

SUBSTITUIÇÃO TOTAL DO AÇO, USANDO BAMBU COMO ARMADURA DE COMBATE A FLEXÃO EM VIGAS DE CONCRETO.

Claiton Sommariva de Oliveira (1), Márcio Vito (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)claitonsommariva@yahoo.com.br, (2)marciovito@unesc.net

RESUMO

Este trabalho é constituído de um estudo experimental ao qual analisa-se o comportamento estrutural da viga de concreto com a substituição do aço pelo bambu como elemento resistente a tração na flexão das vigas, e verifica-se a eficiência do dispositivo utilizado para a ancoragem mecânica bambu x concreto, permanecendo a armadura superior de aço como porta estribos. As vigas ensaiadas tinham 300 cm de comprimento, 12 cm de largura, 40 cm de altura. O método de ensaio foi o de flexão a 4 pontos, com carregamento de forças concentradas, aplicadas verticalmente nos terços dos vãos. Foram ensaiadas seis vigas de concreto, sendo três armadas com bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* com a área de 5,26 cm² e três vigas de referência, armadas com barras de aço CA-50 com diâmetro de 5,0 mm e 10,0 mm conforme cálculos realizados. Constatou-se através dos ensaios que o comportamento estrutural das vigas armadas com bambu em relação à carga portante, obteve em torno de 30% da resistência a flexão da viga armada com aço.

Palavras-Chave: Viga. Concreto. Bambu. Aderência.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, busca-se cada vez mais por materiais alternativos na construção civil, seja para redução de gastos, como também do impacto ambiental. Essa pesquisa trata do bambu como material equivalente ao aço no concreto armado. O bambu possui propriedades mecânicas comprovadamente semelhantes a outros materiais aplicados à composição do concreto armado, sendo este de maior economia com baixo consumo de energia em sua produção e com efeitos positivos ao meio ambiente. A princípio este trabalho será para atender a grande massa da população brasileira e de outros países em desenvolvimento, através da realização de casas populares. Devido a sua alta resistência à tração, GHAVAMI (1995) recomendou o uso do bambu como um material alternativo, substituindo o aço, como reforço em peças de concreto. Para o autor, as melhores espécies para este fim são



Bambusa vulgaris e *Dendrocalamus giganteus*, respectivamente, com 170 MPa e 135 MPa de resistência à tração. Ainda GHAVAMI (1992) constatou que o bambu é o material que apresenta um valor maior para a relação entre a resistência à tração e o peso específico para alguns materiais, o que torna vantajosa a sua utilização como material de construção. Segundo FERREIRA, G.C.S. (2002), a baixa aderência entre o bambu e o concreto é um dos fatores que levam o mesmo a não ser utilizado. Essa baixa aderência esta ligada ao grau de saturação do colmo, após o endurecimento do concreto; da quantidade de retração dos colmos; do revestimento do colmo, se ele é áspero ou saliente; da quantidade de bambu e concreto e da alternância de temperatura. Ainda conforme FERREIRA, G.C.S (2002), várias pesquisas são realizadas com o intuito de se obter uma melhor aderência, pois com a adoção de medidas corretas, aumentaria a capacidade de carga do bambu x concreto. Os tratamentos já criados que merecem destaque são:

- Bambu a milanesa, que é a aplicação de piche chapiscado com areia, tornando a superfície rugosa e por ter a aplicação do piche funciona também como impermeabilizante;
- Colocação de arame farpado pregado sobre o colmo ou talisca;
- Cravamentos de grampos de cerca sobre o bambu;
- Ranhuras realizadas na casca das talisca;
- O mais natural dos métodos é o uso dos nós dos bambus para elevar a extensão de contato com o concreto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram confeccionadas seis vigas de concreto, sendo três vigas armadas com aço e três vigas armadas com bambu. A dimensão adotada foi de 12 cm de largura, 40 cm de altura e 300 cm de comprimento, a resistência característica a compressão do concreto utilizado foi de 25 MPa e para as amaduras de aço CA-50.



