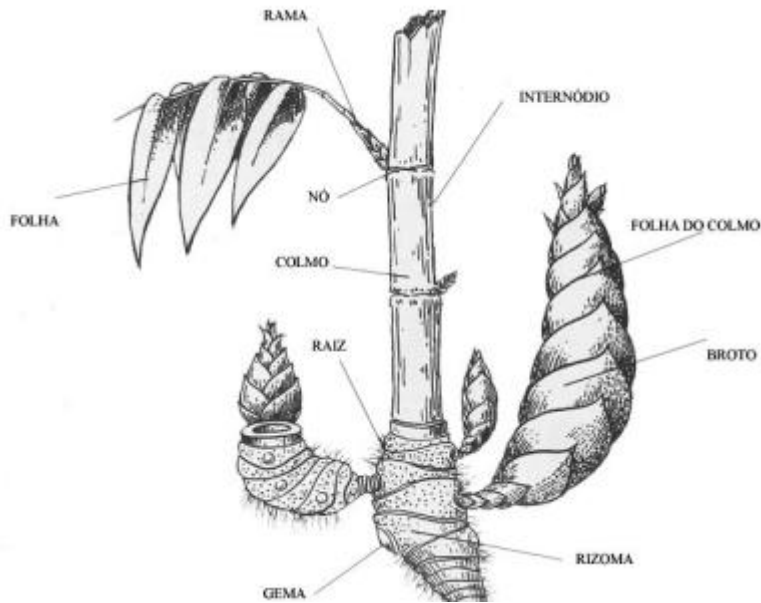
Bambu é o nome que se dá às plantas da subfamília *Bambusoideae*, da família das gramíneas. Essa subfamília se subdivide em duas tribos, a *Bambuseae* que são os bambus chamados de lenhosos e a *Olyrae*, os bambus chamados de herbáceos (LÓPEZ, 2003).

## 2.3 A PLANTA

Tal como as árvores, o bambu é constituído por uma parte aérea e outra subterrânea. A parte aérea (tronco ou caule das árvores) é denominada de colmo no bambu, sendo normalmente oco. A parte subterrânea é constituída de rizoma e raízes (LÓPEZ, 1974).

O bambu é o recurso natural que se renova em menor intervalo de tempo, não havendo nenhuma outra espécie florestal que possa competir com o bambu em velocidade de crescimento e de aproveitamento por área (JARAMILLO, 1992 apud BERALDO, 2008). Em seguida, a Figura 4 apresenta as partes do bambu.

**Figura 4 - Partes do bambu**



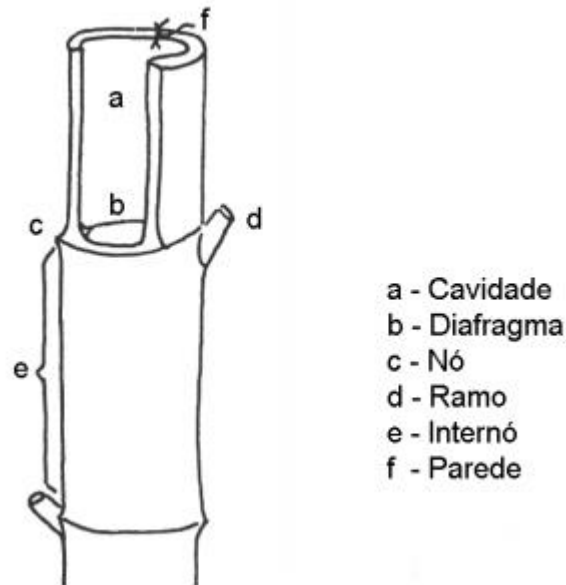
**Fonte: NMBA, 2004**

### 2.3.1 Colmo

Segundo Janssen et al. (1988), a parte aérea (tronco ou caule das árvores) que se origina de uma gema ativa do rizoma é nomeada de colmo no bambu, se caracterizam por ter a forma cilíndrica e normalmente são ocos. Estes espaços dentro do colmo são denominados cavidades, estas são separadas uma das outras por diafragmas que aparecem na parte externa como nós, de onde saem ramos e folhas. Estes diafragmas é que fornecem maior rigidez, flexibilidade e resistência aos colmos.

A porção do colmo apresenta uma sequência de entrenós que são chamados de internos e a espessura do colmo é denominada de parede. Na Figura 5, acha-se representada uma seção de colmo com suas partes e denominações.

Figura 5 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações



Fonte: JANSSEN, 1988

O colmo do bambu já nasce com o diâmetro que terão por toda a sua vida. Liese et.al (1985) discorreu que o comprimento dos inter-nós aumento da base até o meio do colmo, diminuindo daí em direção ao topo, apesar de terem o formato geométrico de tronco de cone, pois o diâmetro é maior perto da base e vai diminuindo com a altura em direção a ponta, tendo em média um comprimento de 20 a 35 cm na maioria das espécies.

Poucos meses após o surgimento do broto, o colmo do bambu de qualquer espécie completa seu crescimento, alcançando sua altura máxima em um mínimo de 30 dias para as espécies de menor porte e num máximo de 180 dias para as espécies gigantes. Os colmos brotam anualmente, geralmente na estação das chuvas e estes brotos se alongam continuamente de 20 cm até 1 m diários, dependendo da espécie.

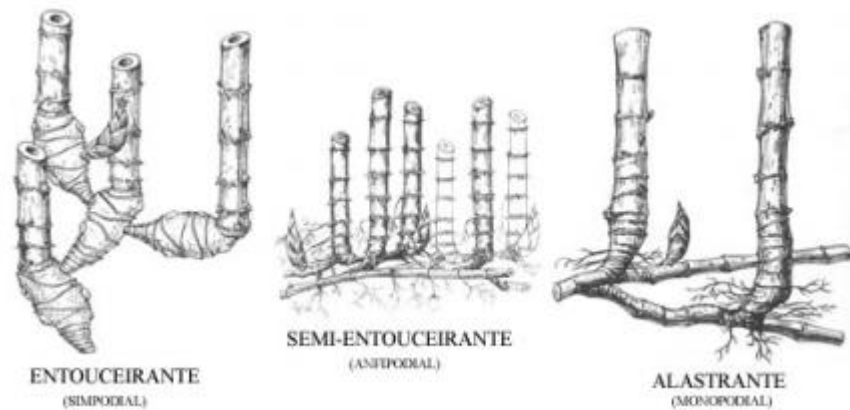
### 2.3.2 Rizoma

Segundo Silva (2005), o rizoma refere-se a um caule subterrâneo atribuído de nós e entrenós, com folhas limitadas as escamas e que se expande de forma paralela a superfície do solo. O rizoma não é a raiz, que é um fragmento da planta que possui funções inteiramente distintas.

Encontram-se essencialmente dois grupos diferentes de bambu conforme ao tipo de rizoma: os que constituem a touceira (*simpodiais*) e os alastrantes (*monopodiais*). Diversos

autores apresentam o semi-entouceirante (*anfipodial*) como o terceiro tipo de rizoma que se apodera dos mesmos atributos, como mostra na Figura 6.

**Figura 6 – Tipos de rizoma**



**Fonte: NMBA, 2004**

### 2.3.3 Folhas

As folhas dos bambus refutam a função de compor as substâncias necessárias ao ágil crescimento da planta por meio da fotossíntese. Atributos como formato da lâmina, dimensão e aparecimento de pelos nas folhas, são conhecimentos taxonômicos importantes para o reconhecimento da espécie.

Segundo Filgueiras et al. (1988), em diversas espécies de bambu, o florescimento é um acontecimento raro, podendo ocorrer em intervalos de até 120 anos. Espécies variadas morrem ao florescer, pois requer um alto gasto de energia para a elaboração de muitas sementes.

Contudo, não são todos os tipos de bambu que morrem ao florescer, assim sendo, os bambus herbáceos, escapam dessa regra. Manifestam floração ocasionalmente, que sucedem em apenas algumas plantas de uma população e do tipo sincrônicas que acontecem de forma simultânea em todas as plantas de uma população.

## 2.4 ESPÉCIE

Segundo Beraldo (2008), no mundo existem cerca de 1300 espécies de bambu, divididas em cerca de 50 gêneros. São encontrados em altitudes que variam de zero até 4800 metros.

Os tons de cor são variados: preto, vermelho, azul, violeta, tendo o verde e o amarelo como principais. Crescem como pequenas gramíneas ou chegam a extremos de 40 metros de altura (BAMBU BRASILEIRO, 2011).

