

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JAMINY SAAD HAULI

**ESTUDO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVÉL UTILIZANDO
O BAMBU**

ANÁPOLIS / GO

2018

JAMINY SAAD HAOLI

**ESTUDO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVÉL UTILIZANDO
O BAMBU**

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

ORIENTADOR: EDUARDO VIEIRA MACHADO

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

HAOULI, JAMINY SAAD

Estudo da construção sustentável utilizando o bambu

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - Uni Evangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Sustentabilidade

3. Propriedades físicas e mecânicas

I. ENC/UNI

2. Bambu

4. Bambu na arquitetura

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

HAOULI, Jaminy Saad. Estudo da construção sustentável utilizando o bambu. TCC, Curso de Engenharia Civil, Uni Evangélica, Anápolis, GO, 60p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

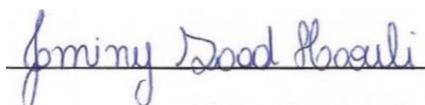
NOME DO AUTOR: Jaminy Saad Haouli.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da construção sustentável utilizando o bambu.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida à Uni Evangélica 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.



Jaminy Saad Haouli

E-mail: saadjaminy@gmail.com

JAMINY SAAD HAOLI

**ESTUDO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVÉL UTILIZANDO
O BAMBU**

**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**

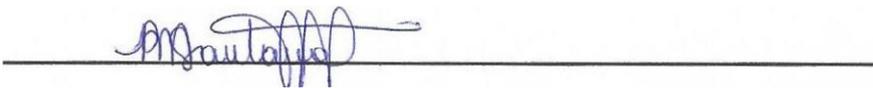
APROVADO POR:



**EDUARDO VIERA MACHADO, Mestre (Uni Evangélica)
(ORIENTADOR)**



**EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (Uni Evangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**POLLYANA MARTINS SANTANA GUIMARÃES, Mestra (Uni Evangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 06 de junho de 2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu pai Deus, sem ele eu nunca teria a oportunidade de realizar esse sonho, agradeço a ele por planejar tudo isso antes mesmo d'eu vim ao mundo, por me levar no colo durante todas as tripulações que passei nesse período de crescimento o qual tive que sair de casa ter um futuro melhor, assim podendo propiciar um futuro melhor a minha família. Obrigada pai por toda superação e força que tive para chegar até aqui, não tenho palavras para demonstrar o quanto o amo, por tudo que o senhor fez e faz por mim, principalmente por me dar a melhor família que possa existir, imperfeita, mas transbordando amor, em especial minha mamãe.

Agradecer minha mamãe Cassia Aparecida é uma missão difícil, qualquer palavra dita aqui seria pouco, só ela e Deus sabe o que passaram para me propiciar bons estudos e qualidade de vida. Sem ela eu não sou nada e nem ninguém, literalmente. Quantas vezes ela orou pedindo a Deus para cuidar aonde ela não podia chegar, mesmo cansada, pedia forças para trabalhar, para nunca deixar faltar nada para mim e minha irmã, ou para poder nos dar pelo menos o mínimo que é a educação, para podermos ter um futuro dignos. Essa é a mulher que eu mais admiro no mundo, tenho o maior orgulho do mundo em tê-la como mamãe, amiga, companheira, e o grande amor da minha vida. Lembro vagamente de todas as dificuldades superadas por ela, desde nova sempre abriu mão da própria vida pela minha e a da minha irmã, e hoje consigo dar o primeiro passo para realizar meu maior sonho, retribuir um pouco de tudo que essa mulher incrível fez e faz por mim. Minhas palavras são poucas para mostrar o que sinto por você mamãe, obrigada por me carregar quando eu já não conseguia mais andar, obrigada por cada briga, por NUNCA me deixar ficar para trás, por nunca desistir de mim, e nem me deixar desistir, amo você mais que tudo.

Agradeço aos meus avôs Maria de Lourdes e João Neto, também os grandes amores da minha vida, que hoje estão realizando um sonho maior que o meu, vê mais uma neta se formando. Deus me deu eles como o maior presente da minha vida, que são como pais, felizmente tive a imensa felicidade em crescer junto a eles, aprendendo e admirando cada passo que eles davam, sempre me deram forças, abriram mão de suas próprias vontades pelas minhas e sempre se preocuparam e estão presentes em todos os momentos da minha vida, obrigada por todo amor dado, por sempre me olharem com bons olhos e colocarem esperança em mim quando nem eu mesma enxergava, prometo cuidar sempre de vocês e retribuir tudo

que fizeram e sempre fazem por mim, obrigada por me deixar ser sua filha, neta e amiga. Amo vocês.

Agradeço minha irmã Narla Saad, que desde que me entendo por gente cuida de mim como uma mãe, mais uma dádiva de Deus em minha vida. Sempre zelou por mim e pelo meu bem-estar, me dando forças para nunca desistir do meu sonho. Acompanhou cada sofrimento e cada alegrias que a mim foi atribuída. Me amparou quando eu me via sozinha, cansada e perdida. Me deu a mão quando sempre precisei, me ensinando a viver e a superar as dificuldades. Sempre foi um grande espelho na minha trajetória, minha admiração por você é imensurável, obrigada pela preocupação em exagero na minha vida acadêmica, por se sentir responsável por mim desde do primeiro dia de aula do ensino fundamental até o ultimo dia de aula da faculdade, não tenho palavras para te agradecer. Obrigada por trazer a Flor para as nossas vidas, quantas vezes ela me trouxe sorrisos e me amparou quando estávamos só nós duas. Amo vocês querida irmã, só Deus sabe o tamanho da minha gratidão por ter você como mãe e tudo que fez e faz por mim.

Agradeço as minhas tias Claudia, Leila e Queile, tio Sergio, primos Guilherme, Gustavo, Marcos Paulo, Miguel, afilhado João Victor e afilhada Yasmin por me proporcionarem abrigo sempre quando precisei, me fazendo feliz em meio a tantas turbulências nesse período de faculdade e fora dele. Vocês são tudo para mim, obrigada por cada conselho, cada conversa, cada demonstração de amor, por terem me dado tanta força ao decorrer de toda minha caminhada, por não me deixar desistir de chegar aonde estou, e me ajudar com amor e paciência sempre procurando me entender e me proporcionar o melhor. Pode parecer clichê, mas sem cada um de vocês eu nunca teria chegado aonde cheguei, me tornado a mulher que sou hoje. Sempre me espelhei em um pedacinho de cada um de vocês. Minha admiração por vocês é incalculável, mais uma vez só tenho a agradecer muito a Deus, tenho certeza que ele escolheu vocês com o coração cheio de amor para coloca-los em minha vida, pois sabia que sozinha eu não iria conseguir, se hoje eu estou tento a oportunidade de escrever os agradecimentos do meu TCC é graças a Deus e a vocês. Obrigada por tudo, incondicionalmente, amo cada um de vocês mais que tudo em mim e na minha vida.

Não posso deixar de agradecer a outras grandes pessoas que fazem parte da minha família de coração, minhas amigas, Ana Paula Moreira, Kassia Silva e Paula Caroline, elas me acompanharam em cada passo da minha vida desde do ensino fundamental, aonde sonhávamos com o dia de hoje. Obrigada por nunca me deixarem desistir do que mais busquei e sonhei na vida, vocês sempre me aconselharam por todas as fazes da minha vida, inclusive a

acadêmica, sempre me deram animo e colo quando pensei em desistir de tudo, obrigada por me aguentarem, por serem presentes de Deus em minha vida, por aceitarem o cargo de para sempre minhas irmãs.

Também agradeço do fundo no meu coração as minhas amigas da faculdade, Juliana, Rita e Sara, elas literalmente me guiaram para chegar até aqui, muitas vezes sem saber me deram força e inspiração para que eu nunca desistisse e enxergasse a pessoa que eu realmente sou, obrigada por todas as noites em claro estudando ao meu lado, por segurarem as coisas quando eu não tinha mais força para segurar sozinha, obrigada por me acolherem na casa de vocês e partilharem a família de vocês comigo, em especial a tia Leila, que sempre me acolheu como filha. Obrigada pela paciência de todos esses anos e por todos os momentos felizes e desagradáveis que me fizeram amadurecer e crescer. Eu jamais vou poder conseguir retribuir tudo que fizeram por mim, mas prometo sempre tentar com tamanho amor e nunca as deixarem. Vocês são o amor que sempre ficarão em minha vida, amo vocês.

Agradeço aos meus professores que me proporcionaram conhecimento para concluir minha graduação, em especial alguns que fizeram isso com amor e carinho, como meu orientador Eduardo Vieira, que teve a maior paciência comigo, que por diversas vezes não me deixou desistir desse TCC, contribuiu com esse trabalho além da sua obrigação e foi um grande amigo. Em especial gostaria de agradecer também ao diretor do meu curso, Rogerio Cardoso, o qual tenho uma inestimável admiração, obrigada por influenciar a pessoa que procuro me tornar, obrigada por sempre estar disponível para me auxiliar em meus problemas acadêmicos e ser um grande amigo, agradeço a Deus pela sua vida e por colocá-lo na minha. Sempre terei um carinho enorme por vocês.

Não tenho como deixar de agradecer também as pessoas que passaram pela minha vida nesse período de formação acadêmica, nem todos ficaram ou trouxeram apenas coisas boas, mas todos me proporcionaram amadurecimento, conhecimento, e me deram muita força para mostrar meu potencial ao mundo, obrigada.

RESUMO

Com o crescimento em massa da construção civil no mundo, muitos dos recursos naturais correm o risco de se esgotarem, pensando nisso iniciou-se varias pesquisas sobre um modo alternativo dos materiais utilizados na construção, visando manter a qualidade e ao mesmo tempo o meio ambiente saudável, pois ele é fundamental para a sobrevivência de todas as espécies existentes. Desta forma encontra-se um método sustentável a partir do bambu, o qual se mostra o mais eficiente em meio a tantos estudos. Foram pesquisados vários artigos, destacando Khosrow Ghavami , engenheiro civil pioneiro nas pesquisas sobre o assunto, mostra a eficiência e a qualidade do bambu, que em alguns casos consegue superar o concreto e o aço em questões de resistências físicas e mecânicas. Buscando introduzi-lo na construção, é demonstrada sua forma estrutural para que se obtenha um melhor entendimento da sua capacidade. Estudos e testes feitos em algumas universidades do país foram comparados para provar a eficiência do bambu, e colocar em evidencia os obstáculos que se tem para trabalhar com esse material, como os equipamentos específicos e normas regulamentadoras, que não são encontrados com facilidade no Brasil por não ser tão usual. Expondo suas vantagens, principalmente financeira é esperado a busca por soluções e mais estudos a fim de torna-lo um material comumente utilizado em todas as áreas de construção e contribuir para o meio ambiente natural, unificando a construção civil, a arquitetura e a sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE:

Bambu. Resistencia física e mecânica. Sustentabilidade.

ABSTRACT

With the growing mass of construction in the world, many of the natural resources run the risk of being exhausted, thinking about that began several research on an alternative way of the materials used in the construction, aiming to maintain the quality and at the same time the environment as it is fundamental to the survival of all existing species. In this way a sustainable method from bamboo is found, which is the most efficient among so many studies. Several articles were researched, including Khosrow Ghavami, a civil engineer who pioneered research on the subject, showing the efficiency and quality of bamboo, which in some cases manages to overcome concrete and steel in questions of physical and mechanical resistance. Seeking to introduce it in the construction, its structural form is demonstrated so that a better understanding of its capacity is obtained. Studies and tests carried out in some universities in the country were compared to prove the efficiency of bamboo, and to highlight the obstacles that have to work with this material, such as specific equipment and regulatory standards, which are not easily found in Brazil. not be so usual. Exposing its advantages, mainly financial is expected the search for solutions and further studies in order to make it a commonly used material in all areas of construction and contribute to the natural environment, unifying civil construction, architecture and sustaitability.

KEYWORDS:

Bamboo. Physical and mechanical resistance. Sustaintability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponte erguida na Indonésia a centenas de anos	8	
Figura 2 - Bamboo Car Park, no Slotervaart Medical Center, em Amsterdã Arquitecto: Jong Gortemaker Algra	12	
Figura 3 - VTN Architects projeta pavilhão de bambu para um restaurante na China Arquitecto: Vo Trong Nghia	12	
Figura 4 - Terminal do Aeroporto de Madri-Barajas Arquitectos: Estudio Lamela + Richard Rogers	13	
Figura 5 - Casa de Chá Pátio de Bambu HWCD Associates Arquitecto: Sun Wei	13	
Figura 6 - Kontum Indochine Café Arquitecto: Vo Trong Nghia.....	14	
Figura 7 - Fabrica da Big Tree Farms, perto de Ubud, Bali. Arquitecto: Pete Celovsky.....	14	
Figura 8 - O Hill Restaurant, Méxicó Arquitecto:Vo Trong Nghia	15	
Figura 9 - Catedral de Pereira da Colómbia Arquitecto: Simon Vélez	15	
Figura 10 - Andaime de bambu na construção de arranha céu em Hong KongFigura.....	18	
Figura 11 - Piso de bambu	19	
Figura 12 - Ligação feita por amarração	Figura 13 - Ligação feita por encaixe	20
Figura 14 - Ligação amarração 2	Figura 15 - Ligação em estrutura de telhados	20
Figura 16 - Perfil do inseto Dinoderus minutus (Caruncho)	23	
Figura 17 - Bambu Dendrocalamus Giganteus.....	27	
Figura 18 - Bambu Vulgaris, plantação no instituto florestal de Kerala	28	
Figura 19 - Plantação de Bambu do tipo Taquara	28	
Figura 20 - Bambu Guadua Chacoensis cortado após o nó	29	
Figura 21 - Bambu Guadua Angustifolia tratado pronto para utilização	30	
Figura 22 - Cultivo de bambu da espécie Dendrocalamus asper.....	30	
Figura 23 - Moita de Bambu Dendrocalamus Strictus	31	
Figura 24 - Estrutura em comum com todas as espécies de bambu.	34	
Figura 25-Seção de um colmo de bambu e suas denominações.....	36	
Figura 26 - Visão microscópica da variação da fração volumétrica das fibras na espessura do colmo do bambu Guadua angustifolia	40	
Figura 27 - Detalhes da microestrutura do bambu – conjunto vascular	40	

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens	21
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado	16
Tabela 2 - Resistência mecânica de amostras de bambu serrado	16
Tabela 3 - Dimensões e massa de colmos de diversas espécies - valores médios.....	38
Tabela 4 - Razão entre tensão de tração e o peso específico	44
Tabela 5- Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	45
Tabela 6 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu <i>Guadua angustifolia</i>	46
Tabela 7 - ANOVA (A análise de variância) dos resultados do módulo de elasticidade dinâmico (EDF) por ultrassom.....	48
Tabela 8 - ANOVA (A análise de variância) dos resultados do módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática.	49
Tabela 9 - Comparação entre os tratamentos realizados – Método de Tukey HSD 95%*.....	50

