

# UTILIZAÇÃO DO BAMBU DA ESPÉCIE *DENDROCALAMUS ASPER* EM VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO PARA ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO

*Guilherme Henrique Bertacchini<sup>1</sup>, Ronan Yuzo Takeda Violin<sup>2</sup>, Karolyne Martins de Lima<sup>3</sup>, Rafael Alves Pereira Varoto<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. guilhermehb.eng@gmail.com

<sup>2</sup>Orientador, Mestre, Prof. Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. ronan.cesumar@gmail.com

<sup>3</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. Bolsista do PIBIC/CNPq- UniCesumar. karolengenharia@outlook.com

<sup>4</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, PR – UNICESUMAR. Bolsista do PIBIC/CNPq- UniCesumar. rafael\_varoto@hotmail.com

## RESUMO

Neste artigo, procura-se comparar o desempenho de vigotas pré-moldadas de concreto armado tradicionais e as que foram adicionadas “varetas” de bambu como armadura auxiliar, para identificar possíveis melhoras no tópico deformação. Partindo do pressuposto das já conhecidas propriedades do bambu, como a alta resistência e flexibilidade, pode-se explorar melhor estas características em benefício da construção civil, objetivando a sustentabilidade e economia. Se a planta apresentar bons resultados, pode ser implantada junto ao aço em peças de concreto armado diversas, isto reduziria o uso de aço, material que tem seu processo produtivo poluente e que não atinge com a mesma facilidade todas as regiões do mundo, como em áreas mais pobres. Para chegar neste objetivo, o bambu deve vencer algumas dificuldades executivas, como as irregularidades do colmo e a deterioração orgânica da planta por agentes externos. Também deve-se respeitar normas de segurança nacionais e internacionais sobre os materiais utilizados para aferir conforto e segurança na estrutura e para os usuários. As vantagens deste sistema sustentável, se bem implementado, vão desde diminuição da poluição no meio ambiente até redução de escoramento em estruturas. Com os devidos testes e dados, a comparação de resultados mostrará se alterações positivas podem ocorrer, proporcionando futuramente novas alternativas estruturais à engenharia. Desta forma, em vista de validar o bambu estruturalmente, analisa-se se é possível implantar a planta em pequenas construções comuns no cenário brasileiro, como rurais e habitacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade; Materiais; Construção.

## 1 INTRODUÇÃO

O bambu, material de muitas utilidades, que vão desde a culinária até arquitetura, vem recebendo mais atenção na construção civil. Ele já é explorado pela engenharia em diversos países, como cita Silva (2007, p.1): “[...] pode ser utilizado para os mais diversos fins e das formas mais variadas. No setor da construção civil, seu uso é bastante difundido na Ásia e em países da América Latina, como Peru, Equador, Costa Rica e Colômbia, onde vários exemplos de edificações confirmam sua potencialidade”.

A planta tem várias propriedades atrativas, como leveza, flexibilidade e resistência, além de se adaptar a quase qualquer clima e solo. Seu uso reduziria a necessidade de aço nas estruturas e conseqüentemente, sua demanda, o que traria benefícios ao meio ambiente.

A finalidade deste artigo é, auxiliar os estudos sobre bambu para viabilizá-lo como sistema estrutural sustentável, no caso, com aplicação em vigotas pré-moldadas de concreto armado, uma peça estrutural comum nas obras residenciais brasileiras, balanceando os pontos positivos e negativos encontrados. Também observando as

tendências de autoconstrução e eco design no mercado da construção, que tem o bambu como um dos materiais mais fortes. Como dito por Pereira & Beraldo (2016, p. 218), “[...] para obras secundárias, nas quais o bambucreto não seja submetido a grandes esforços (ou quando seja utilizado em pequenos vãos de até 3,5 m), torna-se viável a aplicação deste material”.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa foi baseada em revisão bibliográfica e em um ensaio técnico.