Os bambus nativos crescem naturalmente em todos os continentes, exceto na Europa, sendo que 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e da Oceania (HIDALGO LOPEZ, 2003 apud BERALDO, 2008).

Tendo a maior diversidade de espécies, o Brasil possui aproximadamente 230 espécies de 34 gêneros, dentre estas, 3/4 são endêmicas (FIGUEIRAS E GONÇALVES, 2004).

No Brasil, as espécies exóticas mais comuns são: *Bambusa vulgaris Schrad*, *B. vulgaris var. vittata*, *B. tuldoides*, *Dendrocalamus giganteus* e algumas espécies de *Phyllostachys*, todas de origem asiática (SILVA, 2005).

A Tabela 1 relaciona as principais características de algumas espécies de bambu.

**Tabela 1 – Principais características de algumas espécies de bambu**

Espécies	Comprimento útil (m)	Diâmetro (cm)	Massa (kg)	Compr. internódio (cm)
<i>Bambusa vulgares</i>	10,70	8,10	12,50	32,00
<i>Bambusa vulgaris var.vittata</i>	9,30	7,20	10,30	34,00
<i>Bambusa oldhami</i>	9,90	6,90	8,40	41,00
<i>Bambusa nutans</i>	10,00	5,80	7,80	38,00
<i>Bambusa tulda</i>	11,90	6,60	11,90	49,00
<i>Bambusa beecheyana</i>	9,00	7,80	10,50	28,00
<i>Bambusa stenostachya</i>	15,10	8,20	17,50	35,00
<i>Bambusa tuldoides</i>	9,20	4,30	3,80	46,00
<i>Bambusa textilis</i>	8,10	4,80	3,30	44,00
<i>Bambusa ventricosa</i>	9,30	4,80	4,50	44,00
<i>Bambusa maligensis</i>	7,40	4,30	3,50	28,00
<i>Bambusa dissimulator</i>	9,50	4,60	5,20	41,00
<i>Dendrocalamus asper</i>	14,50	12,20	61,30	34,00
<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	11,50	11,50	40,70	37,00
<i>Dendrocalamus strictus</i>	10,50	7,60	15,00	38,00
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	16,00	14,20	84,50	34,00
<i>Ochlandra travancorica</i>	11,30	9,40	26,00	40,00
<i>Phyllostachys edulis</i>	4,40	3,60	2,10	15,00

Fonte: Salgado, 1994 apud Teixeira, 2006

## 2.5 CULTIVO E PLANTIO

Segundo Ueda et al. (1891), o crescimento do bambu é o mais acelerado do mundo, o recorde de florescimento diário, avaliado na cidade de Kyoto, no ano de 1956, foi de 121 cm em 24 horas, atingido para à espécie *Phyllostachys bambusoides*.

Contraposto com a madeira da espécie eucalipto, o bambu retrata uma ótima associação com benefícios relacionados a custo e plantio, como ilustrado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Custo do plantio, crescimento e ciclo de produção do eucalipto e bambu**

Material	Custo do plantio/ha US\$	Rendimento t/ha/ano	Período de produção
Eucalipto	300,00 – 400,00	12 a 16	20 anos
Bambu	200,00 – 250,00	20 a 30	6 a 120 anos

**FONTE: Kamegasawa (2004) apud Padovan (2010)**

De acordo com Ghavami (1995) apud Marçal (2008), a diferença do bambu, comparado a outras plantas estruturais, é a sua elevada produção. Após ter germinado do solo em um período de dois anos e meio, o bambu apresenta uma resistência mecânica estrutural alta, não apresentando nenhum concorrente no reino vegetal.

Na Figura 7, acha-se representada uma plantação de bambu.

**Figura 7 – Bambuzal de *Phyllostachys bambusoides* no Japão**



**Fonte: BAMBOO BIODIVERSITY, 2011**

Os bambus se distribuem naturalmente entre as latitudes 45°30'Norte e 47°00'Sul, abrangendo desde os trópicos até as regiões temperadas (BERALDO, 2008). Londoño et al. (1990) faz menção, que são deparados 40 % das espécies de bambus lenhosos na América, cerca de 320 espécies em 22 gêneros, o Brasil é o país com mais variedades, encontra-se 81% dos gêneros.

De acordo com Beraldo (2008), a maior parte das espécies se adequa bem ao clima tropical com bom crescimento entre 8°C e 36°C.

O bambu apresenta um grande potencial agrícola por ser uma planta perene, produzir colmos assexuadamente todo ano, sem necessitar de replantio; mostra um grande rendimento anual por área, além de rapidez de crescimento (BERALDO, 2008).

### **2.5.1 Idade do bambu**

Liese et al. (1985) comentou que, a idade de um colmo não é fácil de fazer sua análise. Colmos mais jovens (até 1 ano) não possuem folhagem e ramos e exibe uma tonalidade verde, dispõem de folhas que surgem do caule protegendo os nós dos colmos, sendo assim os internós encontram-se envolvidos por uma camada de cera que se solta ao contato. Os colmos novos encontram-se no segmento mais externo de uma moita. Colmos mais maduros (entre 1 e 2 anos) apresentam ramificações, ramos e folhas, possuem pigmentação amarelada e podem manter certo número de brácteas que ficarão mais secas e escuras. Estes colmos encontram-se no meio de uma moita. Colmos acima de 3 anos, não possuem mais brácteas unidas e tem o hábito de mostrar manchas ocasionadas por musgos, líquens ou fungos nos internós, o que indica o amadurecimento do bambu. Os colmos amadurecidos encontram-se no centro da moita.

Tem em consideração que colmos mais novos (1 a 2 anos) são prematuros, com característica de resistência contrário dos mais velhos (3 ou mais anos), razão pelo qual necessitam ser deixados na moita para alcançar sua maturidade, proporcionando uma germinação nova. Para fins estruturais, a resistência dos colmos precisa ser elevada, sendo assim seu corte deverá ser feito no mínimo três anos de idade, pois apresentam melhores propriedades relacionadas a resistência. Os colmos de bambu com 3 a 7 anos de idade possuem uma resistência mais elevada, fase que deve ser aproveitada antes que seque na moita.

De acordo com Janssen et al. (1988), apenas os colmos adultos podem ser recolhidos, já os colmos mais novos precisam ser mantidos na moita. Complementa que, de acordo com o



clima e da espécie, o amadurecimento do colmo ocorrerá entre 3 a 5 anos, sendo que esta idade pode ser monitorada por marcas fixadas todos os anos/anualmente/ nos colmos.

Numa mesma moita as brotações podem ocorrer durante um período de dois meses, sendo geralmente os primeiros brotos melhores que os tardios, pois desenvolvem colmos maiores e de qualidade superior (AUSTIN et al., 1977).

### **2.5.2 Solo**

O bambu apresenta incontáveis vantagens, entre as várias citadas, às condições relacionadas ao solo são baixas. Cresce em diversos tipos de terra, apesar disso tem preferência nos mais profundos, fértil, com eficiência para drenar e solos leves. Relacionado a sua plantação, não é propício em solos com acidez ou com grandes quantidades de sais. Conforme as condições, o solo alcançará uma estabilidade para o recebimento da planta. (GRAÇA, 1988, p.29).

Segundo López (1974), apud Freire; Beraldo (2003), com relação à madeira, o bambu demonstra uma evolução mais acelerada e melhor produção. Devido a sua leveza, seu transporte é fácil, garantindo diferentes meios a ser transportado, até mesmo por vias fluviais. Podendo adequar a diferentes tipos de temperaturas e solos.

### **2.5.3 Cultivo**

Para o cultivo do bambu, é necessário considerar o objetivo que remete a sua cultura, selecionando assim o modo mais apropriado. Os procedimentos não são difíceis, contudo, deve-se atentar determinados cuidados como averiguação do solo, para considerar se está favorável a receber qualquer cultura e em seguida definir o modo que se tenciona reproduzir o bambu. Graça et. al (1988) comentou que, o bambu consegue se multiplicar por meio de certos procedimentos, como: separação de touceiras, retirada dos caules subterrâneos ou rizomas.

### **2.5.4 Corte**

De acordo com Barbosa; Ghavami (2005), para realizar o corte do bambu de forma que não prejudique o bambuzal, deve-se utilizar ferramentas específicas, optando pelo uso de moto serra. Na ausência deste instrumento, a utilização de um facão ou machado é o mais indicado. A execução do corte precisa ser feita na altura do segundo nó, logo acima dele,

impedindo assim a concentração de água no interior do pedaço do colmo que permaneceu no terreno, a fim de que a raiz não apodreça.