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Teor de umidade	38
Equação 2 - Módulo de elasticidade de um compósito, E_c	41
Equação 3 - Soma entre V_f e V_m	41
Equação 4 - equação da mistura levando em consideração a variação do eixo x	41
Equação 5 – relação entre inercia e seção transversal.....	44

LISTA DE ABREVIATURA DE SIGLA

ABB	Ácido Bórico Bórax
ACSB	Acceptance Criteria for Structural Bamboo
AGROBAMBU	Associação Brasileira dos Produtores de Bambu
ANOVA	Análise de Variância
BLC	Bambu Laminado Colado
CCB	Borato de Cobre Cromatado
CIB	Conselho Internacional da Construção
CRE	Comissão de Relações Exteriores e Defesa Nacional
DLBS	Double Layered Bamboo Scaffolds
ICBO	International Conference of Building Officials
INBAR	International Network For Bamboo and Rattan
ISO	International Organization for Standardization
MED	Módulo de Elasticidade Dinâmico
MLC	Madeira Laminada Colada
MOE	Modulo de Elasticidade
NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NMBA	National Mission On Bamboo Applications

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 METODOLOGIA.....	3
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2 ESTUDO TEÓRICO.....	5
2.1 SUSTENTABILIDADE.....	5
2.2 HISTÓRICO.....	8
2.3 POR QUE O BAMBU?.....	9
3 BAMBU NA CONSTRUÇÃO.....	10
3.1 VIABILIDADE FINANCEIRA.....	10
3.2 UTILIZAÇÃO DO BAMBU NA ARQUITETURA.....	10
3.3 EMPREGABILIDADE DO BAMBU.....	16
3.3.1 Bambu Laminado Colado.....	16
3.3.2 Tubulações hidráulicas.....	17
3.3.3 Composto de bambu e resíduos de Borracha.....	17
3.3.4 Andaimos feitos de bambu.....	17
3.3.5 Piso.....	19
3.3.6 Estrutura.....	19
3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BAMBU.....	21
3.5 NORMAS REGULAMENTADORAS.....	24
4 O BAMBU.....	26
4.1 ESPECIES DE BAMBUS USADOS NA CONSTRUÇÃO SITUADOS NO BRASIL ..	26
4.1.1 Dendrocalamus giganteus (bambu gigante).....	26
4.1.2 Bambusa Vulgaris (B. surinamensis).....	27
4.1.3 Taquara.....	28
4.1.4 Guadua chacoensis.....	29
4.1.5 Guadua Angustifolia.....	29
4.1.6 Dendrocalamus asper.....	30

4.1.7 Dendrocalamus Strictus	31
4.2 TÉCNICAS DE PRESERVAÇÃO DO BAMBU	32
4.2.1 Tratamento	32
4.2.1.1 Corte do bambu	32
4.2.1.2 A cura feita na mata	32
4.2.1.3 Tratamento por imersão	32
4.2.1.4 Tratamento pela fumaça e fogo.....	32
4.2.1.5 Tratamento sobpressão.....	32
4.2.2 Secagem do bambu.....	33
4.3 Características estruturais do bambu	33
4.3.1 Raízes 34	
4.3.2 Folhas 34	
4.3.3 Maturação.....	35
4.3.4 Rizomas	35
4.3.5 Flores 35	
4.3.6 Colmo 36	
4.3.7 Crescimento	37
4.3.8 Umidade	38
4.3.9 Feixes de fibra.....	39
4.3.10 Vasos	39
4.4 MESO-ESTRUTURA DO BAMBU.....	39
4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO BAMBU	42
4.6 LIGAÇÃO ENTRE O MOMENTO DE INÉRCIA E A ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL	43
4.7 TRAÇÃO PARALELA.....	44
4.8 TENSÃO DE CISALHAMENTO	45
5 COMPARAÇÕES DE CASOS.....	47
5.1 RESULTADOS	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Segundo Barros (2009), no começo, o material utilizado para cada tipo de construção dependia muito da região, pois não haviam muitos métodos para transporte, devido a isso cada região se adequava a um tipo diferente de construção e material a ser utilizado. Eram empregados materiais nativos de cada região, de maneira rústica, proveniente da madeira, pedras, fibras de coco, cipó, fibra de trigo, algodão entre outros. Contudo os estudos foram evoluindo e a construção se adequando a cada tipo de material específico, os quais jugavam essenciais para qualquer tipo de construção, como o cimento Portland e o aço, substituindo as matérias-primas rústicas.

A partir dos anos 70 começou o desenvolvimento com materiais que conhecemos e utilizamos até hoje, como; a Aramida, Rayon, Nylon, Poliéster e outros elementos derivados de polímeros sintéticos, considerando-se: materiais avançados. Tais materiais foram usados como reforços em compósitos, nos países industrializados. Estes estão gradualmente substituindo o aço e o concreto (DA SILVA HIPOLITO, I.; DA SILVA HIPOLITO, R. e DE ALMEIDA LOPEZ, 2013).

Chegada a mecanização da mão de obra em grandes cidades, ocasionou-se problemas como: gastos excessivos de energia, gerando mais despesas às indústrias, propiciando grande parte dos desempregos. Devido a isto, um grande número de pessoas mobilizou-se para zonas rurais e pequenas cidades. Na qual a maioria tinha como única renda, os recursos naturais, que acabará ficando comprometido (DELIBERALI, M. 2014).

Devido a ausência de iniciativa sobre os recursos, não houve reposição dos mesmos, trazendo ainda mais prejuízo à sociedade e logicamente ao meio ambiente. No entanto, os recursos naturais são de extrema importância para a sobrevivência da humanidade, devido a ele consegue haver minimização do consumo de energia, conservação dos recursos hídricos e redução da poluição, tudo que os seres vivos necessitam para viver, além de manter a população em um ambiente saudável (WILSON, E. 2002).

Vários países já iniciaram as pesquisas na área da sustentabilidade, estudando tipos de materiais sistemáticos não poluente, como o bambu, fibras vegetais, resíduos industriais, minerais e agrícolas, que estão sendo foco de estudos sob todos os aspectos de comportamento mecânico. O Bambu mesmo, já vem sendo investigado a tempos sobre sua aplicação, não apenas em resíduos agrícolas e minerais, mas como forma usual nas construções, sendo uma alternativa de qualidade e agradável a natureza (GHAVAMI, 1984, 1992; GHAVAMI & CULZONI, 1987).

Grande parte do sucesso dessa gramínea se deve a excelente viabilidade financeira que possui, porém assim como qualquer outro tipo de material, para ser produzido em grande escala na construção, faz-se necessário um estudo sistemático desde o processo de plantação, passando pela colheita, cura, tratamento e pós-tratamento, incluindo também uma análise completa das propriedades físicas e mecânicas (GHAVAMI, 2001).

Suprindo as necessidades esperadas o bambu é de grande importância, não apenas para o meio ambiente, mas para todas as áreas da sociedade, servindo de várias maneiras, principalmente em construções civis. Deixando a desejar apenas o fato da qualidade e funções dessa gramínea ainda ser tão desconhecida, pois a falta desse conhecimento afeta de forma negativa a sociedade (LIESE, 1980).

1.1 JUSTIFICATIVA

Existem vários materiais utilizados na construção civil, cada dia é introduzido algo novo e diferente, porém a maioria desses materiais, causam grandes transtornos ao meio ambiente. Não havendo outro local para serem extraídos, os recursos muitas vezes não são repostos, independentemente de serem eles não-renovável ou renovável, de qualquer forma estão causando danos significativos e irreversíveis ao nosso planeta.

Pensando nisso, busca-se no bambu um instrumento alternativo para substituir os meios convencionais, trabalhando para que haja qualidade nas construções e ao mesmo tempo menos danos ao meio ambiente. Tendo em vista esses aspectos, o estudo do bambu só tem sido intensificado. Esse vegetal tem sido material base para construções na Ásia, até mesmo por questões históricas, pois é um material numeroso nesta região.

O bambu pode ser extraído sem que haja qualquer tipo de danos a natureza. Pois é uma matéria prima, que se prolifera com rapidez e abundância, além de ser um instrumento de alta resistência física e mecânica, podendo servir como viga, pilar, alvenaria, acabamento e várias outras funções.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo desse trabalho é demonstrar as diversas aplicações do bambu, comprovando sua resistência física e mecânica através de ensaios realizados por

universidades do país, ao ser utilizado na construção civil. O intuito é incentivar pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto, afim de haver a utilização do mesmo de forma habitual no dia a dia.

1.2.2 Objetivos específicos

É objetivado aprofundar o conhecimento sobre projetos que utilizam o bambu de forma eficiente e eficaz, tendo o mesmo como material principal. Mostrando através da autossuficiência do bambu e destacando sua beleza natural na arquitetura de várias formas e tamanhos. Expor seu potencial, que ocorre em diversas áreas que atuam ligadas a engenharia, para que desta forma ganhe mais espaço, sendo mais usual em meio a tantas opções. Para isso mostra-se conhecimento de forma mais aprofundada da estrutura biológica do bambu, para assim compreender sua avantajada resistência a tração e compressão. São comparados testes realizados em diferentes faculdades do Brasil, para que haja conhecimento em qual região do nosso país o bambu se desenvolve com maior capacidade quando a resistência e maleabilidade.

1.3 METODOLOGIA

É disposta de artigos científicos focados de forma singular e específica em engenharia, utilizando o bambu como principal matéria prima a ser explorada, á vista disso, também são analisados artigos e revistas relacionados a ensaios de tração e compressão feitos em bambu.

As pesquisas foram feitas em livros Asiáticos, por não possuir acervos em livros brasileiros sobre o conteúdo em estudo. Contudo os artigos que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho foram desenvolvidos por Khosrow Ghavami, engenheiro pioneiro nas pesquisas sobre o Bambu da PUC-RIO, disponibilizando a maioria de seus artigos em sites de estudo.

Autores que mais contribuíram para este trabalho foram: Khosrow Ghavami¹, Albanise B. Marinho, Lodoño e Mariane Franco, utilizou-se artigos dos mesmos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Falando sobre sustentabilidade, este projeto apresenta os decorrentes problemas causados ao meio ambiente e a importancia em procurar soluções eficientes.

Destaca-se o problema na construção civil, recorrente dos materias utilizados retirados da natureza, que de fato estão esgotando os recursos naturais do mundo.

É demonstrado as diversas aplicações do bambu em todas as áreas da construção civil e arquitetura, evidenciando sua beleza e real qualificação para cada campo de sua atuação.

Apresenta-se suas vantagens e desvantagens.

Busca-se uma solução eficiente, entra-se no estudo sobre o bambu. Tendo o intuito de apresentar o Bambu como um material que possa substituir alguns materiais em diversas áreas da construção civil, sem que haja comprometimento na qualidade das construções e ao meio ambiente.

No decorrer do trabalho é exposta, a forma biológica quanto a estrutura do bambu, apresentando posteriormente estudos sobre sua resistencia fisica e mecanica, dando introdução aos testes de resistencia feitos por universades do pais.

São expostos os testes e resultados obtidos, concluindo este trabalho.

2 ESTUDO TEÓRICO

2.1 SUSTENTABILIDADE

O termo desenvolvimento sustentável ocorreu pela primeira vez durante a 1ª Conferência Mundial do Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, na Suécia no ano de 1972. Entretanto, no decorrer das últimas três décadas do século XX ocorreram algumas conferências mundiais, o que propiciaram no fortalecimento da luta no sentido de preservação do meio ambiente natural e seus recursos os quais são importantes para o desenvolvimento da humanidade no sentido técnico, social e ambiental (BARBIERI, 2007). Nesse contexto histórico e conferencial, um importante marco acrescentou de forma decisiva em relação a esse novo paradigma, que foi a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, no Rio de Janeiro em 1992 (CUNHA e GUERRA, 2005).

Segundo Dias (2010), na década de 1990, houve um grande avanço em relação à visão desenvolvimentista voltada para as questões sustentáveis. Com efeito, as questões sociais e culturais estão inseridas no contexto do desenvolvimento sustentável, a qualidade de vida que uma pessoa precisa ter é amplamente abordada em todos os aspectos do paradigma ambiental. Em todas as conferências realizadas, o ser humano sempre foi tratado de maneira que esses aspectos culturais, sociais, econômicos e ambientais sejam prioridade no viver da humanidade (DIAS, 2008, p. 25).

Na atualidade vários conceitos sobre desenvolvimento sustentável são pregados e anunciados em todo o território do planeta. No entanto, além do foco econômico, social, cultural e ambiental, outra vertente se encaixa de maneira bastante efetiva e primordial. Tal vertente é a sustentabilidade política.

Cunha e Guerra (2005, p.170) dizem que:

“A sustentabilidade política está relacionada à construção da cidadania plena dos indivíduos por meio do fortalecimento dos mecanismos democráticos de formulação e de implantação das políticas públicas em escala global e diz respeito ainda ao governo e a governabilidade nas escalas local, nacional e global.”

Outro viés do desenvolvimento sustentável está diretamente relacionado com a produção industrial em que as empresas têm um papel de significada importância dentro desse contexto de sustentabilidade (DIAS, 2010, p. 39 e 40).

O desenvolvimento sustentável requer responsabilidades por parte de empresas, da sociedade e das autoridades governamentais. Necessita-se de uma sinergia entre aspectos

positivos, levando não só a natureza e seus recursos naturais, mas toda a sociedade humana ao processo de sustentabilidade, enxergando o presente e o futuro numa perspectiva de uso e conservação do ambiente natural.

Rebouças (2004) concorda com a dificuldade de conceituar desenvolvimento sustentável, isto porque pode-se contabilizar centenas de conceitos publicados e declarados. Tais conceitos geralmente ou quase sempre abrangem as relações entre o ser humano e a natureza. Mas pode-se dizer que desenvolvimento sustentável prevê as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade de que as futuras gerações possam prover as suas. Dentro desse contexto um recurso natural de relevante importância é a construção civil.

A comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento em 1991 definiu como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Para Seiffert (2010) para alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário obter crescimento econômico contínuo através de um manejo mais racional dos recursos naturais e da utilização de tecnologias mais eficientes e menos poluentes. Para outros, o desenvolvimento sustentável é antes de tudo um projeto social e político destinado a erradicar a pobreza, elevar a qualidade de vida e satisfazer as necessidades básicas da humanidade.

Dias (2004), diz que o desenvolvimento sustentável precisa respeitar a natureza com seus recursos naturais, e não se deve extrapolar os limites que os recursos naturais oferecem, tanto o consumo exagerado como a pobreza, podem causar sérios danos ao meio ambiente natural e aos seres vivos. Esse autor continua afirmando que o desenvolvimento econômico e o cuidado com o meio ambiente podem ser compatíveis, interdependentes e necessários. Fatores como a alta tecnologia, os avanços do desenvolvimento econômico podem e devem coexistir com um meio ambiente preservado.

No contexto de sustentabilidade as questões políticas e suas decisões são importantes para a manutenção da ideia sustentável, o que envolve a construção da cidadania plena dos seres humanos, a democracia e seus mecanismos são fundamentais para implantação de tais políticas o que indica uma governabilidade voltada para o desenvolvimento chamado de sustentável (CUNHA E GUERRA, 2005).

