

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO BAMBU PARA USO ESTRUTURAL

Giovanna Crescente Silva (IC) e Celso Antônio Abrantes (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo a determinação das características mecânicas do bambu que asseguram o seu uso estrutural. Através do ensaio de compressão axial paralelo às fibras do bambu é possível aferir sua resistência à compressão paralela e, a partir desta, por meio de procedimentos simplificados estabelecidos em projeto de norma, pode-se estimar as demais propriedades mecânicas que são necessárias para elaborar um projeto estrutural. Este método simplificado pode ser utilizado quando não há condições para se realizar todos os ensaios mecânicos requeridos e sua metodologia baseia-se na correlação entre as resistências características. Uma resistência denominada como característica é aquela abaixo da qual ainda rompem 5% dos corpos-de-prova do lote. Os valores utilizados para tais meios estão descritos no projeto de norma de estruturas de bambu parte 1, iniciada em 2017 e proposta na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2019, ainda não vigente até o presente momento. Os ensaios de compressão e módulo de elasticidade deste artigo foram realizados no laboratório de materiais de construção da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie (Campus Higienópolis) segundo os requisitos do mesmo projeto de norma de estruturas de bambu, parte 2.

Palavras-chave: Compressão, bambu, estrutural

ABSTRACT

The present work has as main goal the determination of the mechanical characteristics of bamboo that assure its structural use. Through the axial compression test parallel to the bamboo fibers it is possible to measure their resistance to parallel compression, and from this one, through simplified procedures established in the standard design, it is possible to estimate the other mechanical properties that are necessary to elaborate a structural project. This simplified method can be used when there are no conditions to perform all the required mechanical tests and its methodology is based on the correlation between the characteristic resistances. A resistance nominated as characteristic means that below it, 5% of the specimens of the batch still break. The correlations used in this method are described in the Bamboo Structures Standard Project-Part 1 started in 2017 and proposed by the Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) in 2019, not yet in force up to the present time. The compression and elastic modulus tests of this article were performed in the materials laboratory of the School of Engineering at Mackenzie Presbyterian University (Higienópolis Campus) according to the requirements of the same bamboo structure standard project, part 2.

Keywords: Compression, bamboo, structural

1. INTRODUÇÃO

Bambu, denominação usada para referir-se às plantas da subfamília Bambuseae, que possui mais de 1.300 espécies conhecidas em todo o mundo, segundo à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017) e possui uma gama extensa de utilidades desde a alimentação até o seu uso na construção civil.

Apesar de ainda ser associado às construções simples e adornos decorativos, o bambu tem se tornado um material de destaque em estudos e pesquisas, principalmente na engenharia (NOIA, 2017). Aliado à tal fato, a recente criação de um projeto de norma de estruturas de bambu pretende ampliar a sua aplicação.

O projeto de norma de estruturas de bambu que teve início em julho de 2017, foi elaborado por profissionais envolvidos com o cultivo, comercialização e utilização do bambu em todo o Brasil, além de contar com a participação de professores e alunos pesquisadores da Universidade Presbiteriana Mackenzie. As diretrizes utilizadas para a sua elaboração têm como base as normas similares existentes em outros países, bem como normas de estruturas de madeira.

Como em qualquer projeto estrutural, é necessário conhecer o material que está sendo utilizado e, no caso do bambu não seria diferente. Devido à grande variedade de espécies e suas diferentes características, é necessário verificar as suas propriedades mecânicas e se as mesmas são superiores àquelas especificadas em projeto, de forma que o sistema estrutural possa garantir a segurança e a vida útil de serviço prevista, levando o bambu ao patamar de elemento estrutural viável economicamente e difundindo seu uso em larga escala (SOUZA, 2014).

Além das características mecânicas, é necessário assegurar a durabilidade dos colmos de bambu a serem usados nas construções de longa vida útil, considerando fatores como o corte e seleção das varas maduras, a secagem e o tratamento contra insetos e intempéries (MARÇAL, 2008). As condições ambientais locais, a qualidade da mão de obra e a manutenção preventiva também são fatores que devem ser observados, pois podem impactar diretamente na qualidade final da obra tanto quanto a correta execução da estrutura, que deve ser feita como descrita em projeto.