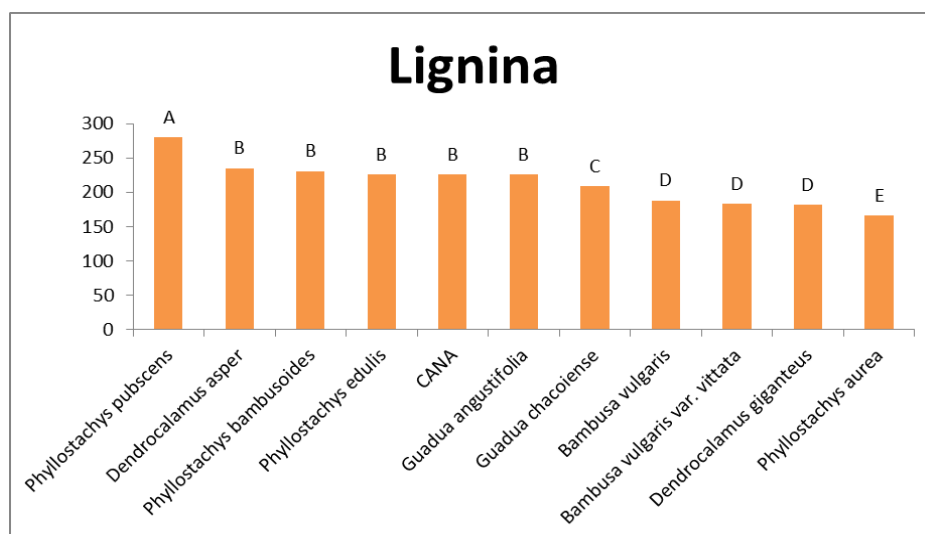
### 2.1 ENSAIO TÉCNICO

Seguindo o ensaio proposto pela NBR 15522 (ABNT, 2007), a análise de desempenho das vigotas pôde contar com aplicações práticas. O ensaio, denominado de Plano Normal – Momento Positivo, foi executado pelo LETEC – Laboratório de Ensaios Tecnológicos do SENAI de São Paulo, SP. Para realizá-lo foram necessários 4 passos: escolher a espécie, colher e preparar o bambu, concretar as vigotas e romper os corpos de prova.

#### 2.1.1 Escolha da Espécie

Existem vários critérios a serem adotados para a escolha correta do bambu. Partindo do tópico da resistência, um dos fatores que influencia no fato de uma espécie ser mais resistente que a outra, é o teor de lignina. Este composto, que está em grande quantidade na composição do bambu junto à celulose segundo Liese (1985), e que está diretamente relacionado às fibras, é um dos fatores determinantes na resistência mecânica de uma espécie.

Partindo deste critério, o teor de lignina, que se observa na análise feita por Vellini (2018, p.11), verificando o teor do composto nas paredes celulares, livres de proteínas e lipídios de várias espécies diferentes, é mensurado da seguinte forma conforme a Figura 1. Os dados que se mostram estão em miligramas (mg) de lignina por grama (g) de AIR.



**Figura 2:** Teor de lignina das espécies de bambu. Valores médios +- EPM (n = 4) marcados com diferentes letras são significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ , Teste Scott Knott)

Fonte: Vellini (2018, p. 11).

Observando estes dados, a espécie escolhida foi a *Dendrocalamus Asper*, que apesar de ser uma planta exótica de origem estrangeira, mostrou ótimos valores de lignina. Além disto, conforme dizem (Pereira & Beraldo, 2016, p. 44), a espécie se adapta bem aos climas úmidos e semiáridos.

### 2.1.2 Colheita e Preparo da Planta

Na BIOTEC – Centro de Biotecnologia em Reprodução Animal da Unicesumar, na cidade de Maringá, PR, foram colhidas 2 plantas inteiras de *Dendrocalamus Asper* com 4 metros de altura cada aproximadamente, e sua idade de cerca de 4 anos.