A sustentabilidade deve permear toda e qualquer atividade humana. Em obras de construção civil devem-se conscientizar colaboradores e funcionários, para tal com práticas demonstrativas e palestras que concordam com o pensamento e comportamento no sentido socioambiental baseado e fundamentado na sustentabilidade.

No Afã pela melhor definição e melhor aplicabilidade pela implementação da sustentabilidade nas empresas, sociedade e governos, pode evidenciar um conjunto de ações éticas, que a sociedade toma para que seja considerada sustentável ambientalmente e socialmente. A primeira definição de desenvolvimento sustentável foi o relatório produzido pela Comissão de Brundtland em 1987. Conforme foi descrito na Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991, p. 19), sustentabilidade:

“é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas.”

Com toda informação disponível e por ser um paradigma da atualidade, as pessoas estão em processo de transformação e crítica. O pensamento moderno perpassa por caminhos estritamente ligados as questões ambientais, sociais e não menos importante econômicas.

Diante desse quadro a construção civil tem experimentado um novo norte em relação a materiais, trabalho e ganho econômico. Os materiais utilizados nas obras de grande, médio e pequeno porte tem sido revisto e prioritariamente utilizados de forma sustentável sem agredir o meio ambiente e sem causar desaparecimento de materiais básicos.

Nesse caso o bambu tem se revelado um excelente material para edificações de casas, galpões, prédios, entre outros. A preocupação ambiental em se utilizar esse vegetal praticamente é inexistente devido ao fato que é encontrado em abundância em vários locais no planeta incluindo o Brasil, no entanto, seu cultivo é simples e seu desenvolvimento rápido o que facilita a sua utilização.

A questão de sustentabilidade passa também por relações transparentes e harmoniosas de trabalho, tanto em convivência com parceiros como com proprietários das empreitadas. O bom convívio em ambiente de trabalho promove bem-estar e bom rendimento para cada indivíduo. Outro fator importante é o financeiro, as pessoas precisam ter seus ganhos justos pelo labor diário. Quando isto não acontece o rendimento do trabalhador é prejudicado inclusive por fator psicológico, no entanto, a sustentabilidade abraça esta questão tratando o ser humano como um todo, analisando de maneira completa todos os aspectos que podem interferir no bem viver do indivíduo.

2.2 HISTÓRICO

Segundo Recht (1994), o bambu já vem sendo utilizado em construções desde a época pré-histórica, mais encontrado na China e no Sul da Ásia, utilizado tanto para construções residenciais, quanto para construções de infraestrutura como pontes. Há registros que mostram pontes que foram construídas há cinco mil anos, com grandes vãos, sendo sustentadas com o auxílio de fibras de bambu.

Pimentel (1997) afirma que a utilização do bambu na construção civil, provoca o surgimento de incontáveis sistemas construtivos baseados no material. Na Ásia, por exemplo, o bambu é um material altamente utilizado, como na construção do Taj Mahal, que tem sua estrutura original composta por bambu, somente a pouco tempo fora substituído pelo aço.

De acordo com. Morado (1994), o bambu é um material economicamente viável, pois é encontrado facilmente em quase todo o mundo, sendo adequado para edificações de baixo custo, podendo ser integrado no sistema moderno de produção de construção.

Glenn (1950) apresenta o bambu como o material que apresenta grande leveza e alta resistência mecânica, deixando a desejar apenas se comparado com o titânio e o Kevlar.

Porém o certo é que na pré-história o bambu já era significativamente utilizado pelo homem. O elemento da ideografia chinesa Chu, é nada mais que a estilização de dois caules de bambu com ramos e folhagens (LAWS, Bill. 2013).

Figura 1 - Ponte erguida na Indonésia a centenas de anos



Fonte: WAHIDHASYIM, 2011.

2.3 POR QUE O BAMBU?

Segundo o Conselho Internacional da Construção - CIB a construção civil é responsável por consumir cerca de 40% a 75% dos recursos naturais do mundo, gastando quanto a energia quase o equivalente a isto. Além de ter forte influência sobre os resíduos sólidos, no qual é responsável por 50%.

Na tentativa de amenizar essas circunstâncias, são criados os "Projetos Inteligentes", com o intuito de abrir as portas da construção sustentável para o mundo. Entretanto, alguns desses projetos sustentáveis não se adaptam financeiramente a todos. Por outro lado, alguns têm acesso a matérias-primas excepcionais como o bambu, porém pela falta de informação não exploram o material com tanta riqueza.

O bambu nunca roubou olhares de admiração sem que antes houvesse conhecimento do potencial dessa gramínea. Até que seja reconhecido seu potencial, o bambu permanecerá com seu valor comercial abaixo do mercado, o que pode ser visto com bons olhos ao consumidor, porém deixando a desejar na economia do país.

Coutinho, 2017 diz que:

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

Por ser uma planta encontrada em abundância, o bambu é conhecido como 'madeira dos pobres'. No entanto, em alguns lugares como a China, a riqueza deste material consegue movimentar cerca de 7 bilhões de dólares por ano, o que no Brasil poderia aumentar significativamente a economia, já que é um dos lugares no mundo com maior acervo dessa planta.

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

3 BAMBU NA CONSTRUÇÃO

3.1 VIABILIDADE FINANCEIRA

Sobre viabilidade econômica. Por fazer frente, em questões de resistência físicas e mecânicas à madeira, ferro e ao concreto armado, com soluções mais rápidas de construção trazendo assim mais economia às obras. Razão pela qual o seu desenvolvimento industrial e comercial tem vindo a tona. Além do mais, tem uma facilidade como alternativa construtiva à pré-fabricação, chamada auto construção. O uso do bambu pode gerar uma economia de até 30% no valor total da construção, durando até 25 anos mais que estruturas feitas com outros tipos de materiais (sebrae-acre, 2016).

Pesquisas feitas em três fornecedores diferentes mostram que não há diferença no valor da mão de obra entre o bambu e a madeira de um mesmo fornecedor, no entanto, houve uma diferença de 17,7% encontrada no valor do bambu de um fornecedor para outro. O valor percentual médio da contribuição de mão de obra é de 41%, enquanto que o valor percentual médio desta contribuição para o bambu é de 49% tratando da mão de obra usual na construção.

A diferença encontrada entre a madeira e o bambu chega a ser de 45%, tornando o bambu um material mais barato. Entretanto há pouquíssimos fornecedores que realmente trabalham com o material adequado para a construção civil, tendo isso como um impedimento quando feito a procurar por levantamento na comparação de preços.

“Na Ásia diz-se que o bambu acompanha o homem “do berço ao túmulo”, tamanha é a sua importância para os povos asiáticos. Para eles o bambu é considerado como sendo uma dádiva dos Deuses. Esse é o título de um importante livro, escrito por Oscar Hidalgo-López – pioneiro no estudo sistemático do bambu na América” Bamboo the Gift of the Gods, 2003.

3.2 UTILIZAÇÃO DO BAMBU NA ARQUITETURA

Em razão de ser um material natural, inspira a criatividade de projetos, trazendo um outro olhar ao recinto. É presente na história da arquitetura em diversas culturas. Favorece a liberdade de espaço, transborda elegância e leveza postural, é exótico e excêntrico em suas formas, sendo ao mesmo tempo simples e leve, assegurando um ambiente acolhedor, e o mais importante, está de acordo com o meio ambiente, o econômico, e a qualidade.

Por si só essa planta já é deslumbrante, tornando-a ainda mais encantadora quando utilizada na arquitetura. Diferente dos outros materiais usados na construção civil, ele pode recorrer de ligações feitas através de amarrações dos troncos. A grande vantagem deste artifício é as peças que ficam ilesas, podendo ser desmontado e remontado com facilidade das amarrações (LENGEN, 2002).

Pela diversidade dessa gramínea, existem espécies que podem ser trabalhadas além da estrutura, podendo servir desde de moveis, revestimentos, vedação, cobertura e até mesmo como tecidos, propiciando mais aplicações na arquitetura com refinado designer. Projetos feitos com bambu mostram conforto, ostentando versatilidade e viabilidade ao uso desta planta, como mostrado nas figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Algumas de suas aplicações na arquitetura são (CERVER, FCO, LANDSCAPE 1997):

Constituições maciças de diferentes escalas no espaço de projetos, pelos seus diferentes portes, formas, gêneros e espécies.

Criação de painéis verticais naturais para bloqueios visuais, permitindo a vedação a diversas alturas, já que crescem rapidamente e é fácil de ser transportados.

Permitir nas trilhas um sombreamento, constituindo verdadeiros túneis naturais, um plano horizontal de teto.

Como filtro solar, plantado na área externa de edificações junto a aberturas.

Montagem de painéis cromáticos, devido à grande diversidade da coloração de folhas e colmos dentre as diferentes espécies.

Tratado e montado sob a forma de painéis, o bambu pode atuar como *bris soleil*, interno ou externo, e também como revestimento, forros e paredes.

Facilidade de obter texturas diferenciadas em biombos elaboradas ou extensas, produzindo cercas de divisas na criação de painéis pré-fabricados, definindo “*bris soleil*” de proteção para edifícios.

**Figura 2 - Bamboo Car Park, no Slotervaart Medical Center, em Amsterdã Arquiteto: Jong Gortemaker
Algra**



Fonte: Stéphane Schröder, 2015.

**Figura 3 - VTN Architects projeta pavilhão de bambu para um restaurante na China Arquiteto: Vo
Trong Nghia**



Fonte: Patrick Lynch, 2017.

Figura 4 - Terminal do Aeroporto de Madri-Barajas Arquitetos: Estudio Lamela + Richard Rogers Partnership



Fonte: Estudio Lamela + Richard Rogers Partnership, 2005.

Figura 5 - Casa de Chá Pátio de Bambu | HWCD Associates Arquiteto: Sun Wei



Fonte: T+E, 2012.

Figura 6 - Kontum Indochine Café Arquiteto: Vo Trong Nghia



Fonte: Hiroyuki Oki, 2013.

Figura 7 - Fabrica da Big Tree Farms, perto de Ubud, Bali. Arquiteto: Pete Celovsky



Fonte: Martin Westlake, 2011.

Figura 8 - O Hill Restaurant, México Arquiteto:Vo Trong Nghia



Fonte: Orange Hill Restaurant bar special events, 2013.

Figura 9 - Catedral de Pereira da Colombia Arquiteto: Simon Vélez



Fonte: GALANI, 2015.

3.3 EMPREGABILIDADE DO BAMBU

3.3.1 Bambu Laminado Colado

O bambu Laminado colado (BLC) não é diferente da Madeira Laminada Colada (MLC), ambos são produzidos por meio de compressão e aglutinação, eliminando os pontos mais fracos, tornando-os mais resistentes.

Gonçalves (2000) realizou ensaios utilizando o bambu *Dendrocalamus Giganteu*, o mesmo teria no mínimo três anos de idade. Para o ensaio do BLC, o bambu foi colhido da forma recomendada, cerrado em comprimentos de 21cm a 48 cm, ficando sem seus nós. O tratamento utilizado foi imersão, e logo após, a secagem foi feita ao ar livre. Foram feitos os cortes longitudinais das ripas, aplainamento e remoção da superfície externa resultando nas tensões Mpa que são apontadas nas tabelas 1 e 2. Na montagem da amostra foi empregue os adesivos de acetato de polivinila e resina resorcinol-formaldeído.

Tabela 1 - Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado

Bambu laminado colado	
Ensaio	Resistencia (Mpa)
Dureza	352
Compressão paralela as fibras	55
Compressão normal as fibras	18
Tração paralela as fibras	195
Tração normal as fibras	2,5
Cisalhamento	10
Flexão	166

Fonte: GONÇALVEZ, 2000.

Tabela 2 - Resistência mecânica de amostras de bambu serrado

Bambu serrado	
Ensaio	Resistência (Mpa)
Compressão paralela ás fibras	89
Tração paralela as fibras	161
Flexão	298
Resistência ao impacto na flexão - Tenacidade	137 KJ/m ²

Fonte: GONÇALVEZ, 2000.

3.3.2 Tubulações hidráulicas

Seguindo a idéia de Pereira (1997), o bambu por se tratar de uma gramínea de baixo custo de produção, pode servir a agricultores que não tem acesso á irrigação, sendo feito o cultivo por eles mesmos da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, que é o mais usual neste caso.

Para o colmo do bambu chegar ao estado de tubos, ele passa pelo processo de remoção e limpeza interna dos nós, instalação dos aspersores, tampão final, união dos tubos e armazenamento dos colmos.

3.3.3 Composto de bambu e resíduos de Borracha

Devido aos grandes transtornos ocasionados por pneus que após usados são descartados de maneira inadequada, Marques *et.al* (2011) realizou pesquisa de habitação alternativa, com o reaproveitamento deste equipamento, entre eles o resto de borracha (pneu) e fibras de bambu, diminuindo o consumo de argamassa e agregados, caminhando para um melhoramento do meio ambiente. A aplicação deste composto na construção civil traz diversos benefícios, já que reduz o tempo de execução da obra, diminuindo ainda problemas ambientais gerados pelos equipamentos degradáveis e não degradáveis, melhorando dessa maneira a vivência das pessoas. O responsável concluiu que a construção usando o bambu, torna-se viável sobre zonas rurais e urbanas carentes, principalmente, por ser uma técnica construtiva que atende especialmente as questões ecológicas, reduzindo os gastos intensos e excelente utilização das riquezas naturais.

3.3.4 Andaimos feitos de bambu

Andaimos feitos de bambu é uma abastada tradição sobre diversos países asiáticos. Eles são talentosamente conhecidos pela eficácia em defender-se de furacões. São conhecidos casos no qual andaimos feitos de bambu resistiram a furacões que os mesmo de aço foram inteiramente destruídos. Devido à grande resistência, o bambu vem sofrendo ampla concorrência nos dias de hoje com os andaimos de aço, porque esses são industrializados com dimensões padronizadas o que o difere, sendo na maior parte prático, rápido com o objetivo de encavalgar e desmontar. Os andaimos de bambu são a maior parte baratos, porém com o

objetivo de seguir competindo com o aço são necessários progresso de conhecimento que guarde seus benefícios inerentes, e coincidentemente, conquistar aspectos visualmente melhores, mantendo alguma padronização, que é primordial com o objetivo de sua expansão a nível geral (JANSSEN, 2000).

Há dois tipos principais de andaimes feitos com bambu, utilizado de forma esperada. Com o objetivo da execução de afazeres rápidos, igualmente uma faixa simples, utiliza-se andaime de camada simples (Single Layered Bamboo Scaffolds - SLBS). Com o objetivo de afazeres com mais alta envergaduras, conforme as construções, são usados andaimes de dupla camada (Double Layered Bamboo Scaffolds - DLBS). Essa conformidade oferece mais segurança a equipe, podendo 76 pessoas atuarem imediatamente, com geometria variada na aceção de escotar eventuais contornos arquitetônicos irregulares (CORREA, 2014).