2.1. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM AÇO E BAMBU.

Primeiramente, foi realizado o dimensionamento, para que as vigas de concreto atuassem no limite do domínio 2/3, todos os coeficientes de segurança foram desconsiderados para que os resultados obtidos no experimento possam ser comparados. Através dos cálculos foi encontrado a área de aço necessária e a carga máxima para que esta não passe para o domínio 3. De posse da área de aço, obtive a área de bambu equivalente, podendo assim ser feito um comparativo de deslocamento com as vigas de concreto armadas com aço e as construídas com bambu. O primeiro passo foi encontrar o momento máximo de cálculo através da Equação 1.

$$d' = 4 \text{ cm}$$

$$d = 36 \text{ cm}$$

$$\text{limite } 2/3 \quad x = 0,259 * d$$

$$x = 0,259 * 36$$

$$x = 9,324 \text{ cm}$$

$$Md = 0,68 * fcd * bw * x * (d - 0,4x) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Md = Momento fletor de cálculo;

Mk = Momento fletor de serviço;

fcd = Resistência de cálculo do concreto a compressão;

bw = Largura da seção transversal;

x = Altura da linha neutra, distancia da borda mais comprimida do concreto até o ponto que têm deformação e tensão nula;

d = Altura útil, distancia entre o centro de gravidade da armadura longitudinal tracionada até a fibra mais comprimida do concreto.

$$Md = 0,68 * \frac{250}{1,4} * 12 * 9,324 * (36 - 0,4 * 9,324)$$

$$Md = 438438,56 \text{ kgf} * \text{cm}$$

$$Mk = \frac{438438,56}{1,4}$$

$$Mk = 313170,40 \text{ kgf} * \text{cm}$$

$$Mk = 31,32 \text{ kN} * \text{m}$$

$$l = 290 \text{ cm (vão teórico)}$$

$$q = 1,2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$a = 96,67 \text{ cm}$$

(Equação 2)

$$Mk = P * a + \frac{q * l^2}{8}$$

Onde:

Mk = Momento fletor de serviço;

P = Carga atuante;

a = Distância dos terços do vão;

q = Carga distribuída, referente ao peso próprio;

l = Comprimento da viga (vão teórico).

$$313170,40 = P * 96,67 + \frac{1,2 * 290^2}{8}$$

$$P = 3109,09 \text{ kgf}$$

$$P = 31,09 \text{ kN}$$

(Equação 3)

$$As = \frac{Mk}{(d - 0,4x) * fyk}$$

Onde:

As = Área de aço;

Mk = Momento fletor de serviço;

d = Altura útil, distância entre o centro de gravidade da armadura longitudinal tracionada até a fibra mais comprimida do concreto;

x = Altura da linha neutra, distância da borda mais comprimida do concreto até o ponto que têm deformação e tensão nula;



$f_y k$ = Resistência característica de escoamento do aço à tração.

$$A_s = \frac{313170,40}{(36 - 0,4 * 9,324) * 5000}$$

$$A_s = 1,94 \text{ cm}^2$$

Adotado 2,00 cm² (Área de aço)

Sendo assim, foi utilizado nas três vigas de concreto armadas com aço, dois ϕ 10.0 mm e dois ϕ 5.0 mm, somando a área total de 2,00 cm² e na parte superior como porta estribos dois ϕ 5.0 mm e os estribos utilizados foram de ϕ 5.0 mm, distribuídos uniformemente a cada 20 cm.