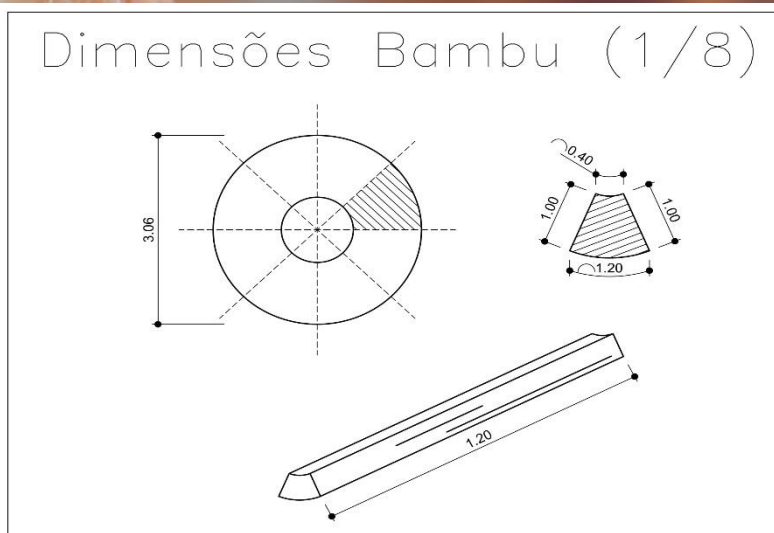
Todos os cuidados específicos são necessários para não danificar e consequentemente “matar” a planta na hora de colher. Entre eles:

- Utilizar um serrote de poda curvo, cortando na parte baixa da planta e logo acima do nó, não permitindo ficar nenhuma cavidade exposta para não acumular água e permitir entrada de insetos.
- Os ramos no corpo do bambu devem ser removidos com um “facão” de lâmina afiada, sempre no sentido de crescimento da planta para não arrancar o verniz do colmo.
- Para preservar a estrutura e linearidade do bambu, armazená-lo horizontalmente sem nenhum peso sobre ele.

O corte e preparo do bambu foram feitos com uma serra circular (Figura 2), ele foi cortado com 1,20 m de comprimento da parte mais baixa do colmo. Depois no sentido axial, subdividido em 8 partes iguais. Estes cortes foram definidos prevendo o tamanho da vigota que é uma estrutura esbelta com capa de concreto de apenas 3 cm. Por fim, uma vareta de bambu (destas 8 partes iguais) resulta em uma seção de área de aproximadamente 0,81 cm<sup>2</sup> e com medidas finais conforme a Figura 3.



**Figura 2:** Corte axial com serra circular



**Figura 3:** Dimensões de corte de uma “vareta” de bambu (seção e comprimento)

### 2.1.3 Concretagem e Desforma das Vigotas

Para um melhor comparativo, foram feitas 6 vigotas, três destas como corpos de prova de controle em que não foi adicionado o bambu e as outras três receberam 2 “varetas” de bambu cada, posicionadas no meio da capa de concreto e da treliça metálica. As características do concreto de traço 1:3:3 e do aço da treliça utilizados estão respectivamente nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1:** Especificações do Concreto

Concreto Traço 1:3:3 – Resistência: 25 mPa		
Material	Tipo	Quantidade
Cimento	CP V-ARI-RS	1 saco (50 kg)
Areia	Média	3
Brita	5/8	3
Água	-	26 litros
Fator água / cimento = 0,52		

**Tabela 2:** Especificações do Aço (Peso linear = 0,735 kg/m)

Aço CA60 - TG 8L – TR8644	
Fio	Φ Diâmetro (mm)
Banzo Superior	6,0
Banzos Inferiores	4,2
Diagonais	4,2

Reforçando, o concreto usado respeita o mínimo exigido pela NBR 14859-1 (ABNT, 2016) que é o C20, de resistência 20 Mpa, e o cimento usado (CP V-ARI-RS) é o aconselhado em estruturas pré-moldadas, resistente à sulfatos e de alta resistência inicial.