Andaimes em bambu são formados pelos *taap pang*, popularmente conhecidos como aranhas. Com o objetivo de unificar os colmos, é empregue a tira 77 de náilon negra. As pontas são torcidas entre elas e firmado o meio das varas, evitando a utilização de grampos, parafusos ou nós. O *taap pang* qualificado, é habilitado para criar 100 m²; de andaime em apenas um dia, próximo de 70 a 80 varas de bambu (ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, 2012).

Figura 10 - Andaime de bambu na construção de arranha céu em Hong Kong



Fonte: ARCHDAILY, 2016.

3.3.5 Piso

Esse tipo de piso feito em formas de assoalhos, tem fabricação bem parecida com a do piso laminado. No entanto o piso feito em folha de assoalho apresenta maior resistência, sendo superior até mesmo ao piso de madeira. Possuindo também maior rigidez e menos tendência a contração e expansão. Apresentam visualmente um aspecto mais leve, com uma aparência mais rústica do bambu.

Quanto a sua fabricação, as fibras do bambu se fundem em elevada pressão. Deixando-o impecável para áreas de maior transmissão. A montagem é feita no sistema “macho-femêa” que encaixa as placas. O que proporcionando densidade maior comparado com outros pisos (BR FLOOR,2018).

Figura 11 - Piso de bambu



Fonte: ParquestSP, 2018.

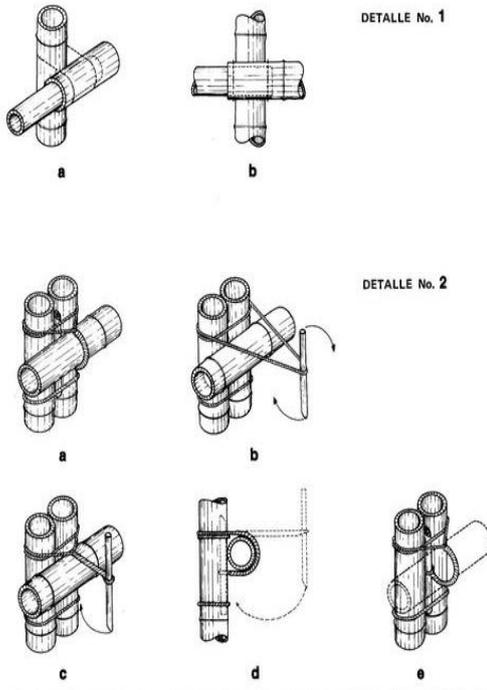
3.3.6 Estrutura

Utilizado em estruturas, é capaz de absorver o alto impacto, sendo muito seguro quando usado em zonas de abalos sísmicos (JANSSEN, apud SCHNIEWIND, 1989).

A diferença de custo de uma obra estrutural convencional para uma feita de bambu, chega a ser de 50% a menos do valor total da obra.

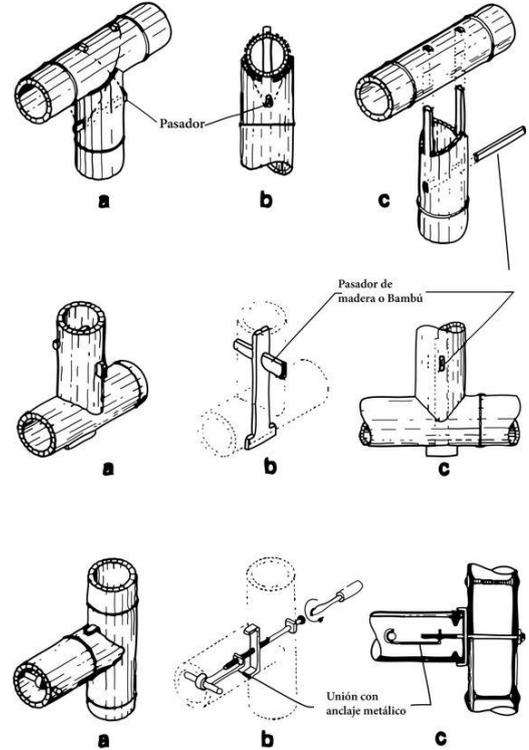
A estrutura tanto de vigas quanto pilares, podem ser feitas por diversos tipos de ligação, sendo as mais comuns peças: parafusadas, amarradas, encaixadas e por ligação Simón Velez.

Figura 12 - Ligação feita por amarração



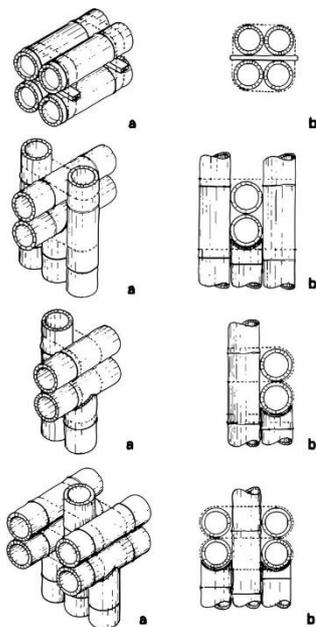
Fonte: Oscar Hidalgo, 2016.

Figura 13 - Ligação feita por encaixe



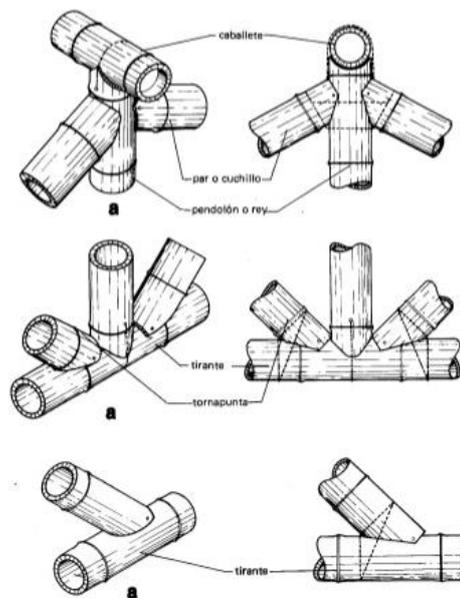
Fonte: Oscar Hidalgo, 2016

Figura 14 - Ligação amarração 2



Fonte: Oscar Hidalgo, 2016.

Figura 15 - Ligação em estrutura de telhados



Fonte: Oscar Hidalgo, 2016.

3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BAMBU

Como se mostra no quadro 1, apesar de parecer grande a quantidade de desvantagem, o bambu tem muito mais a oferecer. Com bases em estudos mais aprofundados e mais atenção a este material, consegue-se obter um resultado satisfatório quanto as desvantagens.

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Perenidade	Precocidade
Rusticidade	Normatização
Insistente ao fogo	Alastramento
Diversidade	Heteroneidade
Leveza	Vulnerabilidade
Aproveitamento total da sua estrutura	Ligações ineficientes
Sequestrador de carbono	Instabilidade dimensional
Viabilidade financeira	Risco de propagação de insendio
Excelente resistensia fica e mecanica	Ausencia de ferramentas apropriadas
Sustentável	

Fonte: Própria autora, 2018.

Perenidade: ainda que a vida útil do bambu dure em cerca de 4 a 15 anos, suas touceiras são perenes, ou seja, ela sempre emitira brotos anuais.

Rusticidade: o bambu consegue ser condescende aos piores tipo de solos, difundindo-se em solos inferis. Quando seu cultivo permite um cuidado mais apropriado, sua eficácia cresce consideravelmente. Porém no Brasil não se trabalha com tais cuidados.

Insistente ao fogo: a resistência do bambu não está na foça dos seus colmos, mas em sua parte subterrânea, onde são locadas as suas raízes e rizomas, que são inatingíveis quanto ao fogo superficial.

Diversidade: apesar de nem todas as espécies terem suporte para a construção civil, a sua diversidade também traz benefícios. Proporciona a fabricação de artesanato, suas folhas servem como alimento e suas raízes para a produção de remédios.

Leveza: Ao mesmo tempo que o bambu pode possuir resistência superior ao aço, ele é mais leve que o mesmo. Comumente seus colmos são ocos, divididos transversalmente por diafragmas, o que aumenta sua resistência mecânica, possuindo aproximadamente 1/3 da densidade do concreto.

Aproveitamento total da sua estrutura: todas as partes do bambu são usuais. Os colmos como falado ao decorrer deste trabalho, tem diversas funções, assim como seu bagaço, que é muito usual na mistura de aglomerante, resultando ainda no melhoramento do material utilizado. Quanto aos seus ramos e folhas servem ainda como alimento para os animais, e na fabricação de vassouras.

Sequestrador de carbono: cerca de 50% do volume do bambu é composto por carbono, sendo armazenado esse carbono em seu rizoma. Por ser uma planta perene e que consegue brotar pelo menos uma vez ao ano, requer uma enorme quantidade de carbono, caso contrário seus tecidos não se desenvolvem. Mas segundo estudos feitos pelo Dr Walter Liese (Hamburg University), o carbono só permanecerá no bambu caso ele seja usado como algum material perene, como: gesso, cimento e adesivos em geral, ou seja, deixando as partículas do bambu estáticas. Em sua fase de degradação os bambus conseguem devolver ao meio ambiente o carbono "roubado".

Precocidade: em algumas espécies acontece o crescimento prematuro, o que não é indicado a utilização desse bambu na construção, mesmo sua colheita podendo ser antecipada em até 4 anos, para garantir um melhor desenvolvimento dessa planta na área da engenharia é recomendado que ela alcance a fase de maturação, o que leva no mínimo 5 anos.

Normatização: Apesar de alguns autores obterem por si só a classificação e especificação técnica de cada espécie, ainda não há nenhuma normatização, legalmente falando. O que prejudica muito quem trabalha com esse material, pois nem sempre os autores concordam em suas conclusões, não podendo haver embasamento para se trabalhar.

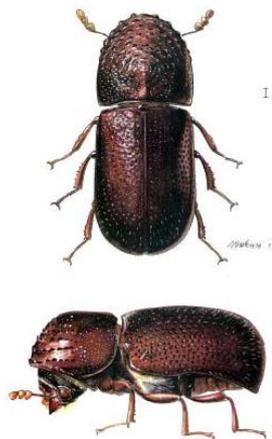
Alastramento: Desde do início do plantio deve-se ter prudência, principalmente ao escolher o local da plantação. Algumas espécies de bambus podem ser grandes alastrantes, invadindo outras plantações. Independente dos cuidados com suas raízes aéreas, ele pode

continuar se alastrando, pois como citado anteriormente sua resistência está nas raízes e rizomas que situam-se na parte subterrânea da planta.

Heterogeneidade: em função de ser uma planta com fácil proliferação em todos ambientes, ela retrata uma notável oscilação em seus resultados físico-mecânicos, por sempre se apresentar em grande quantidade. Ainda que pertençam a mesma touceira, seus colmos apresentam idades distintas, apresentando condutas bem diferentes umas das outras. Além dos intemperismos que influenciam muito na sua capacidade de resistência.

Vulnerabilidade: quase todos os gêneros de bambu demonstram vulnerabilidade quanto a invasão de um inseto chamado *Dinoderus minutus* (caruncho). O que chama a atenção desse inseto, que já tem um longo histórico de destruição desse material, é o amido presente nas células parenquimáticas do colmo.

Figura 16 - Perfil do inseto *Dinoderus minutus* (Caruncho)



FONTE: Matoski, (2005)

Esta sendo observado um outro tipo de inseto, que tem efeitos piores que o anterior, ele causa toda a destruição da estrutura do bambu, comumente chamado de *Tigre Asiático* (cerambicídeo). Em nível industrial, ainda não se conseguiu alcançar o sucesso no tratamento desta praga.

Ligações ineficientes: quando utilizado como composto o bambu fendilha por não apresenta raios em sua estrutura, facilita a possibilidade de desinstabilizar sua estrutura. Por vários meios tem se buscado alternativas com o intuito em deixar esta estrutura mais estável, através de conectores de plástico, aço, concreto e até mesmo materiais poliméricos para

misturar-se. Felizmente, ha pouco tempo obteve-se sucesso em alguns estudos feitos. Observou-se sua capacidade quando utilizado em ligações realizadas com uma resina feita de poliuretano baseado no óleo da mamona, sendo reforçada com fibras sintéticas ou naturais.

Instabilidade dimensional: por não possuir raios, o bambu também se torna mais suscetível ao ataque de fungos e insetos. Por ser uma planta higroscópica, quando colocada sobre as mudanças climáticas pode contrair, rachar, inchar, fedilha. Tudo isso só o torna mais suscetível aos tais ataques.

Risco de propagação de incêndio: o risco do bambu propagar fogo se torna grande, devido a ampla quantidade de ramos e folhas junto ao solo. Por ser utilizado, na maioria das vezes, madeira de origem vegetal junto a construção de bambu, fica ainda mais suscetível a propagação caso haja algum incêndio.

Ausência de ferramentas apropriadas: devido ao pouco uso do bambu, infelizmente, ainda não foram desenvolvidos equipamentos justos a utilização desse produto. Na ausência de ferramentas adequadas, se utiliza ferramentas compatíveis a madeira, o que não ocorre grande satisfação em seus resultados. Como a estrutura física do bambu se difere muito da madeira, acaba tendo riscos na hora do seu manejo, pois o material utilizado não consegue dar o suporte adequado para segurar o bambu.

3.5 NORMAS REGULAMENTADORAS

Existem normas em países como o Estados Unidos, China e Ásia que propiciam leis para construção civil através do bambu como função estrutural, em conjunto e de forma única, a partir da união de duas peças. Sendo estudadas leis como: ISO 22156 E ISO 22157.

Devida a falta de normatização no Brasil vê-se obrigado a utilização de normas referente a madeira, que se aproximam do tema, como as NBR 7190, NBR 8681, NBR 9780 sobre projetos de estruturas de madeira e, em maior parte, fazer adequações experimentais.

Dia 20/04/2018 foi discutida e aprovada a lei do estatuto da Associação Brasileira do Bambu – BAMBUBR (APUAMA, 2018). Além disso, atualmente se elabora no Brasil uma norma específica para o uso estrutural do bambu, conforme informado em recente evento realizado em Goiânia. A iniciativa capitaneada pelo Prof. Normando Perazzo Barbosa, da

UFPB, busca sensibilizar a ABNT para que aprove normas específicas para a realização de ensaios de caracterização do bambu e para a sua utilização estrutural.

Entretantando, por não ter sido estabilizada nenhuma ABNT, as utilizadas são recorridas ainda da madeira, como ABNT 1987 e ABNT 1997.

4 O BAMBU

4.1 ESPECIES DE BAMBUS USADOS NA CONSTRUÇÃO SITUADOS NO BRASIL

De acordo com Londoño (2004), existem aproximadamente 1200 espécies e 90 gêneros de bambus em todo o mundo. Entretanto há muitas discordâncias nos estudos sobre este caso. Mais da metade das espécies está sobre o domínio do continente asiático, possuindo cerca de 65 gêneros e 900 espécies de bambu, estando o Brasil com o maior número de espécies encontradas.