Portanto, o presente trabalho pretende determinar as características mecânicas de uma espécie de bambu para assegurar o seu uso estrutural na construção civil, por meio de testes realizados em laboratório, seguindo as orientações do projeto de norma de estruturas de bambu, partes 1 e 2.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O uso do bambu como elemento estrutural no Brasil é algo relativamente recente, porém há algumas obras com importância de destaque para este trabalho. Uma delas é o Serramar Parque Shopping (imagem 1) em Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo.

O projeto foi elaborado pelo escritório Aflalo & Gasperini com o objetivo de evitar o uso de ar condicionado, criando uma estrutura aberta com filtros de luz de bambu, proporcionando um local agradável para circulação de pessoas. Para compor a varanda exterior com cobertura de bambu, os mesmos foram fixados às lajes por meio de perfis metálicos, com ligeira inclinação de forma a não acumular água.

Imagem 1: Serramar Parque Shopping



Fonte: Bambu Carbono Zero

Outra obra com o uso do bambu estrutural no Brasil é o Anfiteatro da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, a PUC-RIO, cuja cúpula é composta inteiramente de bambus treliçados fixos no chão por âncoras de concreto armado, protegendo o mesmo da umidade do solo. A área coberta é de 200 metros quadrados e garante um espaço aberto para descanso e apresentações culturais da instituição.

A estrutura foi montada em apenas 25 dias de trabalho e sua cobertura é constituída de lonas acrílicas tensionadas, que além de ajudar a manter a estrutura protegida do sol e chuva, ainda mantém e distribui o som no espaço interno.

Imagem 2: Estrutura de bambu em anfiteatro ao ar livre



Fonte: Bambutec

3. METODOLOGIA

3.1 Procedimentos gerais

Para guiar o ensaio de compressão axial paralela às fibras e módulo de elasticidade do material foram seguidas as instruções do projeto de norma de estruturas de bambu parte 2, adaptando pontos específicos que serão descritos conforme ocorrerem ao longo deste trabalho.

Para a realização dos ensaios acima, foram utilizados 12 corpos-de-prova retirados de segmentos de 1 metro de comprimento. Os segmentos foram retirados da parte média, topo e base de varas da espécie *Dendrocalamus asper* e os corpos-de-prova foram cortados sem a presença de nós, de modo que a altura é igual ao dobro do diâmetro externo de cada trecho. O bambu utilizado não recebeu qualquer tipo de tratamento químico antes da realização dos ensaios.

As amostras de bambu acima, permaneceram nas dependências do Laboratório de Materiais de Construção da Escola de Engenharia Mackenzie (Campus Higienópolis) secando ao ar, por período de tempo superior a um ano, podendo ser consideradas como bambu seco.

A umidade ambiente do ar no laboratório no momento do ensaio foi medida em 30% e a temperatura em 23°C. Para umidades ambientes inferiores a 75%, a umidade de equilíbrio da madeira, no caso, o bambu, é de 12%.

Para realizar as medidas do material antes do ensaio, foi utilizado paquímetro eletrônico.

3.2 Ensaio de compressão axial paralelo às fibras e módulo de elasticidade

O ensaio de compressão axial paralela às fibras consiste na aplicação de carga por uma prensa nas extremidades do corpo-de-prova até que se alcance a capacidade limite de carga e se atinja a ruptura. A amostra é centralizada na máquina de ensaios e a carga aplicada deve ter a sua velocidade constante.

A equação que determina a resistência à compressão é:

$$f_{c0,m} = \frac{F_{m\acute{a}x.}}{A}$$

Sendo

$f_{c0,m}$ = a resistência média à compressão paralela às fibras em MPa

$F_{m\acute{a}x.}$ = a carga máxima registrada pela máquina de ensaio em N

A = a área da seção transversal do corpo-de-prova em mm²

A área é calculada da seguinte maneira:

$$A = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$$

Sendo

D = o diâmetro externo médio do corpo-de-prova em mm

d = o diâmetro interno médio do corpo-de-prova em mm

Para determinar os diâmetros médios, foram realizadas medidas transversais na seção e obtida uma média aritmética.

O ensaio de módulo de elasticidade foi realizado em conjunto com o ensaio de compressão paralela às fibras do bambu nos 12 corpos-de-prova em questão. Sua metodologia consiste em dois sensores medidores de deslocamento acoplados aos corpos-de-prova que são encaixados na prensa de ensaio por uma força suficiente apenas para que o bambu tenha estabilidade.