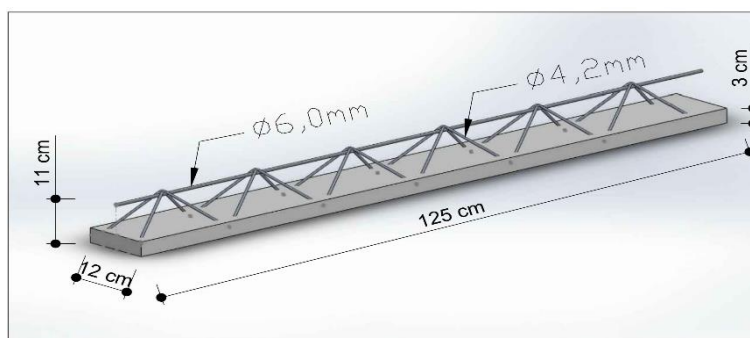
Para a concretagem, spray de óleo diesel é borrifado nas fôrmas para desformar corretamente depois, logo após, o concreto é colocado com o auxílio de uma colher de pedreiro. Sobre uma mesa vibratória durante cerca de 8 segundos o concreto é adensado e os excessos retirados. Com a cura suficiente após 3 dias, as vigotas foram desformadas, como mostra a Figura 4.



As dimensões finais das peças que pesam cerca de 12kg cada, utilizando 2,5 cm de cobertura em relação ao bambu (CAA II – Urbano) estão na Figura 5.



**Figura 4:** Vigotas deformadas e identificadas (SB – sem bambu e CB – com bambu)



**Figura 5:** Dimensões médias finais das vigotas (cm) e diâmetro dos fios de aço (mm)

#### 2.1.4 Ensaio Técnico

O procedimento a ser seguido para o teste se encontra nos tópicos a seguir:

- Com um paquímetro e trena, tirar as medidas exatas da vigota, do concreto e da treliça de aço.
- A vigota é apoiada nos dois extremos (biapoiada) sobre a prensa, com um vão livre definido de 105 cm (Figura 6).
- O relógio comparador, para aferir a deformação da peça em mm, é posicionado abaixo da vigota.
- A prensa EMIC DL 3000, recebe uma adaptação própria para descarregar uma carga pontual no centro da vigota que desvia do banzo superior, em formato de “U”.
- Duas etapas de carga acontecem (F1 e F2) à uma velocidade de 20 N/s.
- Mede-se a flecha após cada etapa de carga.
- O teste encerra-se após o aparecimento de fissuras.

O ensaio de “Plano Normal – Momento Positivo” foi feito em 3 dias diferentes, sendo estes o 14º, 21º e 28º dias depois da concretagem, sendo CP1, CP2 e CP3 respectivamente, onde em cada dia foram rompidas duas vigotas, uma com adição do bambu e a outra sem adição do bambu, para obter os parâmetros de comparação.



**Figura 6:** Posicionamento da vigota no interior da prensa

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do ensaio técnico se encontram nas Tabelas 3 e 4 a seguir:

- CP = Corpo de prova.
- F1 = Primeira etapa de carga sobre a vigota (572 Newtons).
- F2 = Segunda etapa de carga sobre a vigota (1749 Newtons).
- Flecha em F1/F2 = Deformação alcançada em cada etapa de carga

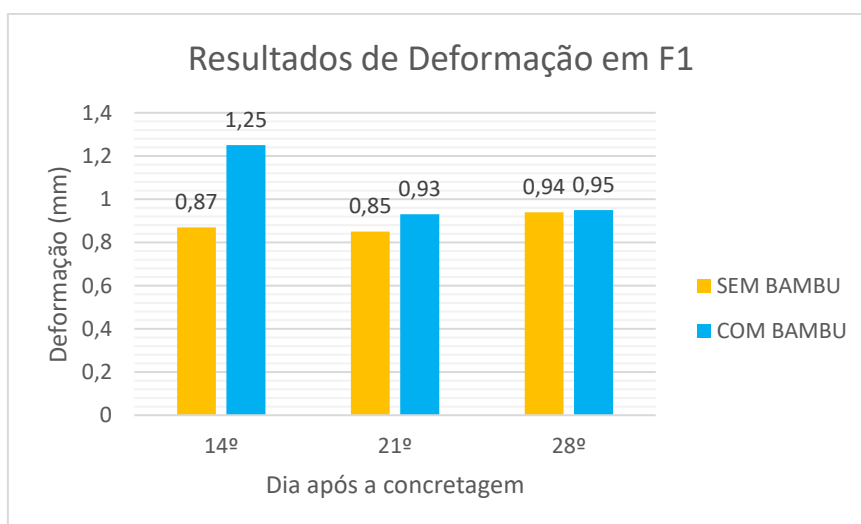
**Tabela 3:** Resultados do ensaio em vigotas sem adição de bambu