Segundo Simão (1957); Kirkpatrick (1958) apud Azzini et al (1997), sendo contrário aos fundamentos usuais, onde as etapas da lua não intervêm na resistência do bambu em relação ao caruncho. O colhimento na lua minguante, indicada como a ideal, foi exatamente a que manifestou maior quantidade de colmos afetados. Graça (1988) comentou que, o corte do bambu deve ser feito na lua minguante, com finalidade de resistir mais à ataques de pragas e doenças.

Na Figura 8, é ilustrado um comparativo do corte correto e incorreto de colmo.

**Figura 8 – Corte correto e incorreto de colmo tipo paquimorfo ou moita**



Fonte: VARGAS, 1991

### 2.5.5 Armazenagem

A armazenagem do bambu deve ser distante da umidade do solo, mantendo uma distância mínima de 15 cm acima do solo. Deve-se dar preferência para seu armazenamento locais cobertos, protegendo assim os bastões da chuva e do sol. Os bastões devem ser organizados em camadas, colocando-os a uma distância que permita a movimentação do ar entre elas, como mostra a Figura 9.

**Figura 9 – Armazenamento correto das varas de bambu**



Fonte: GONÇALVES, 1992.

## 2.6 CARACTERÍSTICAS DO BAMBU

As características desse material renovável são extraordinárias. Além de ser um produto natural e de baixo custo, possui características mecânicas e físicas que confirmam sua alta resistência e sua leveza, justificativa do apelido “aço vegetal”.

### 2.6.1 Características Físicas

O bambu dispõe de características físicas excepcionais e, de acordo com Ghavami; Marinho (2001), o colmo do bambu apresenta características de força, dureza, leveza, boa trabalhabilidade, flexibilidade e interior das fibras perfeitas para diferentes fins tecnológicos. A coloração, altura total, intervalo entre os nós, o diâmetro e a espessura, todos esses fatores submetem-se a espécie, período e idade de corte do bambu. Conforme Pereira (2001), o bambu conquista sua resistência máxima a partir dos três anos, quando alcança sua maturidade, e os colmos mais velhos são mais resistentes que os jovens.

Um atributo físico importante do bambu é a sua higroscopia, isto é, a capacidade de reter umidade. Sendo assim, o bambu dilata-se com o acréscimo da umidade e retrai-se com a sua perda. De acordo com Ghavami; Marinho (2001), a umidade natural do bambu varia em torno de 13 a 20% em conformidade do clima no qual foi introduzido.

Segundo Barbosa; Ghavami (2005), as propriedades físicas do bambu de maior relevância para a engenharia são umidade natural, peso específico, alterações dimensionais, coeficiente de dilatação e absorção de água.

Ainda segundo Barbosa; Ghavami (2005), o peso específico vale para a avaliação do peso próprio das estruturas de bambu. A umidade natural ajuda no papel da correção de resistência com referência a umidade padrão de 12%. As alterações dimensionais são indispensáveis para a verificação de prováveis mudanças de volume nas peças de bambu. Já o coeficiente de dilatação térmica consente a obtenção das alterações de dimensões das peças de bambu.

Conforme Ghavami; Marinho (2001), mediante experimentos, foram confirmados que a condutividade térmica do bambu para uma transferência de calor radial é 15% menor do que para a madeira, sendo as condições de umidade iguais. Para uma transmissão de calor longitudinal é 25% menor a condutividade. E a seção transversal de uma parede de bambu é constituída pela superfície externa dura e lustrosa que impossibilita parcialmente a perda de água no colmo, células parênquimas onde os nutrientes são estocados e por fim feixes

vasculares que contém vasos que transportam a água, tubos condutores da seiva e fibras de parede grossa, as quais são encarregados pela resistência do bambu.

### 2.6.2 Características Mecânicas

Segundo Ghavami et.al (1989), as características mecânicas do bambu são induzidas basicamente pelos seguintes fatores: idade, clima, tipo de solo, espécie, época da colheita, umidade, comprimento do colmo, presença ou ausência de nós e o tipo de teste efetuado. A Tabela 3. Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, mostram alguns valores de resistência mecânica para algumas espécies.

**Tabela 3 - Resistência mecânica de algumas espécies de bambu**

Espécie	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Cisalhamento (MPa)
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	135	40	108	46
<i>D. asper</i>	285	28	89	6,6
<i>D. strictus</i>		63		
<i>Bambusa multiplex</i>	103	27	75	56
<i>B. tuldoides</i>	111	34	93	54
<i>B. vulgaris</i>	82	27	78	41
<i>B. vulgaris</i>	317	28	90	8,5
<i>B. vulgaris Schrad</i>	149	46	124	41
<i>B. balcoa</i>		45		
<i>B. arundinadea</i>	297	34	76	9,5
<i>Guadua Superba</i>	130	42	102	48
<i>G. verticillata</i>	237	29	82	8
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	120	42		
<i>Gigantochoa apus</i>	296	30	84	7,2
<i>G. atter</i>	288	31	97	8,2

Fonte: Técnica, 2008

Hidalgo (2003) abordou resistência mecânica nas numerosas partes do colmo, as quais tem de ser consideradas em seja qual for o estudo:

- a) Resistência no colmo inteiro: as propriedades mecânicas divergem da base ao topo do colmo. Se a altura útil do colmo for separada em três partes, na maior parte das vezes, a parte superior é a mais resistente a compressão e flexão do que a mediana e a inferior. A parte central onde sucedem os internós mais longos, tem maior resistência a tração, em contrapartida a parte inferior do colmo exhibe na maioria das vezes, menores valores de resistência mecânica.
- b) Resistência nos internós: as fibras localizadas nas proximidades dos nós são mais curtas e, no centro, mais longas, por consequência, o centro do internó é o de maior resistência.
- c) Resistência na parede do colmo: a resistência da parede, em tração e em compressão, cresce da parte interna para a parte externa, devido ao maior quantitativo de fibras.
- d) Resistência nos nós: a densidade nos nós, pertinente à menor quantidade de células parenquimatosas, é mais alta do que aquela alcançada nos internos, no entanto, sua resistência à tração, flexão, compressão e cisalhamento são menores, devido à descontinuidade da seção e aos desencaminhamentos dos feixes de fibras.

#### 2.6.2.1 Tração

De acordo com López et al. (1974), as pontes antigas pênseis asiáticas foram produzidas com tecidos trançados vindos das camadas da parte externa de colmos de bambus. Essas pontes transformaram-se em exemplos de uma junção de lividez e resistência mecânica à tração. A grande durabilidade das pontes atribui-se à ausência de tecidos originários das camadas internas do colmo, que exibem também maior acúmulo de substâncias atraentes aos insetos.

Em conformidade com Beraldo (2003), a resistência à tração do bambu é alta, tornando atrativo o uso do bambu, principalmente quando for visto a razão entre sua massa específica e a sua resistência à tração, em concordância com a Tabela 4.

O bambu é uma matéria prima que se gasta menos energia na sua produção, continuamente pela madeira, concreto e o aço, sendo o aço consumista de cinquenta vezes mais energia que o bambu.

**Tabela 4 - Razão entre tensão de tração e massa específica de alguns materiais**

Material	Resistência à tração $\sigma_T$ (MPa)	Peso específico $\mu$ ( $N/mm^3 \times 10^{-1}$ )	$R_i = \sigma_T / \mu$	$R_i / R_a\sigma$
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	0,80	1,50	2,34

Fonte: Ghavami, 2001

Segundo Beraldo (2006), a preparação de um ensaio de tração é um procedimento muito melindroso. A simples pressão das garras da máquina de ensaio pode ocasionar a ruptura dos corpos de prova por compressão transversal às fibras. Se a pressão não for o bastante pode suceder o deslize do colmo no decorrer do ato do carregamento. Neste tipo de ensaio, minúsculas heterogeneidades presentes no material forçam a condução da ruptura em regiões de uma resistência menor, comumente na área de ligação entre o bambu e as garras da máquina de ensaio.

A Tabela 5 apresenta os resultados adquiridos para colmos com 3,5 anos de idade da espécie *Dendrocalamus giganteus*, cultivada na UNESP/Bauru, como ilustra a Figura 4-a Toureira de *D. giganteus* na UNESP/Bauru (BERALDO, 2008), em três alturas distintas do colmo. Os corpos de prova foram adaptados às exigências da NBR7190/97, com comprimento de 300 mm, largura de 20 mm, espessura de 5 a 6 mm e seção central com metade da largura da talisca.

