



LAJES COM ARMADURA DE BAMBU: UM ESTUDO COMPARATIVO COM AS LAJES CONVENCIONAIS DE AÇO

Lucimeire Brenzan Zampar de Souza¹, Talita Domingues Vespa¹, Mauro José de Souza Araújo²

RESUMO: No presente trabalho, foi realizada uma comparação de laje convencional com lajes utilizando armadura feita com bambus *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys pubescens*, analisando a deformação das mesmas sob o efeito de cargas. A pesquisa tem como principais objetivos substituir as barras de aço pelas de bambu na estrutura da laje e analisar os aspectos de resistência mecânica e deformações do bambu na laje. Para esta finalidade foram construídos três protótipos de laje, sendo duas com armaduras de bambu e uma com armadura convencional de ferro para a análise comparativa. Os testes para análise da deformação foram feitos utilizando aparelhos extensômetros, e cargas de 400 Kgf/m², analisadas de forma pontual. Os resultados mostraram através dos testes de carregamento que as lajes mantiveram uma linearidade nas curvas de deformação até 200 Kgf/m², porém com ângulos diferenciados. Verificamos que as lajes com armadura de bambu são favoráveis e possíveis de execução, e apresentou deformação dentro das normas brasileiras. Lembramos ainda que o mesmo é um material renovável, não poluente e sustentável, sendo que a sua utilização não acarretaria problemas de ordem ecológica.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto-armado; Lajes com bambu; Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo se propõe num primeiro momento fazer uma análise sobre estudos e pesquisas já desenvolvidas a cerca das propriedades, da resistência mecânica, da durabilidade, dos tratamentos adequados, do manejo e uso do material bambu na arquitetura, e após dar sequência com experimentos verificando o comportamento deste material, como elemento estrutural, na elaboração da armadura de lajes e compará-las com as convencionais, analisando os resultados de carregamentos e procurando adequá-las às normas brasileiras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O concreto – uma mistura de cimento, água e agregados, além de aditivos – é um material largamente utilizado na construção civil. Quando, ao concreto comum forem adicionadas barras de aço, ele recebe o nome de concreto armado. Isso possibilitou, no decorrer da história, a elaboração de sistemas estruturais mais resistentes, gerando assim uma evolução em projetos arquitetônicos.

Para a execução do concreto armado, se utiliza grandes quantidades de aço. No entanto, a industrialização deste material consome uma elevada quantidade de energia,

¹ Acadêmicas do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. Programa de Bolsas de Iniciação Científica do Cesumar (PROBIC). lucimeirezampar@hotmail.com; talitavespa@msn.com

² Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. mauroaraujo@cesumar.br

causando impacto ambiental, além de possuir um alto custo e não ser um material renovável.

Com o pensamento voltado a esta situação, e preocupados em minimizar este consumo de energia despendida com a fabricação do aço, visando a conservação dos recursos naturais (no caso o ferro e outros minérios utilizados na sua composição), e a manutenção de um ambiente saudável e com o mínimo de poluição, optou-se por desenvolver esta pesquisa com um material alternativo, substituindo as barras de aço por barras de bambu.

2.1 TIPOS DE BAMBUS UTILIZADOS

Nome científico: *Phyllostachys pubescens* ; sinonímia: *Phyllostachys edulis*; nome popular: Bambu-mossô, mossô; família: Poaceae; divisão: Angiospermae; origem: Ásia; ciclo de vida: perene.

Nome científico: *Dendrocalamus giganteus*; nome popular: Bambu-gigante; origem: Malásia; altura máxima: 30m; diâmetro máximo: 0,15m.

2.2 EXECUÇÃO DAS LAJES

Para a realização do experimento foram construídas duas paredes de alvenaria paralelas há uma distancia de 2,40m no eixo, com dimensões de 1,50m x 0,107m x 4,60m que serviram de apoio para a execução das três lajes analisadas, sendo elas: LR (Laje referência)- Laje maciça convencional com armadura de ferro, usada como referência para comparações, LBA (Laje com bambu aparente)- Laje com base de *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) aparente e LTB (Laje com trama de bambu)- Laje maciça com armadura de *Phyllostachys pubescens* (bambu mosso). Cada laje foi construída com as seguintes medidas: 0,10m x 1,00m x 2,50m.