<b>Vigotas Sem Bambu</b>			
<b>Plano Normal - Momento Positivo</b>			
<b>Corpos de Prova</b>	<b>14º Dia</b>	<b>21º Dia</b>	<b>28º Dia</b>
	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
<b>Flecha Inicial (mm)</b>	0,00	0,00	0,00
<b>F1 Calculado (N)</b>	572,00	572,00	572,00
<b>Flecha em F1 (mm)</b>	0,87	0,85	0,94
<b>F2 Calculado (N)</b>	1749,00	1749,00	1749,00
<b>Flecha em F2 (mm)</b>	4,71	3,91	4,38
<b>Fissuras (mm)</b>	0,05	0,05	0,05
<b>Força Máxima Atingida (N)</b>	1853,00	1883,00	1864,00
<b>Deformação Visível na Armadura Metálica</b>	Sim	Sim	Sim

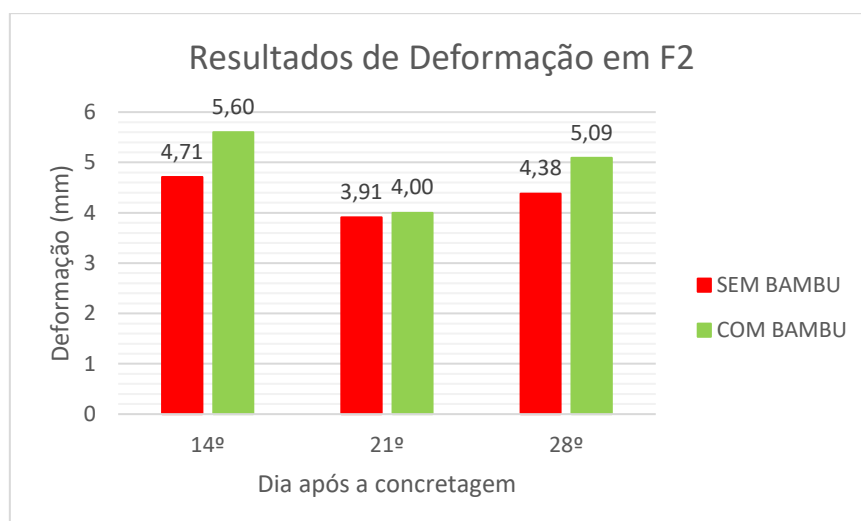
**Tabela 4:** Resultados do ensaio em vigotas com adição de bambu

<b>Vigotas Com Bambu</b>			
<b>Plano Normal - Momento Positivo</b>			
<b>Corpos de Prova</b>	<b>14º Dia</b>	<b>21º Dia</b>	<b>28º Dia</b>
	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
<b>Flecha Inicial (mm)</b>	0,00	0,00	0,00
<b>F1 Calculado (N)</b>	572,00	572,00	572,00
<b>Flecha em F1 (mm)</b>	1,25	0,93	0,95
<b>F2 Calculado (N)</b>	1749,00	1749,00	1749,00
<b>Flecha em F2 (mm)</b>	5,60	4,00	5,09
<b>Fissuras (mm)</b>	0,05	0,10	0,20
<b>Força Máxima Atingida (N)</b>	1917,00	1912,00	1915,00
<b>Deformação Visível na Armadura Metálica</b>	Sim	Sim	Sim

O comparativo final, das vigotas resistentes à deformação, se encontra nos gráficos das Figuras 7 e 8.