Para encontrarmos a resistência a tração do bambu foi efetuado ensaio em sete amostras, conforme os resultados obtidos, a tensão média a tração do bambu foi de 192,2 MPa, de posse deste resultado foi possível fazer a equivalência de área de aço com o bambu.

$$\sigma_{\text{aço}} = \frac{F}{A}$$

$$5000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = \frac{F}{2,00 \text{ cm}^2}$$

$$F = 10000 \text{ kgf}$$

$$\sigma_{\text{bambu}} = \frac{F}{A}$$

$$1922 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = \frac{10000}{A}$$

$$A = 5,20 \text{ cm}^2 \text{ (Área equivalente em bambu)}$$

2.2. CÁLCULO DO DESLOCAMENTO MÁXIMO.

O deslocamento máximo (flecha), para esta viga com vão teórico de 290 cm, segundo a NBR 6118 (ABNT 2007) tendo como fator de limitação os deslocamentos visíveis totais, é obtido através da equação abaixo:

$$\frac{l}{250} = \frac{290}{250} = 1,16 \text{ cm}$$

2.3. FABRICAÇÃO DAS VIGAS ARMADAS COM BAMBU

Depois de encontrada a área equivalente, foi dada início aos trabalhos, utilizando uma serra meia esquadria, as amostras foram cortadas com 2,94m, e na sequência foram feitos cortes em um ângulo de 45° em todos os colmos, conforme Figura 1. Posteriormente foi realizado aberturas de pequenas janelas, estas possuem 20 cm de largura e foram realizadas no meio entre os nós para que possa haver ancoragem mecânica entre o concreto e o bambu.

Figura 1: Corte em 45° nos colmos coletados.



Fonte: Autor

Os bambus utilizados para a realização dos ensaios possuem área média de 7,86 cm², mas para efeito deste trabalho foi considerado a área onde ocorreram os cortes, tendo em vista que nessa região a área média de bambu é 5,26 cm², muito próxima ao necessário de cálculo. Deve-se salientar que não é possível mantermos exatidão nesses valores, pois o bambu é um material que possui dessemelhança em sua forma. Depois deste processo, foi iniciada a montagem da armadura, que se constitui de uma vara de bambu, duas barras de aço ϕ 5.0 mm, como porta estribo.

Os estribos foram de ϕ 5.0 mm distribuídos a cada 20 cm, Conforme mostra a Figura 2.

Figura 2: Vigas de bambu com os estribos de aço.



Fonte: Autor

2.4. MÉTODO DE ENSAIO

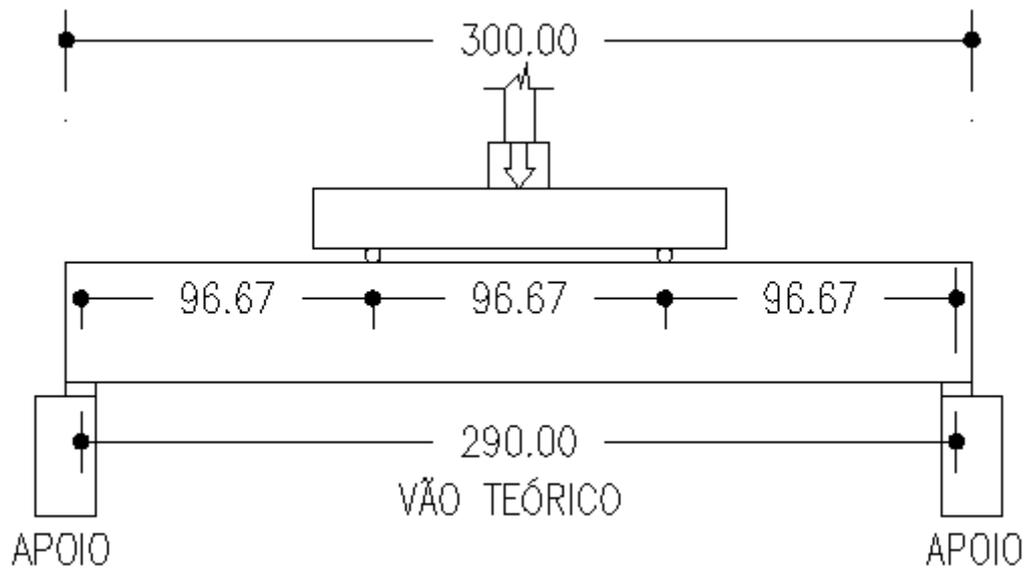
Os ensaios de resistência à flexão das vigas foram executados no LEE – Laboratório Experimental de Estruturas da UNESC. As vigas foram submetidas ao ensaio de flexão a 4 pontos, à ação de forças concentradas, aplicadas verticalmente, substituindo a força uniformemente distribuída por duas forças concentradas, aplicadas exatamente nos terços do vão. A carga aplicada ocorreu seguindo o mesmo padrão para todos os corpos de prova, conforme a Figura 3.