**Tabela 5 - Valores médios da resistência (fto) e módulo de elasticidade longitudinal (Eto) obtidos em ensaios de tração de ripas laminadas da espécie *D. giganteus***

Região do colmo	Fto (MPa)	Sem Nó Eto (GPa)	Umidade (%)	Fto (MPa)	Com Nó Eto (GPa)	Umidade (%)
A	240,1	20,1	12,0	103,3	16,9	11,9
B	250,0	20,7	12,0	117,5	18,6	11,9
C	246,8	20,7	11,9	114,4	19,5	12,0
Colmo	245,4	20,5	12,0	111,9	18,3	11,9
Desvio	22,5	1,7		14,5	2,2	
C.V. (%)	9,2	8,3		13,0	12,2	

FONTE: Pereira, 2006 apud Beraldo, 2008

### 2.6.2.2 Compressão

A especificação do módulo de elasticidade do bambu em compressão também apresenta diversas complicações. Como a deformação do corpo de prova é inconstante, é necessário a garantia de que o extensômetro esteja colocado na camada externa do colmo ou situado junto de um nó.

A Tabela 6 apresenta as relutâncias obtidas para colmos com 3,5 anos de idade da espécie *Dendrocalamus giganteus*, cultivada na UNESP/Bauru, para as regiões A, B e C do colmo, que representam a base, o meio e a ponta respectivamente.

**Tabela 6- Valores médios da resistência (fco) e módulo de elasticidade longitudinal (Eco) obtidos em ripas laminadas no ensaio de compressão paralela as fibras da espécie *D. giganteus*.**

Região do colmo	Fco (MPa)	Sem Nó Eco (GPa)	Umidade (%)	Fco (MPa)	Com Nó Eco (GPa)	Umidade (%)
A	68,5	16,9	11,9	59,1	15,9	11,9
B	70,8	16,6	11,8	65,4	17,5	11,9
C	71,5	19,0	11,9	65,6	20,9	12,0
Colmo	70,3	17,5	11,9	63,4	18,1	11,9
Desvio	5,9	0,4		6,0	0,3	
C.V. (%)	8,3	12,6		9,4	8,6	

**FONTE: Pereira, 2006 apud Beraldo, 2008**

Segundo Gonçalves et al. (1994), vale ressaltar, a importância ao se tratar de peças sujeitas à compressão, não satisfaz a realização de uma análise fundamentada apenas no limite de resistência do material, no qual é independente da geometria da estrutura e do tamanho. A vista disso, é necessário levar em conta a esbeltez do elemento estrutural, averiguando a possibilidade de ele falhar por flambagem.

### 2.6.2.3 Flexão

Pereira (2006) apontou resultados de resistência e de módulo de elasticidade à flexão estática, adquiridos em corpos de prova prismáticos com nó e sem nó, removendo partes

próximas à casca, onde foi dividido em três alturas diferentes do colmo: A,B e C, como mostra a Tabela 7, que correspondem a base, o meio e o topo na devida ordem.

Usaram-se colmos com 3, 5 anos de idade da espécie *Dendrocalamus giganteus*, cultivada na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP/Bauru). Basearam-se os corpos de prova na norma de chapa 42 compensada com as seguintes medidas: 175 mm de comprimento, 20 mm de largura e de 5 a 6 mm de espessura.

**Tabela 7 - Valores médios de módulo de ruptura (MOR) e de módulo de elasticidade longitudinal (MOE) obtidos em ensaios de flexão em ripas da espécie *D. giganteus*.**

Região do colmo	MOR (MPa)	Sem Nó MOE (GPa)	Umidade (%)	MOR (MPa)	Com Nó MOE (GPa)	Umidade (%)
A	169,1	15,5	11,9	118,7	12,6	12,0
B	161,1	16,0	11,9	104,9	12,3	11,9
C	170,7	15,3	11,9	111,9	12,0	11,9
Colmo	166,9	15,6	11,9	111,8	12,3	11,9
Desvio	19,7	1,3		18,0	1,2	
C.V. (%)	11,8	8,3		16,1	9,4	

**FONTE: Pereira, 2006 apud Beraldo, 2008**

#### 2.6.2.4 Cisalhamento

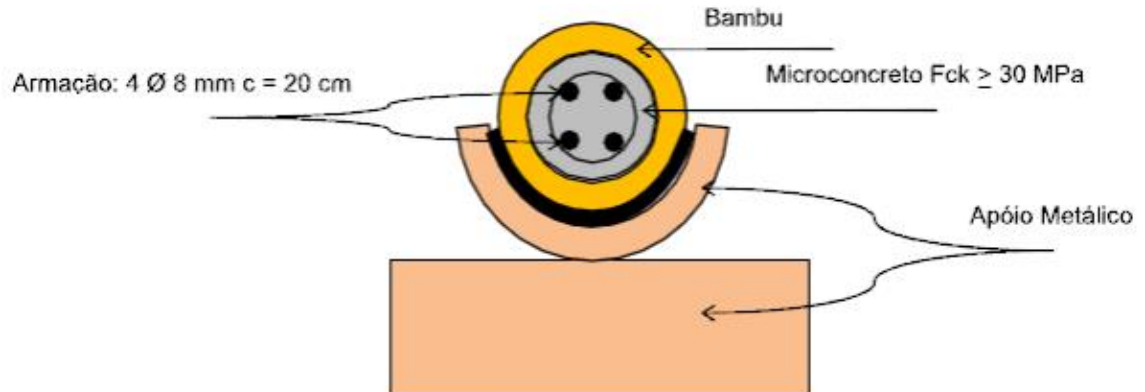
De acordo com Beraldo (2003), quanto maior o teor de umidade do bambu, menor será sua resistência ao cisalhamento. A resistência ao cisalhamento transversal situa-se por volta de 30% de sua resistência à flexão, ou seja, em torno de 32,0 MPa. A resistência ao cisalhamento longitudinal é de aproximadamente 15% da sua resistência em compressão, ou seja, em torno de 6,0 MPa, com uma variação de 4,0 a 10,0 MPa.

O ponto fraco do bambu é o cisalhamento quando se trata de resistência mecânica. O surgimento de fissuras provocadas pelo cisalhamento convém para a passagem de água e a penetração de insetos, o que é grave tanto para a vida útil da peça quanto para a resistência estrutural.

Segundo Marçal (2008), o que pode aumentar os valores de cisalhamento e impossibilitar que a peça tenha fissuras com facilidade, seria um sistema de secagem mais apropriado. A seguir, na Figura 10, é apresentado o corte de uma viga de bambu.



**Figura 10 – Desenho esquemático da viga de bambu**



**Fonte: NOGUEIRA, 2009**

A autora chegou à conclusão de que o bambu de fato pode ser utilizado na construção civil, como material em que se pode confiar. O bambu exerceu bem como complemento das estruturas de concreto, demonstrando dependência estreitada com a resistência do concreto por ser realmente molde do concreto armado.

### 3 TRATAMENTOS PRINCIPAIS DO BAMBU

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 e fungos. Contudo existem técnicas eficazes que atenuam ou resolvem por completo.

A existência de amido é comprovadamente a fraqueza do bambu, por estar ligado com a ocorrência do ataque de caruncho (*Dinoderus minutus*), ilustrado nas Figuras 11 e 12.

**Figura 11 - *Dinoderus minutus***



**Fonte: MARÇAL, 2008**

Segundo Beraldo (2008), quanto maior for o teor de amido existente no bambu, maior será a probabilidade de que ele venha a sofrer o ataque do caruncho.

**Figura 12 – Broca do bambu ou caruncho dentro do bambu**



**Fonte: MARÇAL, 2008**

Pesquisas realizadas por Azzini (1981; 1984) e Azzini et al. (1998) concederam a conclusão que a susceptibilidade do bambu ao ataque do caruncho depende essencialmente do teor de amido presente nos colmos, sendo aqueles que apresentam maior teor de amido os mais

atacados. Os colmos jovens, colhidos antes de soltarem os ramos e as folhas, não são atacados pelo caruncho, apesar de dispor das mesmas dimensões dos colmos maduros. A explicação para tal fato relaciona-se com a ausência do amido, que é metabolizado apenas por colmos maduros.