A América possui 40% da espécie de bambus lenhosos do mundo, o Brasil segue na frente contendo 81% dos gêneros. As espécies de bambus lenhosos se destacam por terem, brotos bem protegidos por folhas caulinares, lâmina foliar decídua, rizomas fortes e bem desenvolvidos. Também conseguem ser polinizados pelo vento por crescerem em locais abertos (LONDONO, 1990).

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).

Como diz Filguera (1988), a princípio pensava-se que esta planta fora trazida pelos colonizadores, mais tarde pelos orientais se misturando com todo país. No entanto existem algumas espécies que são nativas do Brasil, essas são popularmente conhecidas por nomes indígenas, tais como: Taquaruçu, Taquari, Taboca, Taquara, Jativoca e assim por diante, dependendo da região onde é conhecida.

Já Vasconcellos (2000), diz que, existem algumas espécies como *Phyllostachys nigramais* que apesar de possuir resistência elevada, seu uso em construções é limitado, por dispor de um diâmetro reduzido. Desta mesma forma também encontramos outros gêneros como a *Chusquea capituliflora*, *Dendrocalamus latiflorus*, *Guadua chacoensis*, *Phyllostachys castillonis* que mesmo apresentando traços resistentes significativos, por algumas individualidades tem seu uso restrito quanto se trata de construção.

4.1.1 *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante)

Como dizia Vasconcellos (2000), popularmente chamado de bambu balde ou bambu gigante, nativo da Malásia, é uma das espécies com maior porte, seu crescimento pode chegar a ser de 1 metro por dia, além do seu crescimento extraordinariamente rápido, seus colmos

conseguem chegar a mais de 35 metros de altura. Por seu também amplo diâmetro, costuma-se serrar seus colmos para que sejam utilizados como vasos de plantas e baldes. Em razão de ser uma espécie muito resistente, além de outras funções, ela é uma das mais utilizadas na construção civil.

Figura 17 - Bambu *Dendrocalamus Giganteus*



Fonte: KERMIN, 2006.

4.1.2 Bambusa Vulgaris (*B. surinamensis*)

Filgueiras, 1988. Mais conhecido como Bambu Imperial, seu modo de proliferação é de forma vegetativa. De porte médio, pode chegar até 20 metros, possuindo cor verde ou amarelada. Por ser resistente ao frio, calor e outras intempéries, consegue se proliferar em quase todos os lugares, tornando-o uma das espécies mais comuns.

Figura 18 - Bambu Vulgaris, plantação no instituto florestal de Kerala



Fonte: Bambusa vulgaris at veluppadam, 2014.

4.1.3 Taquara

Continuando o pensamento de Filgueiras (1988), taquara é um termo utilizado para se referir a espécies de porte mediano, de colmos arbóreos entre cinco e sete metros, com diâmetro de varas em torno dos cinco a sete centímetros, em média. Salvo em algumas exceções modelos com um porte maior, o que é raro. Sua utilização ocorre em diversas áreas, desde do artesanato até a construção civil, sem que o mesmo exija grandes cargas.

Figura 19 - Plantação de Bambu do tipo Taquara



Fonte: RURAL CENTRO, 2012.

4.1.4 *Guadua chacoensis*

Seguindo o pensamento de Vasconcellos (2000), mais conhecido como Taquaruçu ou taquara brava, essa espécie é do gênero *Guadua*. Ele é encontrado em regiões de áreas tropicais e subtropicais próximos aos rios, no Brasil principalmente nas regiões sul e sudeste. No Sul ocorre uma maior disseminação dessa gramínea, tornando-a comum nessa região do Brasil. O mesmo também consegue ser encontrando nos países vizinhos como Argentina, Uruguai e Paraguai, países próximos as fronteiras brasileiras. Essa espécie igualmente conhecida como *Guadua Chacoensis* tem grande porte, podendo ultrapassar os 20 metros de altura e 20 centímetros de diâmetro. Suas paredes são espessas podendo alcançar 3 centímetros. Possui forte resistência mecânica, sua utilização consiste na área da construção, servindo para edificações de galpões, casas e barreiras para reprimir áreas em estado erosivo. Também sendo muito utilizado para a fabricação de artesanato e mobília.

Figura 20 - Bambu *Guadua Chacoensis* cortado após o nó



Fonte: BELGANO, 2008.

4.1.5 *Guadua Angustifolia*

Essa espécie possui excelentes atributos físicos e mecânicos, além da durabilidade, ele já é um material de forte influencia na economia de outros países. Seus colmos podem medir até 30 metros, sua proliferação é próximo a rios. Se desenvolve em climas tropicais, suportando ainda assim, locais com temperaturas de até -2°C . Tem várias formas de utilização, desde artesanato a construções (VASCONCELLOS, 2000).

Figura 21 - Bambu *Guadua Angustifolia* tratado pronto para utilização



Fonte: ITARANTAM, 2011.

4.1.6 *Dendrocalamus asper*

Como já citado anteriormente por Vasconcello (2000), as espécies de gênero *Dendrocalamus*, não se diferem em quase nenhum aspecto umas das outras, seu diâmetro, altura e espessura são as mesmas, tornando-a muito parecida com o *Giganteus*. Apesar de não ser tão denso como o mesmo citado anteriormente, suas touceiras são mais concentradas, justificando seu uso em construções de maior porte.

Figura 22 - Cultivo de bambu da espécie *Dendrocalamus asper*



Fonte: KLEINE, 2018.

4.1.7 *Dendrocalamus Strictus*

Seguindo a linha de pensamento de Vasconcellos (2000), com vários nomes, o bambu maciço ou bambu macho, é muito usual na construção civil, as paredes de seus colmos são espessas, além de ser um bambu vigoroso. É normal em alguns casos acontecer de suas cavidades serem mínimas ou até mesmo totalmente maciças. Possui alta resistência, além de ser um material denso. Suas características quanto a flexibilidade são bastante satisfatórias, tornando-o o mais usado em construções de grandes portes como edificações e pontes, principalmente em áreas que podem haver ocorrência de abalos sísmicos, ventos fortes e outros intemperismos de forte impacto.

Figura 23 - Moita de Bambu *Dendrocalamus Strictus*



Fonte: BLOCKHILL, 2001.

4.2 TÉCNICAS DE PRESERVAÇÃO DO BAMBU

4.2.1 Tratamento

Por possuir em sua composição amido, o bambu acaba sendo mais suscetível aos intemperismos e ataque de insetos. No entanto existem técnicas eficientes que amenizam ou até mesmo resolvem essa situação.

4.2.1.1 Corte do bambu

Deve-se observar a idade do bambu. Colmos maduros acima de três anos tem mais resistência ao ataque de insetos e apresenta um bom desempenho mecânico. Quando não se conhece a idade do bambu ocorre o problema de não ser realizada a marcação anual, que deve ser feita regularmente.

4.2.1.2 A cura feita na mata

Os colmos são cortados e colocados na mesma mata para a secagem, de forma que se apoie em uma pedra. Quando as folhas do mesmo caem, este já pode ser utilizado. Esta é uma técnica que chama-se avinagrado na Colômbia, ela gera facilidade na degradação do amido e da seiva, desta forma aumenta a sua vida útil.

4.2.1.3 Tratamento por imersão

São colocados os bambus em água corrente ou parada, geralmente são recém – cortados. Em outros casos utiliza-se ele seco ao ar livre, este apresenta pouca eficiência quando é realizado testes por aspersão, devido a sua absorção ser na extremidade do bambu.

4.2.1.4 Tratamento pela fumaça e fogo

Após a realização dos cortes dos colmos este é colocado e retirado rapidamente no fogo. Esse efeito de calor trás para o bambu proteção contra o ataque de caruchos e degrada o amido. Para utilização em escala comercial é necessário especificar as instalações.

4.2.1.5 Tratamento sobpressão

Sendo o mais usual, o tratamento sobpressão torna o processo ainda mais eficiente. Colmos que acabaram de ser cortados é recomendado o método de Boucherie (sobpressão). Quando os bambus estão secos é tratado em autoclaves que trás preservação para madeira.

Para que o mesmo não rache na fase de vácuo seu diafragma é perfurado, também é necessário a realização de um tratamento durante a secagem que previne o mesmo contra carunchos (Antônio Ludovico Beraldo/Unicamp,2001).

4.2.2 Secagem do bambu

Estudos feitos por Lopez (2003), diz que a secagem do bambu é feita ao ar livre, podendo ser protegida por uma cabana ou não. Sua humidade é alta em consequência da seiva ou líquido condutor da substância nutritiva, esta mesma umidade tem que ser diminuída a um valor de 10 - 15%, o que faz com que minimize a contração devido a variação da umidade. Desta maneira melhora suas propriedades mecânicas.

De acordo com os diversos fatores que alteram a secagem tem-se : espessura da parede do talo, condições de secagem, espécie do bambu, e grau de maturidade. As que são mais espessas e os talos estão maduros necessita de mais tempo para secagem (LOPEZ, 2003).

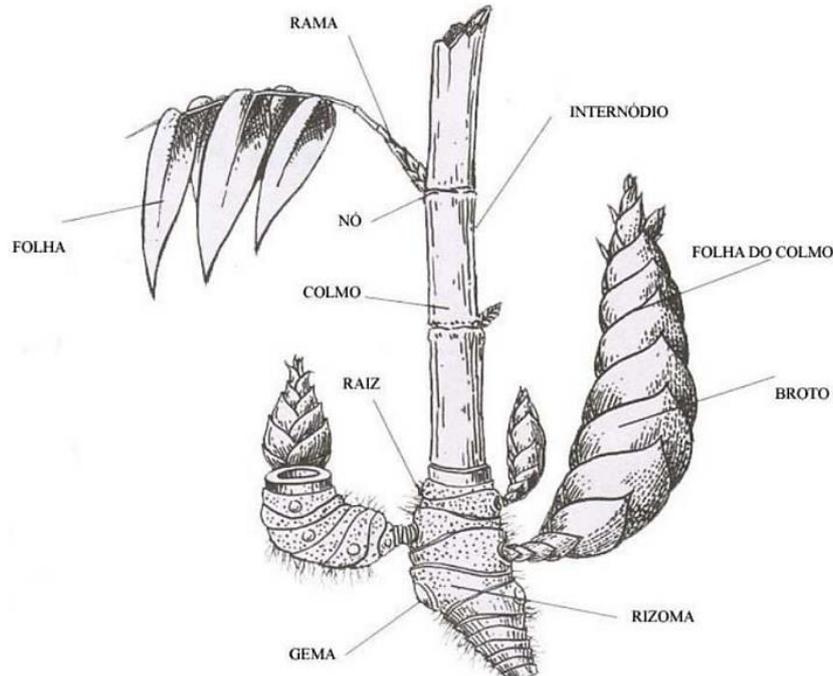
4.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO BAMBU

Segundo Silva (2005), gramínea ou Poácea, cientificamente o bambu é original da família das Gramíneas, sua subfamília Bambusoideae é dividida em dois gêneros; o primeiro é a Bambuseae, com espécies de maior porte, xilemáticos, ou seja, com colmos lenhosos. O segundo é a Olyreae com espécies existentes em três classes: entouceirantes, semi-entouceirantes e não-entouceirantes.

Quanto a classificação científica, de Ordem Poales, Classe Liliopsida e Subclasse Commelinidae, divisão Magnoliophyta, e Superdivisão spermatophyta. Reino Plantae e Domínio Eukaryota. (PEREIRA E BERVALDO, 2007).

Anatomicamente, um dos principais fatos que diferencia o bambu da madeira é a ausência de raios, juntamente com a baixa resistência ao fedilhamento, o que prejudica as ligações feitas entre as peças do bambu.

Figura 24 - Estrutura em comum com todas as espécies de bambu.



Fonte: National Mission on Bamboo Applications – NMBA, 2004.

4.3.1 Raízes

Recht e Wetterwald, (1994). Quanto as raízes, por ser uma gramínea tubo-cônica, com o decorrer do crescimento sua base diminui ao longo do colmo, rumo á extremidade superior. No entanto não se difere de qualquer outra planta, as raízes têm a função de sugar água e nutrientes para si, sendo elas vindo dos rizomas da planta. A profundidade e a dimensão depende de cada espécie, tratando-se de uma raiz fasciculada por ser uma planta monocotiledónea, onde não há raiz principal.

4.3.2 Folhas

Segundo Recht e Wetterwald (1994), as folhas são uma das partes mais importante para o reconhecimento de cada espécie, tendo elas grande culpa pelo rápido crescimento do bambu, por meio da fotossíntese, felizmente apesar de haver muitas quedas em sua folhagem, tem uma considerável capacidade de reposição foliar, justo ela por ser perenifólia.

Segundo Lodonõ (1993/2001), até o bambu atingir a altura necessária para alcançar a luz, o colmo é protegido por suas folhas. Quando essa altura é alcançada, as ramificações se multiplicam, sendo preenchida pelas folhas caulinares, que aos poucos se soltam do colmo.

Ressalvando algumas espécies como a *Guadua*, a qual as folhas as acompanha por toda sua duração.

4.3.3 Maturação

Ainda seguindo Lodonõ (1993/2001), a maturação do bambu é atingida quando ele alcança de 40 a 45 meses. Após a fase em que as bainhas ou brácteas que protegem os brotos nos entrenós e os colmos, atingem o crescimento por inteiro, as folhas secam e caem naturalmente. Estas folhas são formadas pela bainha, lâmina ou limbo, lígula franjada e duas aurículas cercadas, características que variam e são bem distintas entre as espécies, o que também contribui para a identificação de cada variedade.

4.3.4 Rizomas

Como dizia Vasconcellos (2000), os rizomas são caules subterrâneos que crescem, reproduzem-se e afastam-se do bambu para colonizar novos territórios. Todos os anos novos brotos crescem dos rizomas formando as partes aéreas do bambu. Após o terceiro ano os rizomas não produzem mais brotos. Os rizomas apresentam uma grande variação na profundidade que estão dentro do solo, são influenciados pelos tipos de solo, espécie de bambu e idade do mesmo, geralmente não estão muito profundos, mas podem passar de um metro abaixo da superfície.

4.3.5 Flores

Segundo Lodonõ (1993), salvo em algumas espécies, acontece o inabitual florescimento, sucedendo-se em intervalos de até 120 anos. Contudo nem todos os tipo de bambus conseguem sobreviver ao florecimento, pois requer um intenso esforço para formar as inúmeras sementes. A espécie herbácea é uma das poucas que conseguem sobreviver a este fenómeno, já que tem o costume de florescerem e continuar intacta.

Existem três tipos de florações: esporádica, que quando ocorrida, mata a planta ou parte dela, entretanto ela acontece apenas em algumas espécies; sincrônica, que mata toda a planta ou parte dela, infelizmente ela pode atingir grande parte das espécies; e a floração de “estresse”, que ocorre devido a uma forte agressão e/ou adversidade ambiental, podendo

haver florescimento apenas em uma das partes do bambu. Esses florecimentos podem gerar três tipos de frutos: baga, noz e cariopse.