Figura 3: Realização dos ensaios.



Fonte: Autor

Figura 4: Demonstração do vão teórico das vigas



Fonte: Autor

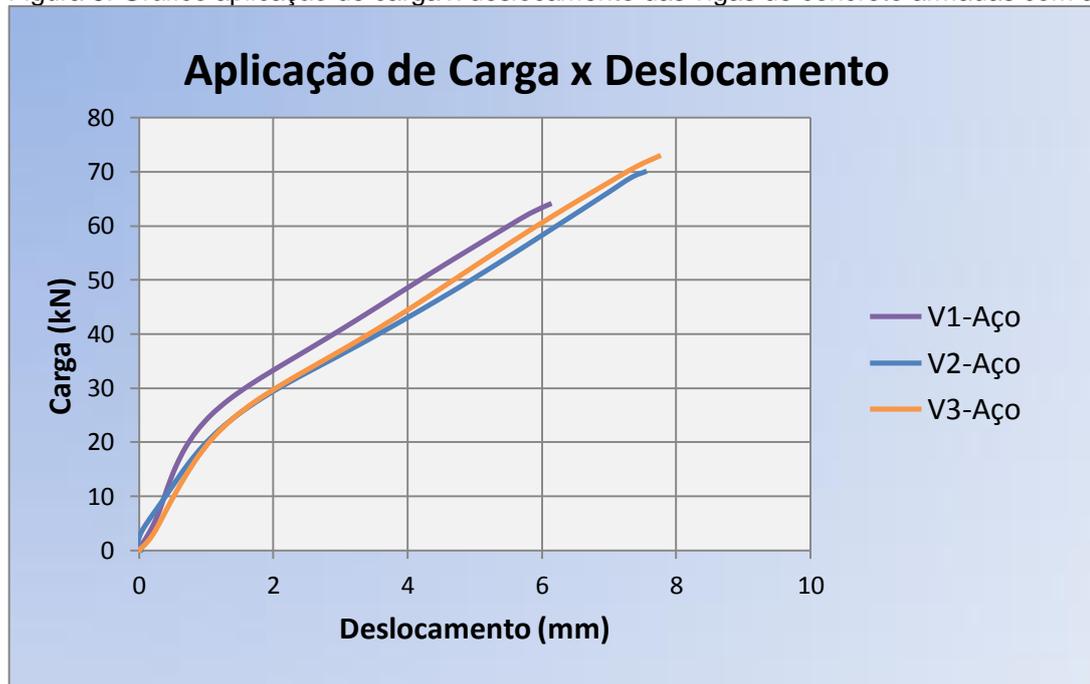
A força atuante foi aplicada através do cilindro hidráulico marca ENERPAC com capacidade de 500 kN. Para aferição dos deslocamentos utilizou-se o (LVDT) de 100 mm marca HBM.

Durante cada etapa de aplicação de carga, foram registrados os deslocamentos ocorridos e o valor da carga relativa a eles, para isso utilizou-se de equipamento de aquisição de dados QUANTUM X, que utiliza o software Catman Easy, ambos marca HBM.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No gráfico da Figura 5, são apresentados os deslocamentos devido à aplicação da carga, referido aos corpos de prova de viga armadas com armadura de aço.