**Figura 7:** Comparação dos resultados de deformação em F1



**Figura 8:** Comparação dos resultados de deformação em F2

Nota-se um aumento constante das flechas nas vigotas que receberam o bambu, sugerindo mudanças positivas. No melhor caso de F2 (CP1) o aumento chegou a 0,89 mm, isso significa que as peças flertem mais antes de romper, ou seja, o bambu diminui sua rigidez.

#### 4 CONCLUSÃO

Após os resultados obtidos, é possível concluir que o bambu tem um forte potencial estrutural para a construção civil, pois aumenta a deformação mantendo a peça íntegra sem fissuras. Este ponto positivo é interessante para a resistência de estruturas sob ações adversas, como abalos sísmicos (Janssen, 2000).

Apesar dos bons resultados à deformação, é necessário ter cautela na implementação do bambu em estruturas, e por isso, mais testes e estudos são necessários, colocando à prova a integridade da estrutura com bambu em diversas situações e esforços solicitantes, como à compressão e à tração, além de analisar o prolongamento da vida útil do material orgânico no interior do concreto. Também porque dificuldades na realização do teste foram encontradas, como a falta de linearidade e uniformidade do bambu, que não é um material com controle de produção como o aço industrializado, e consequentemente isto afeta dados referentes à sua resistência, assim como já observado por Pereira & Beraldo (2016, p. 209), “Devido às suas características peculiares, por tratar-se de um tubo com baixa resistência ao fendilhamento, com espessura de parede variável e não perfeitamente cilíndrico, o bambu apresenta grande dificuldade no tocante à eficiência das ligações entre os colmos”.

Conclui-se assim, que o uso de bambu na construção civil é um caminho a ser explorado, e que abre outras possibilidades, como o uso de fibras ou taliscas de bambu, de espécies, idades e tamanhos diferentes, com a finalidade de oferecer segurança aos usuários e sanar a necessidade de preservar o meio ambiente.

#### 5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 14859-1: “Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos”**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 14859-2: “Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 2: Elementos inertes para enchimento e fôrma — Requisitos”**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 14859-3: “Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas — Requisitos”**. Rio de Janeiro. 2017.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 15522: “Laje pré-fabricada - Avaliação do desempenho de vigotas e pré-lajes sob carga de trabalho”**. Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 6118: “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”**. Rio de Janeiro. 2014.

BERALDO, A.L. **BAMBUCRETO - O uso do bambu como reforço do concreto**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 16, 1987, Jundiaí. Anais... Jundiaí: SBEA, v.2, 1987, p.521-530.

CULZONI, R.A.M. **Caraterísticas dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto**. Rio de Janeiro: PUCRio, 1986. 134 p. Dissertação de Mestrado.

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

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. **A Checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil**. Bamboo Science and Culture; The Journal of the American Bamboo Society. 18(1): 7-18, (2004).

GHAVAMI, K.; SOUZA, M.V. de. **Propriedades mecânicas do bambu**. Rio de Janeiro: Relatório Interno apresentado ao PIBIC, PUC Rio. Ago., 2000.

JANSSEN, J. J. **Designing and building with bamboo**. INTERNATIONAL NETWORK OF BAMBOO AND RATTAN – INBAR. Beijing, China. Technical report n. 20, 207p. 2000

LIESE, W. Bamboos – **Biology, silvics, properties, utilization**. GTZ, Germany, 132p., 1985.

OLIVEIRA, Luiz F. A. de. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013. 90f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de Corpo e Alma**. 2. Ed. Bauru, SP: Editora Canal 6, 2016.

SILVA, O. F. DA. **Estudo sobre a substituição do aço liso pelo bambusa vulgaris, como reforço em vigas de concreto, para o uso em construções rurais.** Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2007. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, A. M.. **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.

VELLINI, V. DA R. **Avaliação comportamental de crescimento, quantificação do teor de lignina, compostos fenólicos e digestibilidade da parede celular de espécies de bambu.** Maringá: Unicesumar, 2018. Artigo de Bacharel.