Após a colocação dos sensores, o relógio da prensa é zerado para que possa ser iniciado o ensaio. A carga colocada sobre o corpo-de-prova é igual à 20% e 60% do valor de carga de ruptura. Para se obter esta carga, foi realizado o ensaio de compressão em um corpo-de-prova teste, a partir do qual se obtém os valores que servirão de parâmetro para o ensaio de módulo de elasticidade.

A carga obtida na ruptura do bambu usado como teste foi de 72100 N. Assim, o ensaio de módulo de elasticidade foi feito com as cargas de 14420 N e 43260 N, correspondendo respectivamente à 20% e 60% da carga de ruptura.

Após a colocação dos sensores, a carga de 20% é aplicada, e o valor da deformação correspondente é anotado. Após 1 minuto é aplicada a carga de 60% e o valor da deformação também é anotado. O tempo entre uma leitura e outra é dado para que não haja a fadiga do material estudado.

Assim, repetimos o processo 4 vezes no mesmo corpo-de-prova, para obtermos 8 valores de deformação com as cargas alternadas, através dos dois sensores acoplados. Esta repetição tem a finalidade de estabilizar as leituras e apenas as duas últimas leituras realizadas são utilizadas no cálculo para obter o módulo de elasticidade.

Após a realização de todas as leituras, os sensores foram retirados da peça e a mesma foi rompida, obtendo o valor de ruptura à compressão paralela às fibras.

Para se obter o valor do módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras, utiliza-se a expressão a seguir:

$$E_{c,0} = \frac{(F_{60} - F_{20})}{A \cdot (\epsilon_{60} - \epsilon_{20})}$$

Sendo

$E_{c,0}$ = o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras

F_{60} = a força aplicada correspondente à 60% da carga de ruptura do bambu teste

F_{20} = a força aplicada correspondente à 20% da carga de ruptura do bambu teste

ϵ_{60} = a deformação específica quando aplicada 60% da carga

ϵ_{20} = a deformação específica quando aplicada 20% da carga

A deformação específica é calculada através da divisão entre a média aritmética dos valores de deformação medidos pelos dois sensores e altura dos mesmos, que corresponde a base de medição de deformação.

Assim, uma vez realizados os ensaios, pode-se estabelecer as relações anteriormente descritas. As mesmas seguem expostas na tabela abaixo.

Tabela 1: resistência à compressão paralela as fibras

Corpo-de-prova	Área (cm ²)	F _{máx.} (N)	f _{c0} (MPa)	E _{c0} (GPa)
1	11,74	80.000	68,1	85,2
2	11,74	58.000	49,4	27,1

3	17,79	113.400	63,7	16,4
4	14,29	70.000	49,0	12,7
5	18,97	71.000	37,4	28,4
6	14,02	68.800	49,0	8,6
7	18,97	102.000	53,8	6,3
8	15,89	111.200	70,0	20,0
9	10,28	67.000	65,2	18,9
10	11,31	63.500	56,1	15,3
11	11,50	73.000	63,5	17,0
12	12,56	82.000	65,3	19,8

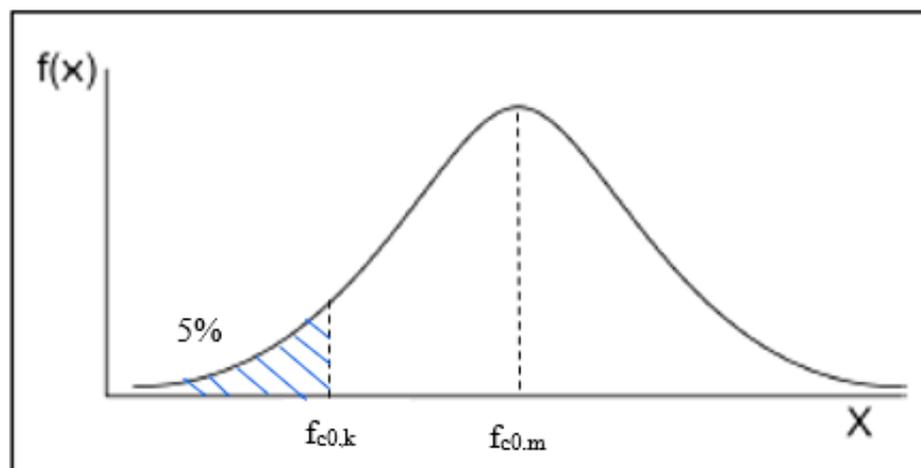
Fonte: Autor

Logo, por meio da média aritmética dos valores obtidos, considera-se que o valor da resistência à compressão paralela às fibras do bambu estudado é de 57,5 MPa, e o módulo de elasticidade à compressão paralelo às fibras é 23,0 GPa.