Figura 5: Gráfico aplicação de carga x deslocamento das vigas de concreto armadas com aço.

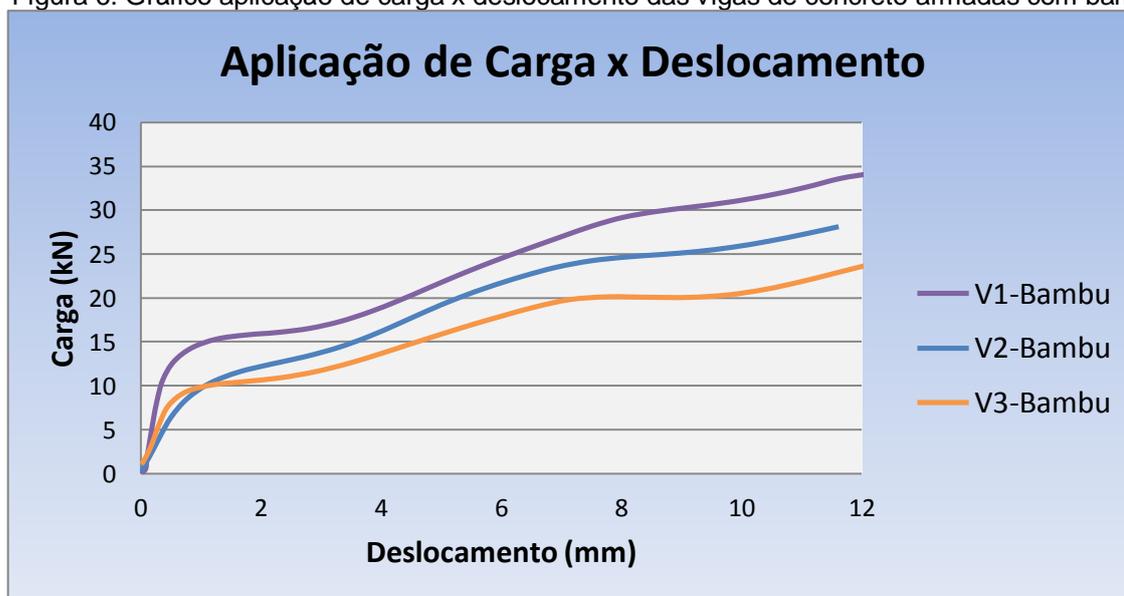


Fonte: Autor.

Analisando o gráfico da Figura 5, tendo como referencia o limite do domínio 2/3 para o qual as vigas foram calculadas, sendo esta carga de 62,18 kN, pode se perceber os deslocamentos ocorridos que foram todos abaixo dos 11,6 mm.

No gráfico da Figura 6, que se refere às vigas de bambu, em nenhuma das amostras foi possível atingir a carga calculada de referência.