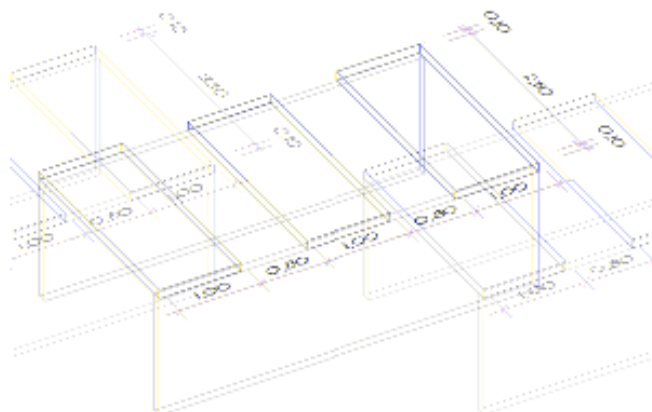


Figura 1-Perspectiva esquemática da construção dos protótipos das lajes

Na LR foi executada armadura convencional de ferro 0,008m num total de 8 barras distribuídas em 1,00m de largura (Figuras 4 e 5).

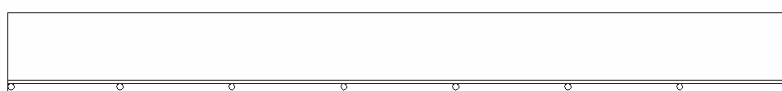


Figura 5-Corte transversal esquemático da LR

Para a LBA utilizou-se 9 *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante), de comprimento 2,50m, cortados no eixo longitudinal, distribuídos paralelamente em 1,00m de largura, e por 13 tiras de bambu, colocadas na transversal, com 0,025m de largura por 1,00m de comprimento, que serviram como armadura de distribuição, formando uma trama, sendo amarrados com arames junto às 9 metades de bambu (Figura 6 e 7). Nesta laje não foi utilizado o Anchorbond, pois a área do bambu (interior) em contato com o concreto possui ranhuras que proporcionam aderência.

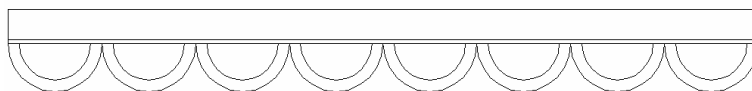


Figura 7-Corte transversal esquemático LBA

Na LTB foram utilizados 6 *Phyllostachys pubescens* (bambu mossô), cortados no eixo longitudinal, com um diâmetro de aproximadamente 0,08m distribuídos paralelamente com um intervalo de 0,10m em 1,00m de largura, e 15 tiras de bambu, colocadas na transversal, com 0,025m de largura por 1,00m de comprimento, que serviram como armadura de distribuição, formando uma trama, sendo amarradas com arames (Figura 8 e 9). Devido a superfície lisa do bambu, viu-se a necessidade de tratamento com o produto Anchorbond (adesivo estrutural de média fluidez e pega normal, formulado à base de resina epóxi, bi componente, isento de solventes e composto de agregados selecionados e graduados) para proporcionar adesão interfacial bambu-concreto. Além disso este tratamento resulta numa maior durabilidade do bambu.

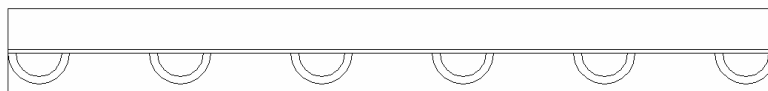


Figura 8-Corte transversal esquemático da LTB

Segundo BERALDO apud CARDOSO (2000), o bambu utilizado seco, deve ser colocado em água dois ou três dias antes da concretagem, para evitar a absorção de água do concreto. No entanto, optamos por utilizar o bambu tratado em um procedimento que hidratou o mesmo, citado no tópico 2.1, em conjunto com concreto mais firme, calculado com traço 1:2,67:3,39:0,60 (cimento 20,0 MPa; areia média; brita 1; e água).

Este traço foi utilizado na concretagem das três lajes. Para a determinação do traço, foi realizado um teste de umidade da areia, para que a mesma não interferisse na quantidade de água do traço do concreto.

Foram coletados dois corpos de prova de cada laje concretada, para posterior análise do concreto. Os rompimentos dos corpos de prova tiveram os seguintes resultados:

- No concreto das lajes com bambu, LBA e LTB, com rompimento aos 31 dias, apresentou 25,0 MPa e 27,0 MPa, e abatimento (slump test) 7,0 cm.
- No concreto da laje com ferro, LR, com rompimento aos 28 dias, apresentou 25,0 MPa e 26,5 MPa, e abatimento (slump test) 7,0 cm.