3.3 Resistência característica

A resistência característica de uma determinada propriedade mecânica de um material é aquela que possui apenas 5% de possibilidade de não ser atingida considerando o lote analisado, ilustrado no gráfico abaixo.

Imagem 3: Gráfico de distribuição normal da resistência



Fonte: Autor

Por meio de análises de probabilidade, pode-se aferir uma resistência característica genérica f_k como:

$$f_k = f_m - 1,645 \cdot s$$

Sendo

f_m = o valor de resistência médio obtido em ensaio em MPa

s = o desvio padrão, em MPa, dos resultados obtidos no lote com, no mínimo, 12 corpos-de-prova

O desvio padrão foi calculado por meio de métodos estatísticos como sendo 9,9 Mpa.

Dessa forma, sendo o valor médio obtido no ensaio como 57,5 MPa, e o valor do desvio padrão calculado como 9,9 MPa, conclui-se que o valor da resistência característica de compressão paralela às fibras, chamado de $f_{c0,k}$ é de 41,2 MPa.

3.4 Método simplificado para obtenção das demais características mecânicas do bambu

O método simplificado pode ser utilizado para determinar as demais características mecânicas do bambu quando não há a possibilidade de realização de todos os ensaios, embora recomenda-se a execução dos mesmos.

O método baseia-se na correlação bem definida entre as resistências mecânicas características de tração paralela às fibras, cisalhamento paralelo às fibras, compressão perpendicular às fibras, flexão do colmo e também característica elástica por meio de fatores pré-estabelecidos.

Dessa forma, é possível correlacioná-las a partir do valor de resistência característica à compressão paralela as fibras. Estas relações estão descritas na tabela a seguir e seus valores foram retirados do projeto de norma de estruturas de bambu.

Tabela 2: Correlação das características mecânicas do bambu a partir da resistência característica de compressão paralela às fibras

Propriedade	$f_{t0,k}$	$f_{v0,k}$	$f_{c90,k}$	$f_{m0,k}$	$E_{c,0}$
Valor	$1,30 f_{c0,k}$	$0,15 f_{c0,k}$	$0,10 f_{c0,k}$	$1,10 f_{c0,k}$	$300 f_{c0,k}$

Fonte: Projeto de norma de estruturas de bambu – parte 1

Sendo, na tabela:

$f_{t0,k}$ = resistência característica à tração paralela às fibras

$f_{v0,k}$ = resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras

$f_{c90,k}$ = resistência característica à compressão do colmo perpendicular às fibras

$f_{m0,k}$ = resistência característica à flexão do colmo

$E_{c,0}$ = módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras

Com isso, pode-se indicar os valores das propriedades características, descritos abaixo:

Resistência característica à tração paralela às fibras, $f_{t0,k} = 53,6$ MPa

Resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras, $f_{v0,k} = 6,2$ MPa

Resistência característica à compressão do colmo perpendicular às fibras, $f_{c90,k} = 4,1$ MPa

Resistência característica à flexão do colmo, $f_{m0,k} = 45,3$ MPa

Módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras, $E_{c,0} = 12360,0$ MPa

3.5 Propriedades mecânicas

Para que as resistências características possam ser transformadas em resistências de cálculo a serem utilizadas em projeto, é necessário realizar conversões por meio de fatores próprios que variam em função do tipo de carregamento, da umidade relativa do ambiente local em que será executada a estrutura e do coeficiente de segurança decorrente do método utilizado.

A fórmula geral que correlaciona as resistências é:

$$f_d = \frac{K_{mod} \cdot f_k}{\gamma_m}$$

Sendo

K_{mod} = coeficiente de modificação de resistência

γ_m = coeficiente de segurança das resistências características do bambu

O coeficiente de modificação de resistência é dado por uma multiplicação de fatores que corrigem as condições de laboratório para as condições de serviço em campo. Da seguinte forma:

$$K_{mod} = K_{mod,1} K_{mod,2} K_{mod,3}$$

Sendo

$K_{mod,1}$ = o coeficiente que depende do tipo de carregamento, descrito na tabela abaixo.