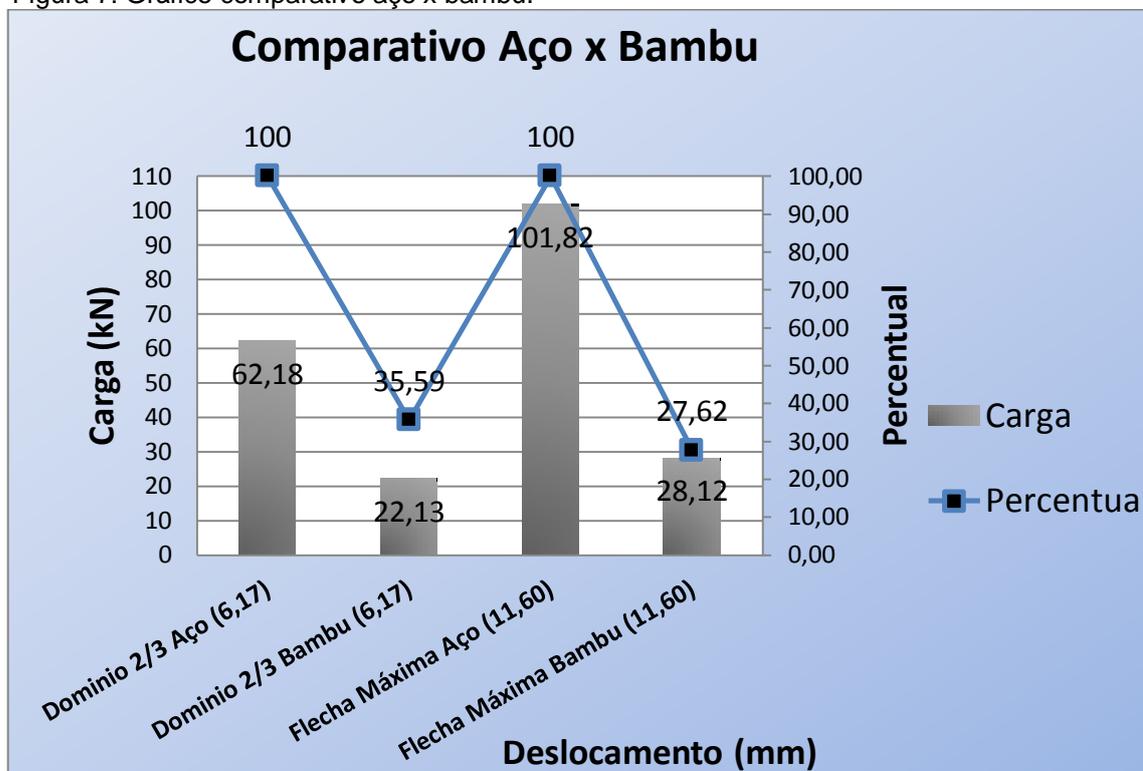
Figura 6: Gráfico aplicação de carga x deslocamento das vigas de concreto armadas com bambu.



Fonte: Autor.

Conforme o gráfico da Figura 7, quando a viga de aço está carregada com a carga prevista para que atue no domínio calculado, seu deslocamento médio é de 6,17 mm. Quando ocorre o mesmo deslocamento na viga de bambu, a carga média atingida foi de 22,13 kN. Em termos percentuais a viga de bambu, comparada com a viga de aço, atingiu 35,59% da carga da viga de referência. Já na flecha máxima admissível, a viga armada com aço obteve uma carga de 101,82 kN, e a viga de bambu 28,12 kN, sendo este valor 27,62% da viga armada com aço.

Figura 7: Gráfico comparativo aço x bambu.



Fonte: Autor.

4. CONCLUSÕES

As conclusões aqui apresentadas originam-se do conteúdo deste trabalho, ao qual procurou-se avaliar o desempenho do dispositivo de ancoragem proposto para ser utilizado nas vigas de concreto armado com bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*. Frisa-se que os resultados obtidos estão fundamentados na análise teórico-experimental, onde todas as vigas possuem altura de 40 cm e vão teórico de 290 cm. Conclui-se que a utilização do bambu como armadura de combate a flexão em vigas de concreto é viável sob o aspecto estrutural para esta pesquisa, sendo necessário para aplicação na prática maiores estudos referente a durabilidade do bambu no concreto. Este trabalho foi proposto para utilizar as vigas de bambu em casas de habitação popular, e com o carregamento acima descrito, podemos com uma margem confiável, assentar uma parede de alvenaria ao qual esta possui um peso específico de 13 kN/m³, com dimensões 0,15x2,50x3,00m, resultando em um volume de 1,125m³, somando uma carga total de 14,63 kN.



5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto: Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6120 – Cargas para Cálculo de Estruturas: Procedimento**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado: Especificação**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto: Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

GHAVAMI, K. **Bambu: um material alternativo na engenharia**. Engenharia (492): 23-27, 1992.

FERREIRA, G.C.S. **Vigas de Concreto Armadas com Bambu**. São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP, 2002.