4.3.6 Colmo

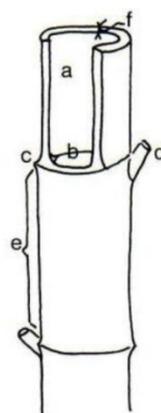
Entre tantas partes, o colmo é uma das mais significativa dessa gramínea, através dela a identificação de cada espécie se torna mais fácil, por possuir diferentes texturas, cores, distancias entrenós, alturas variadas, diâmetros e internamente variações distintas. O colmo nasce da gema, que possui o rizoma onde fica a parte aérea das plantas. Dando folhas, ramos e sustentação ao bambu, os colmos são fragmentados entre os nós, aumentando ao decorrer da sua altura, chegando até o meio e diminuindo novamente. As paredes dos nós tem o nome de diafragma, sendo mais finas que as dos entrenós (GHAVAMI e MARINHO, 2005).

Já é notável o desenvolvimento rápido dos bambus, seus calmos podem crescer até 22 cm em 24 horas dependendo de cada espécie, em outras podem crescer até 1,21m no mesmo período de tempo como a *Phyllostachys reticulata* (JUDZIEWICZ ET AL., 1999).

Alem das folhas o calmo também tem a capacidade de realizar fotossíntese, entretanto suas principais funções são dirigir e armazenar a seiva bruta. Para tal, tem células alinhadas no sentido axial protegidas por fibras e feixes que proporcionam sua rigidez (GHAVAMI E MARINHO, 2005).

O colmo se torna a parte mais importante do bambu para a construção, visto que essa é a parte que se utiliza para estruturas. O tipo de bambu adequado para a utilização nessa área é o retilíneo, que tem menor teor de amido e maior diâmetro (MARTINES E GONZÁLES, 1992).

Figura 25-Seção de um colmo de bambu e suas denominações



- | | | |
|---|---|-----------|
| a | – | cavidade |
| b | – | diafragma |
| c | – | nó |
| d | – | ramo |
| e | – | interno |
| f | – | parede |

Fonte: JANSSEN, J. 1998.

4.3.7 Crescimento

Segundo Jaramillo (1992) e Beraldo (2008), Existem três classificações quanto a forma de crescimento dos bambus, sendo elas:

- Entouceirantes: onde os colmos nascem todos próximos uns aos outros de forma concêntrica, sem invadir. Crescem formando moitas ou grandes touças, são os simpodiais, com densidade de indivíduos por área.
- Não-entouceirantes: são os monopodiais, os brotos crescem de forma mais difundida e têm a tendência de se espalharem cada vez mais, o que é uma desvantagem. Por se alastrarem, acabam invadindo áreas vizinhas, podendo sufocar outras espécies. No entanto por crescerem de forma espaçada seu manejo é menos trabalhoso, pois a circulação dentro do bambuzal é fácil, devido a distância entre os colmos.
- Semi-entouceirantes: Bambus que possuem rizomas de hábito intermediário ao Entouceirante e Alastrante. Um mesmo indivíduo forma várias touceiras próximas e interligadas pelos rizomas, são os Anfipodiais.

Alguns bambus não conseguem ultrapassar o tamanho de 50 cm enquanto outros conseguem alcançar a altura de até 30 metros, isso dependerá de cada espécie, na qual será mostrada na tabela 3 . O que difere cada espécie é o colmo que tem variação no diâmetro, cor, espessura da parede, comprimento, comprimento entrenós e outras características. Algumas espécies ainda possui o formato quadrado, com beiradas arredondadas.

No japão já é usada a técnica de colocar o colmo em uma forma quadra de madeira, para que tais plantas cresçam no formato desejado, sendo mais fácil o manejo na hora de usar em estruturas (PEREIRA E BERALDO, 2007).

Tabela 3 - Dimensões e massa de colmos de diversas espécies - valores médios.

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

Fonte: Salgado, 1994 apud Teixeira, 2006.

4.3.8 Umidade

Segundo Ghavami (2000), o teor de umidade do bambu varia de acordo com o corte, espécie, características atômicas e época do ano. Ao decorrer do crescimento da planta seu teor de umidade diminui com sua idade. Definido através da equação:

Equação 1 - Teor de umidade

$$U = [(MU - MS) / MS] \times 100$$

Onde: U: teor de umidade (%);

MU: massa umida (g);

MS: massa seca (g).

4.3.9 Feixes de fibra

Diferente das outras características do bambu, mesmo existindo milhares de espécies em disposições anatômicas, quando se trata das fibras, todas as espécies se dividem em apenas 5 tipos, facilitando a identificação de cada uma delas, necessitando apenas do estudo de uma parte do colmo. As fibras têm a responsabilidade de dar proteção aos feixes de vasos, e resistência mecânica do bambu. São concentradas 70% próximo as cascas (camadas periféricas), reduzindo gradativamente até concentrar 20% nas camadas internas.

4.3.10 Vasos

Ao contrário do que acontece na madeira, os vasos dos bambus têm serventia durante toda sua vida útil. Sendo os vasos maiores quando localizados internamente nas paredes dos colmos.

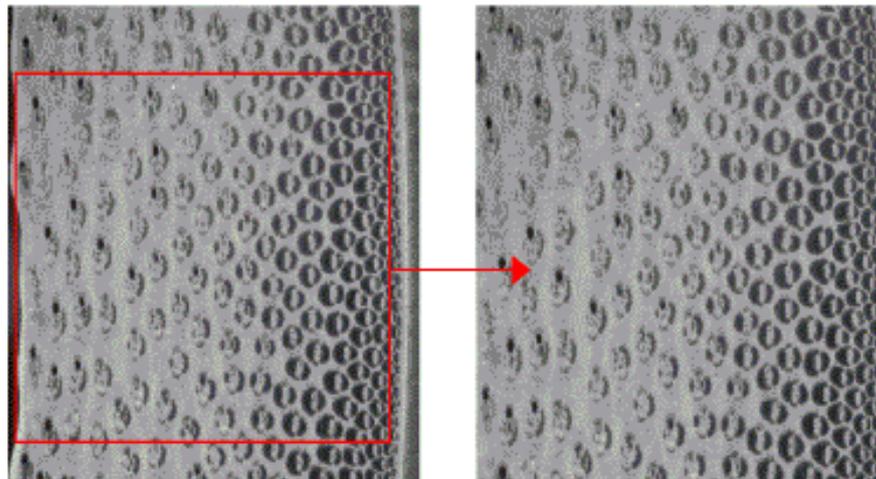
4.4 MESO-ESTRUTURA DO BAMBU

Como dizia Ghavami (2005), estrutura do bambu é composta por feixes de longas fibras celulose, alinhadas longitudinalmente e unidas por uma substância aglutinante – matriz, chamada lignina. Essa gramínea por si só consegue se desenvolver de forma avançada, qualificando sua funcionalidade graduada. Tanto sua macroestrutura quanto sua microestrutura coopera para o seu melhoramento. Apesar dos transtornos ocorridos pela força dos ventos e sua própria massa, continuando sendo um material de alta resistência mecânica e de fácil manejo, devido a sua leveza.

Quanto a sua finalidade, ela pode ser reconhecida através da transmutação da espessura, do diâmetro e da altura, isto na macroestrutura. Já na microestrutura a alteração na distribuição de fibras celulose da espessura é quem vai denominar sua função. A mesma contém de 15% a 30% dos feixes, a parte externa 40% a 70% (CRUZ, 2002 e GHAVAMI, RODRIGUES, PACIORNIK, 2003).

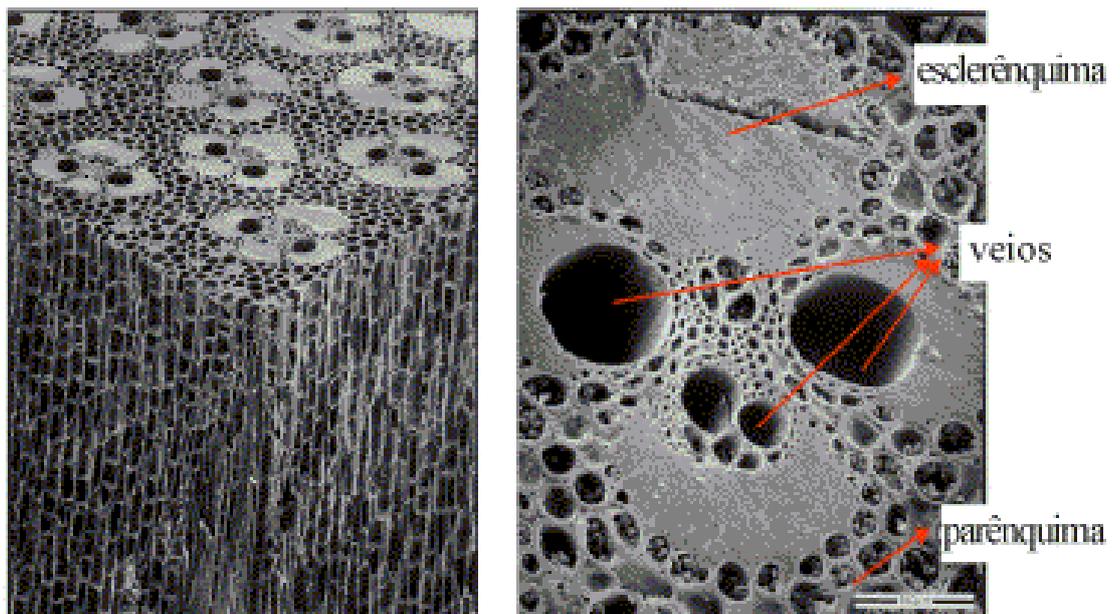
Através das equações da regra da mistura, obtém-se resposta para a reação mecânica do bambu sobre o regime elástico, o qual disponibiliza resultados mais aproximados quando se trata de propriedade elástica dos compósitos derivados das mesmas características dos seus elementos, isto é, matriz, fibras e frações volumétricas.

Figura 26 - Visão microscópica da variação da fração volumétrica das fibras na espessura do colmo do bambu *Guadua angustifolia*



FONTE: PUC-RIO, 2002.

Figura 27 - Detalhes da microestrutura do bambu – conjunto vascular



FONTE: LIESE, 1998.

Para denominar a estrutura anatômica da seção transversal é necessário ter conhecimento da quantidade de números dos canais vasculares, tamanho e formato. A medida em que o colmo se desenvolve, desde da sua base até o topo, as espessuras das suas paredes vão decrescendo, isto acontece devido a diminuição da parte interna do mesmo, abrangendo poucos vasos vasculares sendo a maioria vasos parenquimáticos. Acontece exatamente ao contrário na parte superior do colmo, encontrando maior quantidade de vasos vasculares.

Desta forma as resistências à trações e flexões aumentam de acordo com a altura do bambu, quanto maior sua estatura maior a resistência (LOPEZ, 2003).

A lignina é uma substância que se deposita nas paredes das células vegetais dando grande rigidez à planta, complicando seja qual for o movimento feito pelos líquidos, ela possui grande quantidade de células esclerenquimáticas, ou seja, fibras. Este composto, lignina-celulose, é distribuído em grupos de fibras, vasos e células parenquimatosas, sendo o colmo do bambu composto por 40% de fibras, 50% de células parenquimatosas e 10% de vasos vasculares, podendo ser estabelecido nas equações 1 e 2 (LIESE, 1980).

Com os resultados gerados pelas equações da regra das misturas, chega-se mais perto das propriedades elásticas dos compósitos, com base em suas frações volumétricas, matrizes e fibras.

Equação 2 - Módulo de elasticidade de um compósito, E_c .

$$E_c = E_f V_f + E_m V_m$$

- E_f módulo de elasticidade do compósito fibras;
- E_m módulo de elasticidade do compósito matriz;
- V_f é a fração volumétrica da fibra;
- V_m é a fração volumétrica da matriz;

Considerando que o volume total é a soma entre V_f e V_m , resulta na equação:

Equação 3 - Soma entre V_f e V_m .

$$E_c = E_f V_f + E_m (1 - V_f)$$

Segundo Ghavami et al., 2000. É fundamental adaptar as equações de acordo com as variações da fração volumétrica das fibras na espessura do bambu, para assim poder utiliza-las nas análises dos bambus. Levando em consideração tal variação em um eixo x , onde a parede interna é a origem, e o limite máximo é a parede externa do colmo, a equação passaria a ser:

Equação 4 - equação da mistura levando em consideração a variação do eixo x .

$$E_c = f(x) = E_f V_f(x) + E_m (1 - V_f(x))$$

4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO BAMBU

International Network For Bamboo and Rattan (INBAR), é uma organização intergovernamental independente criada em 1997 para desenvolver e promover soluções inovadoras para a pobreza e sustentabilidade usando o bambu e o Rattan. A mesma propôs, através dos estudos feitos, normas para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos bambus. Tais normas estiveram sendo analisadas pelo ICBO- International Conference of Building Officials e publicadas no relatório Ac 162: Acceptance Criteria For Structural Bamboo, em março de 2000, segundo Icbo, 2000, permitiu a utilização do bambu em construções nos Estados Unidos.

Originalmente a formação do bambu é uma mistura de celulose e lignina. A celulose é um polímero natural, de "cadeia longa", composto por um único monômero, classificado como polissacarídeo (LIESE, 1981).

A composição externa do bambu é formada por sílica e cera que são semelhantes as cascas de arvores, o que verifica uma camada protetora interna para retenção de umidade, além da proteção físico-mecânica da sua estrutura. Devido ao seu corpo longo e esguio, seus vasos têm por natureza um tecido mais reforçado, chamado esclerênquima, o que aumenta significativamente a resistência da sua estrutura (Kumar & Dobriyal, 1993).

A disposição estrutural das fibras do bambu formando feixes, é a ideal para resistir a esforços de tração axial, mas quando os esforços são aplicados ortogonalmente a estes feixes, a resistência é muito menor, pois neste caso a coesão dos feixes das fibras é feita pela lignina, que não apresenta uma resistência considerável e acaba cedendo às forças cortantes. Esta baixa resistência também ocorre nos nós, devido à interrupção nos feixes de fibras (CULZONI, 1986).

Externamente o bambu ostenta extrema flexibilidade em seus colmos, suas paredes possuem grande resistencia a compressao. Tudo está ligado ao seu crescimento, o qual a parte mais proxima da terra é a parte mais velha do bambu, tendo assim propriedades maiores quando se fala em durabilidade e resistencia. Quando maduro sua resistencia a compressão consegue ser até maior que a do concreto (LOPEZ, 1974).

As fibras que sustentão o bambu sao compostas por feixes, todas na direção longitudinal, proximo de ser paralelas, entretanto a disposição padece de uma transformação junto aos nós. As fibras se misturam tornando o nó o local de maior concentração delas em

variados sentidos, sendo assim o local de menor resistência a compressão. Os nós atuam na amarração transversal, permitindo maior rigidez no colmo de bambu.