Tabela 3: Correlação entre tipo de carregamento e coeficiente $K_{mod,1}$

Tipo de carregamento	$K_{mod,1}$
Permanente	0,7
Longa duração (mais de 6 meses)	0,8

Média duração (1 semana a 6 meses)	0,9
Curta duração (até 1 semana)	1,0
Instantânea	1,1

Fonte: Projeto de norma de estruturas de bambu – parte 1

$K_{mod,2}$ = o coeficiente que depende da umidade relativa do ambiente em que a estrutura será executada, descrito na tabela abaixo.

Tabela 4: Correlação entre a umidade relativa e o coeficiente $K_{mod,2}$

$K_{mod,2}$	Umidade relativa (%)
1,0	Menor que 75
0,8	Entre 75 e 85
0,6	Saturado

Fonte: Projeto de norma de estruturas de bambu – parte 1 (adaptado)

$K_{mod,3}$ = o coeficiente que depende da qualidade do colmo, e que está diretamente relacionado com a linearidade e a presença de fissuras. Para os colmos secos em boas condições com relação aos fatores citados, pode-se adotar o valor de 0,8.

Já a respeito do coeficiente de segurança γ_m que corrige os fatores em decorrência da imprecisão do método utilizado, pode-se adotar os valores descritos na tabela abaixo, de acordo com a característica mecânica que se pretende encontrar.

Tabela 5: Correlação entre a propriedade característica e o coeficiente de segurança

Propriedade	$f_{c0,d}$	$f_{t0,d}$	$f_{v0,d}$	$f_{m0,d}$
γ_m	2,0	1,8	2,0	1,8

Fonte: Projeto de norma de estruturas de bambu – parte 1 (adaptado)

Para as características não especificadas na tabela acima, será adotado o valor de γ_m igual a 1,0.

Uma vez esclarecidos os parâmetros a serem utilizados, é possível determinar os valores das características mecânicas a partir do valor médio de resistência à compressão paralela às fibras do bambu. Para este trabalho, foram utilizados os valores de $K_{mod,1}$ igual à

0,7 para carregamentos permanentes, $K_{mod,2}$ igual à 1,0 para umidade relativa menor que 75% e $K_{mod,3}$ igual à 0,8.

Dessa forma, os valores obtidos foram:

Resistência à compressão paralela às fibras, $f_{c0,d} = 11,5$ MPa

Resistência à tração paralela às fibras, $f_{t0,d} = 16,7$ MPa

Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, $f_{v0,d} = 1,7$ MPa

Resistência à compressão perpendicular às fibras, $f_{c90,d} = 2,3$ MPa

Resistência à flexão, $f_{m0,d} = 14,1$ MPa

Módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras, $E_{c,0} = 6921,6$ MPa

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O Brasil, diferentemente de outros países, apresenta uma quantidade muito grande de espécies de bambu, o que não nos permite adotar características mecânicas sem o conhecimento profundo da espécie empregada na construção da estrutura.

No Brasil, o bambu é utilizado de maneira empírica nas construções, sem cálculo estrutural adequado, embasado na experiência de poucos construtores envolvidos com o processo.

A necessidade de obtenção de valores de resistência e elasticidade confiáveis exige realizações de ensaios mecânicos, que nem sempre estão disponíveis nos laboratórios. Por isso, a partir de um único tipo de ensaio, o de compressão paralela às fibras, as normas preveem procedimentos simplificados para a determinação das demais características mecânicas, que foi o método utilizado neste trabalho.

No ensaio de compressão paralela às fibras, cujos resultados de ruptura encontram-se na tabela 1, observa-se uma grande dispersão, o que gera uma distribuição normal com muita variabilidade, ou seja, desvio padrão alto.

Avaliando também o coeficiente de variação, que corresponde a 17,3%, observa-se que é um valor alto, o que confirma a grande dispersão entre os resultados dos corpos-de-prova, tornando as resistências características baixas, sendo a resistência à compressão paralela as fibras igual a 41,2 MPa, valor que corresponde a 71,7% do valor médio obtido no ensaio. Porém, este resultado é similar ao valor adotado nas normas de madeira vigentes, o qual é dado como 70%.