Os métodos existentes para realizar o tratamento conservativo dos materiais fibrosos foram inicialmente desenvolvidos para madeiras pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. Os métodos são divididos em não industriais (práticos ou caseiros) e industriais (BERALDO, 2008).

Os métodos industriais requerem equipamentos específicos como autoclaves, que carecem de profissionais para manuseio, esse método normalmente é utilizado para o tratamento de ampla quantidade de material. No entanto, o método caseiro, quem desempenha o tratamento, em geral, não são profissionais e não demandam de nenhum equipamento específico.

Os tratamentos do bambu se dividem em dois tipos: tradicionais e químicos, que se subdividem em:

a) Tradicionais:

- Cura ou maturação na mata;
- Cura por imersão;
- Cura pôr fogo;
- Cura por fumaça;

b) Químicos:

- Oleosos;
- Óleos solúveis;
- Hidrossolúveis;
- Imersão em solução de sais hidrossolúveis;
- Substituição de seiva por sais hidrossolúveis;

### 3.1.1 Métodos tradicionais

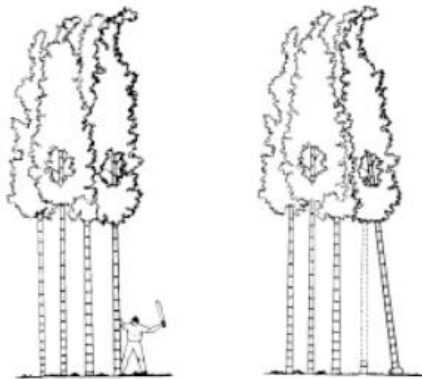
É um método que possui um gasto parcialmente baixo, no entanto as resultâncias não são muito suficientes, visto que não é empregado nenhum tipo de proteção química nos colmos.

De acordo com Beraldo (2008), a maturidade dos colmos, ou a idade mais apropriada por circunstância da sua colheita, é um significativo fator biológico que deve ser levado em consideração, especialmente quando se tem a empregabilidade do bambu como material estrutural para a confecção de colunas, vigas, tesouras e pontaletes. Após a colheita, os colmos de bambu têm de ser sujeitos a algum tipo de tratamento, da qual o objetivo é torná-los menos frágeis ao ataque de organismos lignívoros, dentre eles podem ser ressaltados:

#### 3.1.1.1 Cura ou maturação na mata

Segundo Teixeira (2006), é um método que consiste em cortar os colmos e deixá-lo apoiado, o mais verticalmente possível, nos colmos não cortados. Devem permanecer de 4 a 8 semanas, para que a seiva escorra naturalmente, como representado na Figura 13.

**Figura 13 – Cura na mata**



**Fonte: JUNIOR, 2000**

#### 3.1.1.2 Cura por imersão

Baseia-se na submersão dos colmos de bambu em água, para a redução da existência de amido nos colmos por mais de 4 semanas. Quando dispostos em água, esta penetra na parte interna do bambu, dissolvendo o amido e transferindo para a água, como mostra na Figura 14.

**Figura 14 – Cura por imersão**

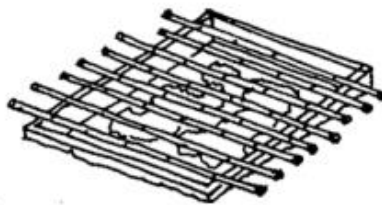


Fonte: TEIXEIRA, 2006

### 3.1.1.3 Cura pôr fogo

É efetuada uma pequena perfuração dentre 30 a 40 centímetros no solo, no qual é disposto brasas. As varas de bambu são estiradas sob o buraco horizontalmente e de modo que as chamas não alcancem as mesmas. O processo é feito para retirar a seiva por exsudação, como mostra na Figura 15.

**Figura 15 – Cura pôr fogo**



Fonte: BAMBU BRASILEIRO, 2011

### 3.1.1.4 Cura por fumaça

Conforme Beraldo (2008), refere-se de um procedimento análogo ao de defumação alimentícia, que, por contagiar o colmo, prolonga sua vida útil. A vista disso, os colmos logo depois do corte, são sujeitos a ação da fumaça, de modo a torná-los anegrados. Devido ao calor e a fumaça, certamente produzem produtos tóxicos na exterioridade dos colmos, além do desgaste do amido, resultando em colmos menos atrativos ao caruncho. A observação imprescindível nesse tratamento é a maior disposição a ocorrência de rachadura nos colmos. A Figura 16 ilustra esse tipo de tratamento.

**Figura 16 – Método de tratamento por fumigação**



**Fonte: VÉLEZ,2000.**

### 3.1.2 Métodos Químicos

Segundo Beraldo (2008), os métodos químicos para a realização dos tratamentos nos colmos de bambu são mais hábeis do que os métodos tradicionais. O tratamento químico, quando bem executado, preserva os colmos contra o ataque de carunchos e expande a durabilidade dos colmos quando expostos ao solo.

Quando empregados nas concentrações apropriadas, os produtos químicos preservativos têm de ser tóxicos aos organismos xilófagos, porém, não deve ser tóxico ao homem e aos animais. No decorrer do tratamento químico, os produtos precisam penetrar de modo profundo no bambu, não evaporando e nem sendo expedito pelas águas pluviais ou pela lixiviação (umidade do solo). Ademais, de acordo com Beraldo (2008), necessitam conter uma ótima relação custo/benefício, e o resto de produto deve ser impreterivelmente reparado, para que não tenha degradação ao meio ambiente.

Os produtos químicos empregados neste tipo de tratamento podem ser classificados como: oleosos, óleos solúveis e hidrossolúveis.

Os conservantes utilizados no tratamento do bambu são fabricados a base de óleos ou sais minerais. Os óleos são empregados no bambu, que entra em contato com a água e salientam da vantagem de serem insolúveis e possuírem fácil aplicação. Algumas das desvantagens do óleo, é o fato de apresentarem cor escura, o que dificulta a pintura, além de serem inflamáveis e possuírem odor forte.

De acordo com Azzini et al. (1994), normalmente, os óleos mais utilizados são o creosoto, *pentaclorofenol* e o *naftanato* de cobre. Já no caso dos sais, os mais empregados são os cromatos de zinco, de cobre e de boro.

### 3.1.2.1 Imersão em solução de sais hidrossolúveis

Este tratamento resume-se em imergir totalmente os colmos de bambu em uma solução, que pode ser preparada de dois ou mais sais hidrossolúveis, por um intervalo de duas a quatro semanas em temperatura ambiente. Após a retirada da solução, as peças têm de ser conservadas em local protegido no decorrer de alguns dias para que o resultado seja difundido.

### 3.1.2.2 Imersão em produtos químicos

O tratamento por imersão em produtos químicos, consiste na imersão do bambu, horizontalmente, em um tanque contendo conservante, em torno de doze horas. Essa imersão ocorre em banho frio, deixando os colmos submersos por cerca de cinco dias em *pentaclorofenol* e óleo diesel. Em seguida, os colmos são dispostos de forma inclinada, propiciando a saída do restante de conservante, e em banho quente-frio, que baseia-se em mergulhar os colmos no decorrer de uma hora em solução de *pentaclorofenol* em uma temperatura aquecida de 90°C. Passando por esse intervalo, levar em solução fria de *pentaclorofenol*, conservando-se por doze horas, como mostra na Figura 17.

**Figura 17 – Tratamento das varas por imersão em produtos químicos**



**Fonte: IL31, BAMBOO, 1992**

### 3.1.2.3 Substituição de seiva por sais hidrossolúveis através da transpiração

Carecem utilizar colmos recém-cortados, tendo no máximo 2,50 metros de comprimento, para que se tenha a eficácia desse tratamento. De acordo com Beraldo (2008),

esse tratamento pode ser realizado em tambores de plástico, no qual é preparado a solução e onde é colocado os colmos de bambu verde, na forma vertical. As bases dos colmos têm de ser chanfradas e a altura da solução pode alcançar por volta de 80 centímetros.

Segundo Beraldo (2008), este tratamento tem a duração por volta de uma semana e logo em seguida do tratamento, os colmos precisam ser empilhados em um local coberto em torno de um mês.