O que mais influencia nas características físicas do bambu é a espécie, tipo de solo da plantação, idade, condições climáticas, teor de umidade das amostras, época da colheita, localização, comprimento do colmo, tipos de testes realizados e presença ou ausência de nós nas amostras testadas. O que qualifica o desempenho estrutural dos bambus quanto à flexão, torção, compressão e principalmente à tração. É verificado pela volumetria tubular e arranjos longitudinais das fibras que compõem feixes de micro tubos (GHAVAMI, 1989).

Estudos realizados por Ghavami e Hombeeck (1981), dizem que os pontos de menor resistência a tensão no bambu fica mais próximo aos nós. Confirmando que as forças de tensões se concentram nesse ponto. Pelo fato dos nós serem o motivo desse material ser altamente qualificado quanto a resistência, sendo que ao longo de todo o colmo é ele que dá rigidez a essa estrutura para suportar a flambagem lateral. Apesar da sua forma esbelta e linear, quanto mais se aproxima da base do colmo a carga suportada antes da ruptura é maior, devido a sua maior área de seção transversal.

A dificuldade nos estudos das características mecânicas do bambu relaciona-se ao fato da sua forma geométrica não permitir adotar as normas usadas no ensaio de madeiras e aço, como citado anteriormente, ausência de materiais adequados (GHAVAMI, 1989).

4.6 LIGAÇÃO ENTRE O MOMENTO DE INÉRCIA E A ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL

É evidente a diferença entre o bambu e a madeira, enquanto a seção transversal do bambu é oca, a da madeira é maciça.

Uma maneira de verificar a eficiência de cada tipo de estrutura é ter uma relação entre o momento de inércia (I) e a área da seção transversal (A).

Sendo:

- D = diâmetro externo
- d = diâmetro interno

De acordo com Janssen (2000) para a maioria dos bambus o diâmetro interno corresponde a 0.82 vezes o diâmetro externo.

Portanto $I = 0.026 D^4$ e $A = 0.2572 D^2$. Para obter uma relação entre os dois valores calcula-se:

Equação 5 – relação entre inércia e seção transversal

$$A \times 2 = 0.066 \times D \times 4$$

$$\text{Assim } I = 0.407 \times A \times 2.$$

4.7 TRAÇÃO PARALELA

A resistência a tração do bambu é elevada, e para algumas espécies pode atingir até 370 MPa. Isto faz do bambu um material atrativo para substituir o aço, principalmente quando for considerada a razão entre sua resistência a tração e sua massa específica aparente. Pode ser notado que essa razão R é muito maior (2,34 vezes) que a obtida pelo aço CA50, mostrado na tabela 4. Na maioria das vezes a resistência a tração do bambu com ou sem nó, situa-se entre 40 e 215 MPa, e o seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 e 18 GPa (PEREIRA E BERVALDO, 2008).

Tabela 4 - Razão entre tensão de tração e o peso específico

Tipo de material	Resistência em tração (Mpa)	Peso específico Y (N/mm ³ x10 ⁻¹)	σ	R R _{aço}
Aço CA 50 ^a	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	1,5	2,34

Fonte: PEREIRA E BERVALDO, 2008.

Ensaio realizado por Ferreira (2007) em cima da espécie *Dendrocalamus giganteus*, afirma que a tração paralela as fibras desse bambu consegue chegar até 130MPa, assemelhando-se aos tipos mais comuns de madeiras utilizadas na construção civil.

O ensaio de resistência a tração no módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson da espécie *Guadua angustifolia*. Os ensaios foram realizados em 37 corpos de prova com nó e sem nó em diferentes partes do colmo (base, centro e topo). De acordo com os dados da tabela 5, a resistência média a tração foi de quase 90 MPa, sendo que os corpos de prova com nó apresentaram resistência menor que os sem. Isto ocorreu devido a descontinuidade das fibras que acontece nos nós onde ocorreram os rompimentos.

Tabela 5- Resistência à tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu *Guadua angustifolia*.

Parte do bambu	Resistencia a tração (Mpa)	Módulo de elasticidade E (GPa)	Coeficiente de Poisson μ
Base sem nó	93,38	16,25	0,19
Base com nó	69,88	15,70	-
Centro sem nó	95,80	18,10	0,25
Centro com nó	82,62	11,10	-
Topo sem nó	115,84	18,36	0,33
Topo com nó	64,96	8,00	-
Valor médio	89,96	14,59	0,26
Variação	64,26 – 115,84	8,0 – 18,36	0,19 – 0,33

Fonte: GHAVAMI E MARINHO, 2005.

Apesar de parecer fácil, o ensaio de tração requer extremo cuidado, pois qualquer pressão simples das garras na máquina de ensaio, pode ocasionar a ruptura dos corpos de prova caso a pressão seja de baixa intensidade, pode haver o deslizamento do colmo durante o carregamento.

4.8 TENSÃO DE CISALHAMENTO

A função da estrutura fibrosa do bambu, é suportar os esforços de tração axial, entretanto axialmente, suas fibras encontram-se imersas numa matriz lignina, suscetível a ruptura de cisalhamento (Culzoni, 1986).

Vive na sinuosidade dos feixes, usualmente nos nós (onde cessam as fibras) e na variação das seções, na qual diminuem os lugares resistentes originando, na peça, requisições secundária de compressão normal, fedilhamento ou cisalhamento, onde o objeto proporciona menos resistência (Culzoni, 1986).

Ghavami & Hombeeck (1981), observou que quase sempre, o rompimento acontecia no nó, provando que as tensões se concentravam nesse ponto. Repararam ainda, que justo a maior área transversal, a resistência da parte basal do colmo apresentava carga de ruptura maior.

De acordo com Beraldo e Abbade (2003 apud PEREIRA e BERALDO, 2008) a resistência ao cisalhamento transversal às fibras do bambu situa-se em torno de 30% de sua

resistência a flexão, e a resistência longitudinal às fibras situa-se em torno de 15% da sua resistência em compressão.

A região escolhida para aplicação da carga interfere de forma significativa nos resultados, devido a distribuição heterogênea dos elementos anatômicos do bambu, ao longo da espessura da parede do colmo.

Ghavami e Marinho (2005) utilizaram os mesmos critérios citados no item anterior para obter os corpos de prova. Destacam-se as amostras sem os nós, apresentando maior resistência sem variações significativas entre as regiões do colmo (base, meio e topo) como visto na tabela 6. No entanto, nos corpos de prova com nós, a resistência variou significativamente e foi menor. Eles também destacam que o *Guadua angustifolia* possui uma resistência ao cisalhamento menor que o *Dendrocalamus Giganteus*.

Por ser uma matéria prima natural, uma mesma espécie pode apresentar grandes variações em testes nas mesmas condições de umidade, temperatura e pressão. Apesar de existirem grandes variações de resistência entre uma espécie e outra, o estudo comprovou o grande potencial deste material.

Tabela 6 - Resistência ao cisalhamento interlaminar do bambu *Guadua angustifolia*

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

Fonte: GHAVAMI E MARINHO, 2005.

5 COMPARAÇÕES DE CASOS

Ensaio físico-mecânico dos bambus tratado em Campina Grande pela UAEA/UFPG – Protocolado 10/05/2007, aprovado em 25/04/2008.

Um ensaio realizado por Jean C. C. Espelho e Antonio L. Beraldo, tem o objetivo de mostrar resultados físicos-mecânicos dos bambus tratados. O método de tratamento adotado por eles foi o de Boucherie, alterado conforme algumas especificações de Beraldo et al. (2003). Utilizou-se o bambu *Dendrocalamus giganteus*, tendo idade superior a 3 anos.

Foi aplicado um processo parecido com o teste em madeira no campo de podrecimento. As taliscas de bambu ficaram parcialmente enterradas até 50% de sua altura. Adiante usaram a mesma quantia de talisca em local coberto. Buscando evitar o contato da própria com o solo, no qual ficaria vulnerável aos carunchos.

Os corpos de prova foram cortados em três partes iguais com cerca de 4m de altura e 2cm de largura, separado a região basal, mediana e apical de cada um deles. Porém as taliscas apresentam diversos comprimentos dos internódios de cada colmo, devido a isso não podem possuir o mesmo tamanho, pois podem alterar os resultados, principalmente da flexão estática, posto que os nós seriam vistos em posições diferentes, com isso as taliscas foram extraídas de acordo com o comprimento de seus internódios.

Utilizou-se uma solução produzida em laboratório chamada ABB – 50% de ácido bórico e 50% de bórax, juntamente com o produto comercial CCB – borato de cobre cromatado, fornecido pela empresa Montana Química.

O tempo de tratamento depende da espécie em questão, neste caso foram escolhidos dois tempos, 40min e 90min. O tempo de exposição durou 13 meses, em ambos os ambientes do teste. Logo após o mesmo foi submetido ao tratamento sobpressão utilizando apenas água. Posteriormente foi levado ao ar livre para a secagem durante um período de 3 dias.

A análise também foi feita por meio de observações, eram feitas vistorias durante todo o período da exposição. Em seguida as taliscas foram levadas ao laboratório para os testes lá realizados (não destrutivo, por ultra-som e destrutivo, por flexão estática).

5.1 RESULTADOS

As tabelas 7 e 8 mostra como as taliscas submetidas a intempéries sofreram muito mais degradação, sobretudo pelos cupins. Além da deterioração nesses dois tipos de abordagem, o tratamento utilizando a fermentação também não se mostrou adequado. No entanto as taliscas mais atacadas pertenciam ao conjunto que substituíram a seiva por água.

Quanto ao meio de tratamento por touceira durante um mês, e os tratamentos químicos, esses obtiveram melhores resultados que o "tratamento testemunha" (sem nenhum tipo de tratamento) como mostra a tabela 9.

Tabela 7 - ANOVA (A análise de variância) dos resultados do módulo de elasticidade dinâmico (EDF) por ultrassom.

Fonte	Soma dos quadros	GL	Quadrado médio	F	P-valor
A: Exposição	912,13	1	912,13	120,63	0,00
B: Produto	819,41	1	819,41	108,37	0,00
C: Concentração	2896,70	2	1448,35	191,54	0,00
D: Duração	180,94	1	180,94	23,93	0,00
E: Tempo	592,75	6	98,79	13,07	0,00
INTERAÇÕES					
AB	211,66	1	211,66	27,99	0,00
AC	78,97	2	39,49	5,22	0,01
AD	6,76	1	6,76	0,89	0,34
AE	746,25	6	124,38	16,45	0,00
BC	966,82	2	483,41	63,93	0,00
BD	61,61	1	61,61	8,15	0,05
BE	312,83	6	52,14	6,90	0,00
CD	73,53	2	36,77	4,86	0,01
CE	191,92	12	12,99	2,12	0,01
DE	28,71	6	4,78	0,63	0,70
RESÍDUO	3266,58	432	7,56		

Fonte: FEAGRI/UNICAMP, 2008.

Tabela 8 - ANOVA (A análise de variância) dos resultados do módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática.

Fonte	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	P-valor
A: Exposição	230,31	1	230,31	43,27	0,00
B: Produto	764,50	1	764,50	143,62	0,00
C: Concentração	1064,27	2	532,14	99,97	0,00
D: Duração	0,04	1	0,04	0,01	0,93
E: Tempo	376,81	6	62,80	11,80	0,00
INTERAÇÕES					
AB	67,98	1	67,98	12,77	0,00
AC	68,00	2	34,00	6,39	0,00
AD	4,26	1	4,26	0,80	0,37
AE	351,85	6	58,64	11,02	0,00
BC	34,10	2	17,05	3,20	0,04
BD	215,71	1	215,71	40,52	0,00
BE	130,79	6	21,80	4,10	0,00
CD	108,85	2	54,42	10,22	0,00
CE	110,95	12	9,25	1,74	0,06
DE	42,28	6	7,05	1,32	0,25
RESÍDUO	2278,26	428	5,32		

Fonte: FEAGRI/UNICAMP, 2008.

Tabela 9 - Comparação entre os tratamentos realizados – Método de Tukey HSD 95%*

TRATAMENTOS	E _D FINAL (GPA)	TRATAMENTOS	MOE FINAL (GPA)
POTEGIDAS			
Testemunha*	10,77 a	Testemunha*	5,65 a
CCB 5% - 30 min	20,49 b	CCB 5 % - 30 min	8,33 b
Água – 40 min	21,64 bc	Água – 40 min	8,40 bc
Maturação da moita	22,07 c	CCB 5% - 90 min	9,64 bcd
CCB 5% - 90 min	22,16 c	Maturação na moita	10,13 cd
ABB 5% - 90 min	24,13 d	ABB 5% - 90 min	11,30 d
EXPOSTAS			
Testemunha*	7,13 a	Testemunha*	3,66 a
Maturação da moita	18,14 b	Água – 40min	6,37 ab
Água – 40 min	19,78 bc	Maturação da moita	7,62 b
CCB 5% - 30 min	20,29 c	CCB 5 % - 30min	8,19 bc
CCB 5% - 90 min	21,47 c	CCB 5 % - 90min	9,82 c
ABB 5% - 90 min	22,24 c	ABB 5 % - 90min	10,15 c
PROTEGIDAS			
Testemunha*	0,78 a	Água – 40 min	0,68 ab
Água – 40 min	085 bc	ABB 5% - 90 min	0,69 a
ABB 5% - 90 min	0,86 c	CCB 5 % - 30min	0,71 a
Maturação da moita	0,90 c	Testemunha*	0,77 ab
CCB 5% - 90 min	0,90 c	Maturação da moita	0,83 ab
CCB 5% - 30 min	0,92 c	CCB 5 % - 90min	0,85 b
EXPOSTAS			
Testemunha*	0,52 a	Água – 40 min	0,50 ab
Maturação da moita	0,74 b	Testemunha*	0,50 a
Água – 40 min	0,76 bc	ABB 5% - 90 min	0,59 ab
ABB 5% - 90 min	0,77 bc	Maturação da moita	0,63 ab
CCB 5% - 90 min	0,87 c	CCB 5 % - 30min	0,69 bc
CCB 5% - 30 min	0,91 c	CCB 5 % - 90min	0,87 c

Fonte: FEAGRI/UNICAMP, 2008.

* Médias seguidas de mesma letra para a mesma variável apresentada na mesma coluna, não diferem significativamente ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey HSD (pertencem ao mesmo grupo).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos construtores preferem utilizar outros tipos de madeiras ao invés do bambu, devido ao fato de possuir cavidade oca, o que demonstra grande preconceito em relação a este instrumento. A falta de conhecimento, materiais adequados e estudos feitos em cima da resistência do bambu, torna desconhecido o potencial dessa gramínea por grande parte dos profissionais.

Os problemas existentes em relação a construção com bambu felizmente estão sendo tema de grande discussão na atualidade. É esperado que a população tenha conhecimento não apenas do seu valor comercial, mas da sua importância para o mundo, solucionando grandes problemas quando se trata da sustentabilidade e construções que necessitam de resistência para suportar abalos sísmicos.

Essa necessidade fez com que autoridades do Senado (2016), aos poucos compreendam o valor de projetos feitos com bambu. No dia 24/08/2016 o senador Jorge Viana (PT-AC), relator da matéria na Comissão de Relações Exteriores e Defesa Nacional (CRE), aprovou o acordo sobre a constituição da rede internacional do bambu e do ratã, feito em Pequim na China, no ano de 1997. Objetivando implementar uma agenda global de desenvolvimento sustentável pelo bambu.