A respeito dos ensaios, após o processo de corte manual com serra e lixamento das bordas dos corpos-de-prova para alinhamento na máquina de ensaio, a altura teve redução

de tamanho de 1 a 3 mm. Porém, esta diferença da ordem de 1% não influencia o valor da resistência final obtido.

Outro aspecto a respeito dos ensaios é a retração. A retração leva à efeitos de alteração de forma e das dimensões de um dado material partir do seu estado inicial e estas, por sua vez, podem influenciar a característica de resistência dos corpos-de-prova. O efeito de retração no bambu não foi considerado neste trabalho, pois o material ensaiado estava no seu estado seco.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir a partir dos ensaios realizados e dos valores obtidos neste trabalho que as resistências características são baixas em função da dispersão da curva de Gauss, utilizada para o cálculo das resistências mecânicas características.

Observando os corpos-de-prova que foram ensaiados, é possível citar a variação dos diâmetros externo e interno em um mesmo trecho do material. Retirando os corpos-de-prova dos entrenós das varas, observa-se uma redução gradual ao longo dos segmentos, com diâmetros externos maiores na base e menores no topo. Já o diâmetro interno varia de forma inversa, sendo menor na base e maior no topo.

Para os valores de resistências características obtidas, pode-se dizer que a resistência à compressão paralela às fibras é igual à 41,2 MPa, a resistência à tração paralela às fibras é igual à 53,6 MPa, a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras é igual à 6,2 MPa, a resistência à compressão perpendicular às fibras é igual à 4,1 MPa, a resistência à flexão é igual à 45,3 MPa e o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras é igual à 12360,0 MPa.

Analisando os resultados descritos acima, observa-se que o bambu é um material que possui maior resistência aos esforços de tração paralela às fibras do que aos demais esforços estudados.

Observa-se também que neste trabalho foram estudadas as características mecânicas do bambu, sem receberem nenhum tipo de tratamento químico, porém, os tratamentos são necessários para garantir a durabilidade do material quando usado nas construções. Apenas as características mecânicas satisfatórias não garantem a boa qualidade da obra, pois a durabilidade do material adquirida através dos tratamentos deve ser levada em consideração.

6. REFERÊNCIAS

AECWEB. **Bambu pode suportar carga superior à do própria aço**. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/bambu-pode-suportar-carga-superior-a-do-proprio-aco_9455_0_1>. Acesso em 2018.

APUAMA. **Características mecânicas.** Disponível em <<http://apuama.org/caracteristicas-mecanicas/>>. Acesso em 2019.

BARBOZA, Aline da S. R.; BARBIRATO, João Carlos C.; SILVA, Marcelle Maria C.P. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social.** Disponível em <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3805/2181>>. Acesso em 2019.

CARBONARI, Gilberto, et al. **Bambu – O aço Vegetal.** Disponível em <<file:///C:/Users/Giovanna/Downloads/1876-5881-1-PB.pdf>>. Acesso em 2019.

CICLO VIVO. **Bambu é material ideal para construções sustentáveis.** Disponível em <http://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/bambu_e_material_ideal_para_construcoes_sustentaveis/>. Acesso em 2018.

EMBRAPA. **Bambus no Brasil. Da biologia à tecnologia.** Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>>. Acesso em 2019.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guada angustifolia*.** Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v9n1/v9n1a16.pdf>>. Acesso em 2018.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva. **Uso do bambu na construção Civil.** 2008. Trabalho de conclusão de curso (bacharel em engenharia civil). Universidade de Brasília. Disponível em <http://bamusc.org.br/wp-content/uploads/2009/05/tratamentobambu_vitor_hugo_marcas.pdf>. Acesso em 2019.

MARY, Wellington; KENMOCHI, Claudio S.; COMETTI, Nilton N.; LEAL, Paulo M. **Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação.** Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000100003>. Acesso em 2019.

NOIA, Paula Regina da Cruz; YOSHIOKA, Erica Yukiko. **Sistema construtivo em bambu para habitação de interesse social.** In: *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia.* 2017.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guada angustifolia*.** Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000100016>. Acesso em 2018.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **Os diversos usos do bambu na construção civil.** 2014. 100 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em engenharia civil). Universidade

tecnológica federal do paraná. Campo Mourão, 2014. Disponível em <
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5872/1/CM_COECI_2014_1_08.pdf>.
Acesso em 2018.

Contatos: g.crescente@hotmail.com e cabrantes@mackenzie.br