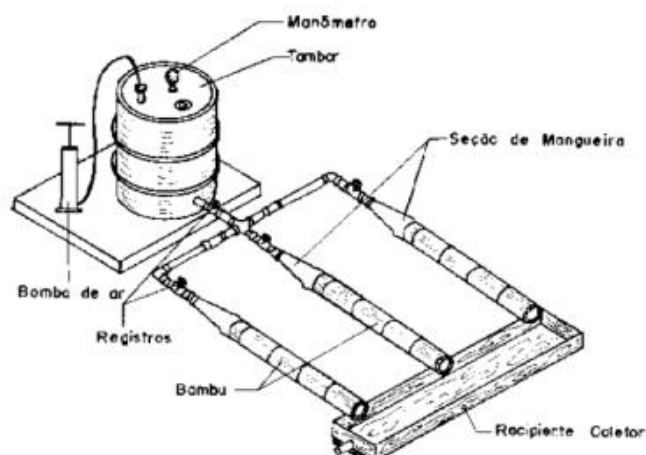
#### 3.1.2.4 Tratamento sob pressão

Os tratamentos que operam com pressão são os mais recomendados, pois requerem menos tempo. Os fundamentais tipos de tratamento que fazem uso da pressão são: Autoclave e Método Boucherie Modificado.

Segundo Beraldo (2008), o tratamento Autoclave necessita que o bambu esteja relativamente seco, com o teor de umidade abaixo de 20% e para impedir que os colmos sejam descobertos e expostos ao ataque de carunchos, é aconselhável que seja feito um tratamento prévio nas bases dos colmos por imersão. De acordo com Barbosa (1997), os bambus se porventura forem roliços, podem romper-se sob pressão, assim sendo, para impossibilitar a existência de rachaduras devem-se perfurar os nós.

Na atualidade, o método Boucherie Modificado é considerado o método mais eficaz e rápido, por durar em média cinco minutos para o tratamento do bambu. Este tratamento fundamenta-se na substituição da seiva por uma substância química apresentada nas Figuras 18 e 19.

**Figura 18 – Equipamento artesanal pelo método Broucherie Modificado**



Fonte: BERALDO, 2008



O período entre o corte do colmo e o início do tratamento, têm de ser o mínimo possível, para simplificar a troca da seiva pela substância química. Segundo Barbosa et al. (1997), um importuno neste método, é que em colmos mais velhos, encontra-se uma quantidade de seiva menor, o que expande a resistência ao acesso da substância de tratamento. Assim sendo, as peças devem percorrer por outros tipos de tratamento.

**Figura 19 – Detalhe das conexões do equipamento de Broucherie Modificado**



**Fonte: BERALDO, 2008**

## 4 CONCRETO

Para entender o comportamento, projetar e dimensionar as estruturas de concreto, primeiramente é necessário conhecer as características e as propriedades dos dois principais materiais, o concreto e o aço. Na sequência, de posse desses conhecimentos, estuda-se o Concreto Armado, considerando o trabalho conjunto e solidário dos dois materiais.

### 4.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE O CONCRETO

Concreto é um material empregado na construção a começar da hibridação do cimento, com agregado miúdo e agregado graúdo, sucedendo na adição de água e com um traço preciso e bem definido. Com a modernização do tempo atual, tem a utilização de um componente para melhorar ou conferir suas particularidades, assim chamados de “aditivos” (BAUMGART, et al. 1928).

O concreto é um dos materiais mais usufruídos na construção civil devido a diversos motivos, sendo o primeiro deles a ótima resistência do mesmo à água. Além desse motivo, para a alta consumação do material temos a sua manutenção, uma vez que o concreto não corrói, não necessita de tratamento superficial e sua resistência aumenta ao passar do tempo (BASTOS, 2010).

Nas primeiras horas, em seguida do preparo, tem-se a facilidade de consecução de diferentes formas e tamanhos de elementos estruturais de concreto, devido ao fato do concreto fresco ter uma consistência plástica, facilitando no preenchimento das fôrmas. Com o passar do tempo o concreto endurece e tendo sua resistência a compressão elevada, conivente a uma baixa resistência à tração. A resistência à tração tem uma comparação à compressão de 1/10 (BAUMGART, et al. 1928).

Segundo Freitas (2000), após o endurecimento e, com o passar dos dias atingi alta resistência mecânica, transformando-se em um material monolítico atribuído das mesmas características de uma rocha. A resistência do concreto aumenta conforme a idade, de forma rápida nos primeiros dias e em seguida de forma lenta. Portanto, a resistência do concreto é sempre mencionada de acordo com a idade. Aos sete dias de idade, a resistência à compressão é por volta de 60% da resistência aos 28 dias.

Já Mehta (2008), diz que apesar da relação água/cimento ser um fator considerável para a determinação de uma boa resistência, fatores como, mineralogia, dimensão do agregado, adensamento e condições de cura, dimensão do agregado, tipo de aditivos, condições de

umidade, tipos de tensão e a geometria do corpo de prova, podem ter ampla influência na resistência.

É importante ressaltar que o concreto possui alta resistência ao esforço de compressão e baixa resistência ao esforço de tração, desta necessidade nasceu o Concreto Armado, onde o aço supri a demanda de tração das peças estruturais.

O concreto é um material que indica maior resistência às tensões de compressão, no entanto, apresenta menor resistência à tração. Deste modo, é inevitável a primordialidade da junção do concreto a outro material com maior resistência à tração, sendo o objetivo deste material resistir as tensões de tração que estão atuando. Através deste material constituído de concreto e armadura, dá-se então o autodenominado concreto armado, no qual, as barras da armadura retêm as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão, onde as barras de aço podem também auxiliar, como por exemplo pilares e vigas.

Contudo, segundo Bastos 2006, o conceito de concreto armado abrange ainda o fato da aderência, que é primordial e deve imprescindivelmente existir entre o concreto e a armadura, visto que não basta somente unir os dois materiais para se obter o concreto armado. Para a existência do concreto armado se faz necessário o apoio entre ambos, o concreto e o aço, e que o esforço seja efetuado de forma síncrona.

#### 4.2 O CONCRETO COMO MATERIAL ESTRUTURAL

O concreto usado como material estrutural é chamado de concreto estrutural e pode ser o concreto simples, sem armadura; o concreto armado quando a armadura não é pré-tracionada ou protendida e o concreto protendido quando a armadura é ativa ou protendida (COUTO et.al 2013).

O concreto simples é utilizado na construção de blocos de concreto, de brocas de fundação, tubulações, cimento de pisos,etc. (BOTELHO,2006). O concreto armado é um material de construção decorrente da junção do concreto simples e de barras de aço, vinculadas pelo concreto, com ótima aderência entre os dois materiais, de forma que ambos resistem aos esforços a que se submetem. O uso de barras de aço em união ao concreto e o coeficiente de utilização,só é aceitável devido aos seguintes motivos: o concreto e o aço trabalham juntos, baseando-se na aderência entre os dois materiais. Em relação ao coeficiente de dilatação térmica do aço e do concreto são praticamente análogos, o concreto preserva a oxidação do aço da armadura, dando a garantia da durabilidade da estrutura (SOUZA JÚNIOR).

O concreto protendido é um concreto em que, a tração de cabos de aço, são inseridas de tal amplitude e distribuição, que as tensões de tração provenientes do carregamento são neutralizadas a um nível ou grau esperado (METHA;MONTEIRO,1994).

A pretensão é um artifício que consiste introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões capaz de melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob diversas condições de carga (JÚNIOR, et al. 1998). A Figura 20 mostra uma peça com o concreto sendo lançado e adensado, de modo a envolver e aderir à armadura.

**Figura 20- Preenchimento de fôrma com concreto e adensamento interno**



**Fonte: BASTOS,2019**

No decorrer do tempo, o concreto protendido foi tratado como um material diferente do concreto armado. Nos dias de hoje, o concreto protendido encontra-se em uma tendência que o une com o concreto armado convencional, pois o que vale para o concreto armado é totalmente válido para o concreto protendido, apenas acrescido dos aspectos característicos da pretensão e suas respectivas armaduras ativas (JÚNIOR, et al. 1998).

#### 4.3 COMPOSIÇÃO DO CONCRETO

O concreto é um material composto, constituído por cimento, ilustrado na Figura 21 , água, agregado miúdo (areia), ilustrado na Figura 22 e agregado graúdo (brita ou pedra), sendo mais comum a brita 1 (Figura 23), e pode abranger adições e aditivos químicos, com ao intuito de melhorar ou alterar suas propriedades fundamentais. Alguns exemplos dessas adições são a cinza volante, pozolana natural, sílica ativa, entre outras. Quanto aos aditivos, são muito utilizados os plastificantes e os superplastificantes, que servem para reduzir a quantidade de água

do concreto , possibilitando a trabalhabilidade necessária. Além disso, o concreto também pode conter outros materiais, como pigmentos coloridos, agregados especiais, fibras,etc (BASTOS,2019).