Em visão disso o Presidente da Associação Brasileira dos Produtores de Bambu (Aprobambu), Guilherme Korte, em parceria com a Rede Brasileira do Bambu, entraram com pedido a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para a normatização da construção com bambu, conforme as normas em vigor em mais de 30 países. Isso mostra a importância dessa planta não apenas na construção civil e arquitetura, mas como traz benefícios para todo o Brasil, incluindo a área econômica. (SNA, 2016).

Expondo pesquisas, conclui-se ao decorrer desse trabalho, a comprovação que o bambu veio para salvar o mundo, propiciando um ambiente mais limpo e sustentável, além de visualmente tornar as construções mais elegantes e leves, sem que haja comprometimento com a qualidade.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas** – procedimento: NBR8681. 2004

ABNT. NBR 6023 – **Informação e documentação – Referências** - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002, 24p.

AGUDELO SALAZAR, B. & TORO VEJARANO, Ingrid yasmid. **Evaluación del desarrollo de los bosques de Guadua angustifolia en la zona de jurisdicción de la CVC bajo diferentes condiciones de sitio, con fines de reforestación, ibagué**. Universidad del Tolima. 1994, 169p.

ALMROTH, B. O. **Influence of Imperfections and Edge Constraint on the Buckling of Axially Compressed Cylinder**. NASA CR-432, 1966. p. 13-20.

ALVES, J. D. **Influência das fibras nas propriedades do concreto**. In: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, XVIII Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. Salvador, 1976.

ARAUJO, Henrique J. B. de. **Madeira de eucalipto tratada pode contribuir para a redução do desmatamento na Amazônia**. EMBRAPA, Acre, 2010. Disponível em: . Acesso em 1 jul. 2013.

ARCE-VILLALOBOS, O.A. **Fundamentals of the Design of Bamboo Structures**, 1993. Eindhoven: Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven. (Bouwstenen; 24). 261 p.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A. L. B.; **Velocidade de crescimento dos colmos de algumas espécies de bambu**. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, São Paulo. 1981.

AZZINI, Anísio et al. **Florescimento e frutificação em bambu**. Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas, V.41, n.18, p. 175-180, nov.1982. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v41n1/18.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2014.

AZZINI,A. **Florescimento e frutificação em bambu, Bragantina, Revista Científica do Instituto Agrônomo**, Campina Grande, Vol. 12, art. Nº 18, 2008.

Bambu é alternativa para construção civil. Boletim da FAPERJ Agosto de 2002. Disponível em: . Acesso em: maio 2008.

BARBIERI, João Carlos Cordeiro; BARBOZA, Aline da Silva Ramos; SILVA,Marcelle Maria Correia Pais. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social**, 2008.

BARELLI, B. G. P. **Design para a sustentabilidade**: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos. 2009. 152p. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2009.

BARROS LARAIA, R. "**Cultura: Um conceito antropológico**". 24ª edição. Rio de Janeiro: ZAHAR, 2009. p.117.

BECKY, Conteúdo et al. **Archdaily** . 2009. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

BERALDO, A. L. **Bambucreto- O Uso do Bambu como Reforço do concreto**. In: XVI CONBEA. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 16, 1987, Jundai. Anais... Jundai, SP, 1987, Vol. II. p. 521 – 530.

BERALDO, Antonio Ludovico. RIVERO, Lourdes Abbade. **Bambu Laminado Colado (Blc)**. 2003.

BERALDO, Antonio. **BAMBU** . 2016. Disponível em: <<http://apuama.org/tags/bambu/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

BR FLOOR. 2000. **Arquitetura com bambu**. Disponível em: <<https://www.brfloor.com.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

CERVER, Francisco Asensio. **International Landscape Architecture**. Barcelona: Paco Asensio, 1997.

CORREA, Marcio A. P. **Utilização de Bambu na Construção**. 2014. 107f. Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2014.

CORREIA, J.R.; HARIDASAN, M.; REATTO, A.; MARTINS, E.S.; WALTER, M.T. **Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em matas de galeria na região do Cerrado: uma revisão**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, Capítulo 1, 2001.

CULZONI, R. A M. **Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. Rio de Janeiro, 1986. 134 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. PUC-Rio.

DA SILVA HIPOLITO, I; DA SILVA HIPOLITO, R. & DE ALMEIDA LOPEZ, G. **"Polímeros na Construção Civil"**, Gestão e Tecnologia para Competividade, 2013.

DELIBERALI, Neiva et al. **Food and chemical toxicology** . 2018. 16 f. Chemical study, antioxidant, anti-hypertensive, and cytotoxic/cytoprotective activities of Centaurea cyanus L. petals aqueous extract (Food and Chemical Toxicology)- University of Campinas, University of Campinas, [S.l.], 2018.

DIAS, F. M.; LAHR, F.A.R. **Adesivo à base de mamona para compensado**. Revista da Madeira. Ano 13 – p. 25 . Maio de 2008.

DLIBERALI, Dedini; MARSON, Romi. **A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil** . 2014. 26 f. artigo (Economia)- Universidade Federal de Alfenas, a Universidade Federal de Alfenas, [S.l.], 2014. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/neco/v24n3/0103-6351-neco-24-03-00685.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2017.

ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO. **Andaimes de Bambu**. 2012. Disponível em: <http://www.engenhariaeconstrucao.com/2012/02/andaimes-de-bambu.html>. Acesso em: 22 jul. 2014.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio Eletrônico Século XXI**, Versão 3.0 – Novembro de 1999, Editora Nova Fronteira.

FERREIRA, G. C. S. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus giganteus**. 2007. 195p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Construção) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FIGUEREDO, Patricia. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil** . 2017. Disponível em: www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>. Acesso em: 02 fev. 2016.

FILGUEIRAS, T.S. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil. (Gramineae: Bambusoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, n.11, p.47- 66, 1988.

GHAVAMI, K. **Bambu, um Material Alternativo na Engenharia**. Revista Engenharia. Construção Civil. Pesquisa Engenho. Editora Técnica Ltda, São Paulo, No. 492. p. 23-27, 1992.

GHAVAMI, K. **Estruturas de Concreto Armado com Bambu**. In: CECAP-PUCRio, 6. 1990, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1990, Vol. 1, p. 149-175.

GHAVAMI, K. **Ultimate Load Behavior of Bamboo-Reinforced Lightweight Concrete Beams. Cement and Concrete Composites**, N. 17, p. 281-288, 1995.

GHAVAMI, K.; BOZA, B. **Influência do Tratamento na Resistência do Bambu**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Relatório interno, 1998. 25 p.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mossô, Matake, Guadua angustifolia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia**. 2001. 53 f. Departamento de Engenharia Civil. PUC-Rio. 2001.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades Mecânicas dos Colmos dos Bambus das Espécies: Mosó e Guadua angustifolia para Utilização na Engenharia.** Rio de Janeiro: PUC-Rio. Publicação RMNC-2 Bambu 02/2002, 2002. 90 p.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C.S. **Engineering Materials and Components with Plants. Proceedings of the Construction and Environment Symposium.** IPT CIB. São Paulo, Brasil, 2000. p. 33-38.

GHAVAMI, K.; SILVEIRA, R. A. M. **Casca Cilíndrica (Revisão Bibliográfica).** Rio de Janeiro: PUC-Rio, Relatório Interno RI 10 / 89, 1989. 73 p.

GHAVAMI, K.; SOUZA, M.V. **Propriedades Mecânicas do Bambu.** Rio de Janeiro: PUC-Rio, Relatório interno, 2000. 30 p.

GHAVAMI, K.; TOLEDO FILHO, R. D. Desenvolvimento de Materiais de Construção de Baixo Consumo de Energia Usando Fibras Naturais, Terra e Bambu. Revista Engenharia Agrícola. Publicação Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Vol.2, p. 1-19, 1992.

GHAVAMI, KHOSROW & MARINHO, ALBANISE B. "**Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua Angustifolia**", PUC-Rio, Departamento de Engenharia Civil, 2004.

GHAVAMI, KHOSROW. "**O uso bambu na construção Civil**", Centro Federal de Educação Tecnológico do Paraná, CEFET, 2002.

GLENN, H. E. **Bamboo reinforcement of portland cement concrete structures.** Clemson College Engineering Experiment Station. Bul. 4. Clemson, S.C, 1950.

GONÇALVES, A. P. S FILGUEIRAS, T.; A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v.18, n.1, 2004.

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

GUERRA, J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 394 p. il.

HIDALGO López, Oscar - **Bambu, su Cultivo y Aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía**, Estudios Tecnicos Colombianos Ltda, Cali, Colombia, 1974.

INBAR, **International Network for Bamboo and Rattan**. Disponível em: . Acesso em 1 jun. 2011.

INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN – INBAR. **Priority species of bamboo and rattan**. New Delhi, India. f.116, 1998.

ISO - **International Organization for Standardization** . [S.l.: s.n.], 2015. 9000 p.

Disponível em: <<https://www.iso.org/iso-name-and-logo.html>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

JANSEN, J. J. A. **The Mechanical Properties of Bamboo used in construction. Bamboo research in Asia**. Proceedings of workshop held in Singapore. Ottawa, Ont, Canada, IDRC, 1980. p. 173-188.

JANSEN, J. J. A. **The relationship between the mechanical properties and the biological and chemical composition of bamboo**. In Higashi, T. ed., *Bamboo production and utilization*. Proceedings of the XVII IUFRO Congress. Kyoto, Japan, 1981. p. 27-32.

JANSSEN, J. J. **Building with Bamboo**. London, UK: Intermediate Technology Publications, 1989. 60p.

JARAMILLO, S.; BAENA, M. **Material de apoyo a la capacitación em conservación ex situ de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional para os Recursos Fitogenéticos**, Cali, Colombia, 2008.

LAWS, Bill. **50 Plantas que mudaram o rumo da história** . [S.l.]: Sextante, 2013. 224 p. v. 1. Disponível em: <<http://www.esextante.com.br/livros/50-plantas-que-mudaram-o-rumo-da-historia/>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

LEE, A.W.C.; BAI, X.; PERALTA, P.N. **Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina.** *Forest Products Journal*, Vol.44, No.9, p. 40-46, 1994.

LENGEN, J. V. **Manual do Arquiteto Descalço.** Porto Alegre. Livraria do Arquiteto, 2002.

LIESE, Walter. **Anatomy and properties of bamboo.** In : Rao, A.N.; Dhanarajan, G.; Sastry, C.B. ed., *Recent Research on Bamboo*, 1987. Proceedings of 99 the International Bamboo Workshop, Hangzhou, China, 6-14 October 1980. Chinese Academy of Forestry, Beijing, China; International Development Research Centre, Ottawa, Canada. p.196

LIMA, Raquel. **O bambu é pau pra toda obra**, 2006. Disponível em: www.cpopular.com.br/cenarioxxi/conteudo/mostra_noticia.asp?noticia=1455799&area=2259&authent=B952400BEE247BBE9947C0E9EF7C75. Acesso em 27 abril 2018.

LÓPEZ, O. H. **BAMBOO THE GIFT OF THE GODS.** Bogota – Colombia. 2003. 553p.

Manual de construccion con Bambu. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1981, 35p.

MARQUES, Janezete A. et al. **Estudo de adição de raspa de borracha e fibra de bambu como agregado na massa cimentícia.** In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2., 2011, Viçosa

MESQUITA, L. P.; CZARNIESKI, C. J.; FILHO, A. C. B.; WILLRICH, F. L.; LIMA JÚNIOR, H. C.; BARBOSA, N. P. Determinação da tensão de aderência do bambu-concreto; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; v.10, n.2, p.505–516; Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 2006. Disponível em: . Acesso em 27 abril 2018.

MINISTERIO, MEIO AMBIENTE. **CONSTRUÇÃO SUSTENTAVÉL** . 2014. Disponível em: <www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/> . Acesso em: 10 nov. 2017.

MOREIRA, L.E. **Desenvolvimento de estruturas treliçadas espaciais de bambu**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1991. 172p

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA, **Technology, Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC)**. Government of India, 200.

NET, Joker. **Bmbu Zhu** . 2017. Disponível em: <<http://bambuzhu.com/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

NOGUEIRA, F. M. **Bambucon – bambu reforçado com microconcreto armado**. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia, UFMG, 2009.

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

PEREIRA, M. A. R.; BERVALDO A. L. **Bambu de corpo e alma**, Bauru, Editora Canal 6, 2007.

PEREIRA, Marco A. dos R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (Dendrocalamus giganteus)**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu. p.162, 1997.

REBOUÇAS, Aldo da C. Rebouças.; BRAGA, Benedito Braga.; TUNDISI, José Galizia Tundisi.; **Águas Doces no Brasil 3º ed.** São Paulo: Escrituras, 2006.

RECHT, C.; WETTERWALD, M. F. **Bamboos**. London: B.T. Batsford Ltd. 1994. 128p.

REFORM **reparos & reformas**. 2017. Disponível em: <<https://reformweb.com.br/>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

SEIFFERT, MARI ELIZABETE BERNARDINI. **Sistemas de gestão ambiental (ISO 14001) e saúde e segurança ocupacional (OHSAS 18001): vantagens da implantação integrada**. São Paulo: Atlas, 2010.

SILVA, E. C. N.; PAULINO G. H.; WALTERS, M. C. Apresentação de slides: **Modelling Bamboo as a Functionally Graded Material**. Disponível em: Acessado em 16 ago. 2012.

SILVA, Roberto M. C. e. **O bambu no Brasil e no mundo**. 2010. Disponível em: www.institutoeu.com.br/arquivos/downloads/Bambu_no_Brasil_e_no_Mundo_56403.pdf. Acesso em: 15 fev 2018.

SOUZA, J. M. F. et al. **Resistência à tração e compressão do bambu *Dendrocalamus giganteus* após tratamento de mineralização**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS, 5., 2007. Anápolis. Anápolis: UEG, 2007. CD-ROM.

SOUZA, Lucimeire B. Z. de. **Lajes com armadura de bambu: um estudo comparativo com as lajes convencionais de aço**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 6, 2009. Maringá. Disponível em: http://www.cesumar.br/epcc2009/anais/lucimeire_brenzan_zampar_souza.pdf. Acesso em: 17 fev. 2018.

UEDA, K.; **Studies on the physiology of bamboo with reference to practical application**. Resources Bureau Science and Technics Agency Minister`s Office. Tokyo, Japan. Reference Data, n. 34. (1960).

UNICAMP, 2002. **Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola**, Universidade Estadual de Campinas.

VASCONCELLOS, Raphael Moras de. **Bambu brasileiro**. Rio de Janeiro.

VÉLEZ, Simón. **Arquitectura vegetariana** . 2015. Disponível em: <www.simonvelez.net/>. Acesso em: 18 mar. 2018.

WILSON, Eduard. **O futuro da vida – um estudo da biosfera para a proteção de todas as espécies, inclusive a humana**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.