A ciência do concreto busca uma proporção ideal entre os materiais constituintes, buscando encontrar as propriedades requeridas como as físicas, mecânicas e de durabilidade, além de mostrar uma trabalhabilidade que possibilite o transporte, lançamento e o adensamento do concreto para cada finalidade de aplicação.

**Figura 21 – Material constituinte do concreto-cimento**



**Fonte: Bastos, 2019**

**Figura 22 – Material constituinte do concreto-areia**



**Fonte: Bastos,2019**

**Figura 23 – Material constituinte do concreto-brita 1**



**Fonte: BASTOS,2019**

Como mostrado na Figura 24, Figura 25 e Figura 26, pode-se atestar esquematicamente que a pasta é o cimento misturado com a água, a argamassa é a pasta misturada com a areia, e o concreto é a argamassa misturada com a brita. A pasta desempenha o papel de preencher os espaços vazios entre as partículas dos agregados, e com as reações químicas de hidratação do cimento, a pasta endurece, formando, em junção com os agregados, um material sólido.

**Figura 24- Pasta**



**Fonte: BASTOS, 2019**

**Figura 25- Argamassa**



**Fonte: BASTOS,2019**

**Figura 26- Concreto Simples**



**Fonte: BASTOS, 2019**

#### 4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO

O concreto armado é um material que é muito utilizado em diversos países do mundo, em inúmeras construções, atribuindo várias características positivas, como por exemplo:

- a) **Economia:** Principalmente no Brasil, os seus elementos são encontrados com muita facilidade e com preço moderadamente baixo.
- b) **Conservação:** No total, o concreto possui boa durabilidade, a partir de que seja realizado com a dosagem certa. É de grande importância a aplicação de cobrimentos mínimos para as armaduras.
- c) **Adaptabilidade:** Devido á sua fácil modelagem, favorece á arquitetura

- d) Agilidade de construção: a execução e o cobrimento são parcialmente rápidos.
- e) Proteção contra o fogo: Contando que a armadura seja protegida por um cobrimento mínimo suficiente de concreto.
- f) Impermeabilidade: Sob a condição da dosagem e execução correta.
- g) Resistência a choques e vibrações: os contratempos de fadiga são baixos.

No entanto, o concreto armado também apresenta características negativas, como exemplificadas a seguir:

- a) Peso próprio elevado comparado à resistência: peso específico  $\gamma_{\text{conc}} = 25 \text{ kN/m}^3 = 2,5 \text{ tf/m}^3 = 2.500 \text{ kgf/m}^3$
- b) Reformas e adaptações são difíceis de ser executadas
- c) Fissuração
- d) Transmite calor e som.

#### 4.5 PRINCIPAIS NORMAS BRASILEIRAS PARA O CONCRETO ARMADO

A norma indispensável para o projeto de estruturas de concreto armado e protendido é a NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Existem também outras normas que regularizam o projeto e a execução de obras de concreto, como:

NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento

NBR 6122 - Projeto e execução de fundações

NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento

NBR 7187 - Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento

NBR 7191 - Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado

NBR 7480 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação

NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.



## 5 RELAÇÃO DO BAMBU COM A CONSTRUÇÃO CIVIL

Buscando uma relação entre o Bambu e a construção civil observou-se que muitos estudiosos buscam aprofundar sobre a técnica certa de utilização dessa material na construção civil, assim foi realizado um breve levantamento bibliográfico relacionando o Bambu com o concreto e outros materiais utilizados na construção civil.

### 5.1 PESQUISAS COM BAMBU E CONSTRUÇÃO CIVIL

Pesquisas realizadas por Humberto et.al (2010), concederam a avaliação sobre o comportamento de pilares de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* com e sem o preenchimento interior de concreto. Realizaram-se ensaios de compressão axial em 18 pilares com comprimentos de 1, 1,5 e 2 metros de comprimento, tal qual seis pilares, sendo que 3 pilares são mistos de bambu-concreto e 3 são constituídos apenas por colmos de bambu.

Os resultados foram examinados pelo meio da teoria da instabilidade de casca cilíndrica e das propriedades mecânicas dos materiais. As curvas de força x deformação, teóricas x experimentais, são expostas e a influência do comprimento dos pilares sobre as últimas forças resistentes foi examinada mediante a análise de variância.

Os pilares mistos bambu-concreto apontam um comportamento não-linear e, em média, suas últimas forças exibem um valor da ordem de 50% da alcançada pela teoria da resistência dos materiais.

Quanto aos pilares constituídos apenas por colmos de bambu, revelam um comportamento linear e suas últimas forças divergem apenas 5% das teóricas, calculadas pela teoria da resistência dos materiais.

Concluiu-se também que o uso de pilares de bambu sem preenchimento de concreto indica uma maior viabilidade econômica e estrutural, tendo potencial em obras de pequeno porte e um custo baixo.

De acordo com outra pesquisa, realizada por Ligia et. al (2006), chegaram a conclusão por meio de dois estudos fundamentados em um planejamento estatístico do experimento, sendo que o primeiro foi investigado a importância da dimensão da seção transversal das hastes de bambu e da resistência do concreto na aderência bambu-concreto, já no segundo estudo, foi analisado o efeito da disposição de pinos artificiais nas hastes de bambu. Foram realizadas 10

cópias para cada combinação de fatores, referentes aos dois estudos, sucedendo um total de 159 ensaios de arrancamento.

Foram analisadas as curvas tensão de aderência vs. descolamento relativo bambu-concreto, e a tensão de aderência de cálculo é calculada e contraposta com valores recomendados por normas internacionais para barras lisas de aço. Concluiu-se, na primeira etapa da investigação, que somente a resistência do concreto atua na aderência bambu-concreto e que esta tensão é unicamente 20% menor que a do aço liso-concreto. Na segunda etapa foi aferido que os pinos de bambu e de aço aumentam a eficácia de transferência de tensões bambu-concreto, de forma considerável.

## 5.2 ASSOCIAÇÃO DO BAMBU COM OUTROS MATERIAIS

Nos dias de hoje o aproveitamento de materiais renováveis relacionados a projetos de arquitetura sustentáveis é fundamental, no entanto, o bambu não pode ser o único material presente na estrutura de uma edificação. Segundo Radaik (2018), qualquer haste de bambu que for sujeita à flexão, deverá ser feito o preenchimento com concreto, visto que o bambu é insuficiente em situações que necessite de resistência mecânica. Contudo, leva-se em consideração o desenvolvimento de um material misto, constituído por bambu e preenchido por concreto, unificando as principais vantagens do bambu e concreto em um só elemento.

Desse modo, é possível fazer uma analogia com os exoesqueletos dos animais, que conseguem carregar até 50 vezes o seu próprio peso, como é o caso das formigas (FAUNA BRASIL, 2011).

Diversos estudos associados com concreto, mencionam inúmeras soluções tendo como principal, o aumento da aderência e problemas de fissuras. Visto que o bambu apresenta pouca aderência com argamassas e concreto, alguns testes foram executados onde foi confirmado que algumas ações devem ser tomadas para ampliar a eficácia do trabalho junto a esses materiais.

Uma das ações a serem tomadas é a impermeabilização onde evita variações dimensionais, pela absorção de água, em especial quando há contato com o concreto e a argamassa de revestimento.

Marçal (2008) recomenda o uso de argamassas com menor quantidade de agregado e maior concentração de cimento, uma vez que os agregados graúdos impossibilitam a inserção da argamassa pelo furo aberto na haste, além do enchimento não ser homogêneo.

Para confirmar a homogeneização e o adensamento do concreto é fundamental o uso de vibradores, tendo o cuidado com o manuseio do vibrador para não esbarrar nas paredes do colmo.

Nogueira (2009) faz menção a ensaios de vigas e pilares de bambu com o propósito de analisar a performance estrutural deste composto.

## 6 CONCLUSÃO

Entende-se que para a utilização do Bambu na construção civil é uma interessante vertente de estudo visto que é necessário compreender a melhor forma de se tratar e preparar a peça, já que o principal influenciador da qualidade do bambu é a porcentagem de água e amido na constituição, como foi mostrado ao decorrer deste trabalho.

Com base no estudo comparativo dos principais tipos de tratamentos do Bambu utilizado para uso na construção civil, é possível apontar algumas considerações. Percebe-se que os tratamentos tradicionais são os mais usuais, devido a sua facilidade quanto aos materiais necessários para a realização do tratamento e o fato de não alterar a constituição da peça, porém esse tipo de tratamento necessita de semanas para ser efetuado.

Entretanto, o tratamento químico apresenta melhores alternativas para reduzir umidade e concentração de amido da peça em menor tempo, comparado aos tratamentos tradicionais. Porém esse tratamento, requer materiais específicos, tendo um custo maior, mas no entanto, esse tratamento é realizado de forma rápida, pode levar minutos ou poucos dias.

Concluindo assim, que o que deve ser analisado quando for preciso realizar tratamentos no bambu para o uso na construção civil é o custo e o tempo estimado para que estas varas de bambu estejam tratadas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, José Dafico. **CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES COM BORRACHA DE PNEU RECICLADA SEGUNDO PROCESSO JOSÉ NETO DE MEDEIROS**. 2006. 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Goiás, Goiânia, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2014, 221p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado**, NBR 7480. Rio de Janeiro, ABNT, 1996, 7p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**, NBR 8681. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**, NBR 6120. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de fundações**, NBR 6122. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Forças devidas ao vento em edificações**, NBR 6123. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento**, NBR 7187. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado** , NBR 7187. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- AUSTIN, R.; LEVY, D.; UEDA, K. **Bamboo**, 5 ed. Tokyo, Japão: Weatherhill, 1977. 215p.
- AZZINI, A.; SALGADO, L.A. **Possibilidades agrícolas e industriais do bambu**. O Agrônomo, Campinas, v. 33: 61 – 80, 1981.
- BAMBOO BIODIVERSITY, Disponível em: <https://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/>. Acesso em 27 maio. 2011.

BARBOSA, J. C. **Utilização do Bambu na produção de habitação de interesse social**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1997. 160p.

BARROS, Carolina. **A história dos materiais de construção acompanha a própria evolução do homem, pois este sempre buscou na casa um local de abrigo e segurança imprescindível à sua sobrevivência e um ponto de referencia fundamental para o seu relacionamento com o mundo**. Rio de Janeiro: Própria, 2010.

BASTOS, P.S. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. Faculdade de Engenharia, Unesp, São Paulo, 2006.

BASTOS, P.S. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. Faculdade de Engenharia, Unesp, São Paulo, 2019

BERALDO, A.L.; AZZINI, A. **Protótipo de edificações com o uso de diferentes espécies de Bambu**. Campinas: UNICAMP, 2000. 7p.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, K.; PEREIRA, A.R. **Bambu: Características e Aplicações**. UNESP, 2001, 58 p.

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

BERALDO, A. L.; PEREIRA, M. A. R. **Bambu de corpo e alma**. Bauru, SP: Canal6, 2008. 240 p.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006, p. 34.

CÉSAR JÚNIOR, K. M. L.; VERÍSSIMO, G. S. **Concreto Protendido: Fundamentos Básicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1. ed, 1998, não paginado. Disponível em: . Acesso em: 10 nov. 2012

FAUNA BRASIL, **O portal da Fauna Brasileira: Curiosidades sobre Insetos**. 2011.

FILGUEIRAS, T.S. **Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil** (gramineae: bambusoidae). Revista Brasil. Bot. 11:47- 66.1988.

FILGUEIRAS, T.S.; SANTOS-GONÇALVES A.P. **Tupi guarani: fonte de informações sobre bambus nativos do Brasil**. Heringeriana, Brasília. v.1, n.1, p.35-41, 2007. Checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil. Bamboo Science and Culture; The Journal of the American Bamboo Society. v.18(1): p.7-18, 2004.

FREITAS, W. J.; Beraldo, A. L. **Tecnologias e materias alternativos de construção**. Editora UNICAMP, Campinas. 2000

GHAVAMI, K. **Application of bamboo as a low-cost construction material**. In: Bamboo Current Research, Proceedings of International Bamboo Workshop, Cochin, Índia, Kerala Forest Reseach Institute, & IDRC, 1988, p.270-279. Application of bamboo as a low-cost

energy material in civil engineering. Third CIB RILEM Symposium on Materials for Low Income Housing, Mexico City, 1989, p. 526- 536.

GHAVAMI, K. **Bambu: um material alternativo na engenharia**. Construção Civil/ Pesquisa, ENGENHARIA, Nº 492, p.23-27,1992

GHAVAMI, K., LIMA, H. C. L. ;BARBOSA, N. P. **Comportamento em serviço de lajes de concreto reforçadas com bambu**. Relatório interno, Departamento de Engenharia Civil-PUC/RJ. 1995.

GHAVAMI, K. ; MARINHO, A. B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies : mosó, matake, guadua angustifolia, guadua tagoara e dendrocalumus giganteus para utilização na engenharia**. PUCRJ- Departamento de Engenharia Civil 2001.

GONÇALVES, M.T.T., PEREIRA, M.A. dos R., GONÇALVES, C.D. **Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. CD-Rom.

GRECO, T.M; CROMBERG M. **Bambu - cultivo e manejo**. Florianópolis – SC: Editora Insular. 2011, 183p.

HILDAGO, LOPEZ O. **Bambú: su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, Arquitetura, Ingeniería, Artesanía**. Colômbia: Estudios Tecnicos Colombianos Ltda., 1974. 318p.

Bamboo the gift of the gods. D’Vinni Ltda, 2003. Bogota, Colômbia. 553p

JANSSEN, J.J.A. **Designing and building with bamboo**. Beijing, China: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2000, Technical report n.20.

JARAMILLO, Simon Velez. **La guadua en los grandes proyectos de inversion**. In; CONGRESSO MUNDIAL DE BAMBU/GUADUA, 1., Pereira, Colômbia, 1992, Anais..., 1992.

JUNIOR, R.C. **Arquitetura com Bambu**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 109p.

LIESE, W. **Bamboos - Biology, silvies, properties, utilization**. Hamburgo: Eschborn, dt.Ges.fur.Techn. Zusammnarbeit (GTZ). 1985 , 132p.

Ligia, P. Mesquita; Normando,P. Barbosa. **Determinação da tensão de aderência do bambu-concreto**, 2006

LIMA JUNIOR, Humberto C. et al. **Mechanical analysis of hybrid bamboo-concrete columns**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2010, vol.14, n.5.

London, UK: Intermediate Technology Publications, 1995. 60p.

LONDONO, X. **Generalidades botânicas de los bambus del neotropico con enfasis em el gênero Guadua**. In: I Sinpósio Nacional de Bambu del Equador, 6p. Portoviejo, Manabi, 1991

LÓPEZ, O. H. **Manual de construcción con bambú**. Estudios Tecnicos Colombianos.- Editores, Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigacion de Bambu y Madera-CIBAM. 1981

MARÇAL, V. H. S. **Uso do Bambu na construção civil**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008. 60p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008. 674p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

NOGUEIRA, F. M. **Bambucon: Bambu reforçado com microconcreto armado**. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. 42p.

OTTO BAUMGART INDÚSTRIA E COMÉRCIO S. A. **Apresenta informações e especificações sobre aditivos**.

PADOVAN, R. V. **O Bambu na arquitetura**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2010. 184p.

PEREIRA, M. A. dos R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)**. 1997. 161f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. **Bambu: Espécies, Características e Aplicações**. Departamento de Engenharia Mecânica/Unesp. Apostila. Bauru. 2001, 56 p.

RAIDAK, C. E. **Cadeia Produtiva do bambu como material construtivo e sua aplicação: Estudo de caso no Estado de São Paulo**. 2018. 186f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2018, 186p.

RAMOS, W. N. P. **Bambu como material para habitações**. Cidade Gaucha, PR: Universidade Estadual de Maringá, 2009. 55p.

RIBAS, R. P. **Bambu: Planta de grande potencial no desenvolvimento sustentável**. 2010.

SILVA, R.M. **Bambu no Brasil e no mundo**. [S.l], 2005. 45 p.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de Bambu para habitações econômicas: Avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006. 204p.

TOMAZELLO FILHO, M. & AZZINI, A. **Variação e estrutura dos colmos de bambu (*Bambusa vulgaris*)**. O Papel, 69: 155-161, 1988.

UEDA K. **Bamboo industry in Japan, Present and Future**. In: Proceedings of the XVII IUFRO World Congress- Division 5, Kyoto, Japan, 1981, 5: 245-255.