2.3 INSTRUMENTAÇÃO E PROCEDIMENTO DOS TESTES

O teste de carga para analisar a flecha de deformação de cada laje foi realizado com o equipamento extensômetro, num total de três, colocados juntos a três balizas. Para o carregamento das lajes foi montado um estrado apoiado por dois pontos localizados à uma distância (a) de 0,83m para a distribuição da carga pontual. O carregamento foi feito utilizando como carga sacos de cimento de 50kg cada, e um total de 20 sacos de cimento

(1000kg), totalizando 400kg/m². As leituras dos extensômetros foram feitas a cada 100kg colocados sobre a laje, sendo assim dez leituras por aparelho em cada teste.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de obtidos os dados das leituras dos extensômetros de cada laje, tendo como base a leitura do aparelho central, onde ocorre a maior flecha de deformação, foi gerado um gráfico com a análise do comportamento das lajes durante o carregamento (Gráfico 1).

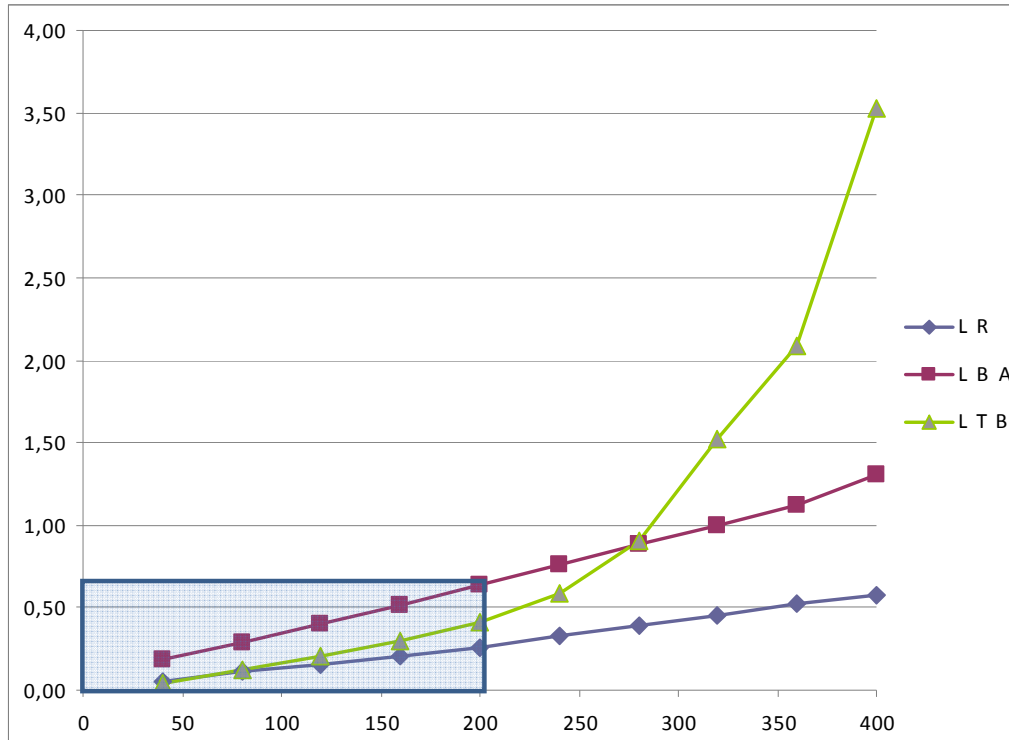


Gráfico 1-Comportamento das lajes durante o carregamento. Unidades em Kgf no eixo X e mm no eixo Y

Segundo a norma brasileira, NBR-6118, a deformação máxima permitida é o vão (L) dividido por 300. Sendo assim, com o vão das lajes elaboradas de 250 cm, temos a seguinte análise:

$$\text{Flecha máxima} = L/300 = 250\text{cm}/300 = 0,83\text{cm} = 8,3\text{mm}$$

Analisando o gráfico, podemos observar que a LR apresentou menor deformação vertical, com o carregamento de 400 Kgf/m², com flecha de 0,58mm. A LBA com este mesmo carregamento, apresentou deformação central de 1,31mm, e a LTB, deformação de 3,53mm. Sendo assim, o resultado obtido está dentro do previsto pela NBR-6118.

O carregamento utilizado comumente para análise de deformação em lajes-piso para residências é de aproximadamente 200Kgf/m², ao observar o quadro em destaque no gráfico 1, nota-se que as lajes tiveram um comportamento linear até este carregamento, no entanto com ângulos diferenciados.

Nos testes não foram computados o peso próprio das lajes, apenas o carregamento accidental.

Ao observar a curva de comportamento da LTB, verificou-se que a partir de 200 Kgf/m² houve uma mudança de comportamento, sendo que a curva deixou a linearidade aumentando consideravelmente o ângulo. Isto pode ter sido ocasionado devido à menor resistência do bambu mossô (*Phyllostachys pubescens*) em relação ao bambu gigante

(*Dendrocalamus giganteus*), e a menor quantidade e maior espaçamento de bambu na LTB em comparação com a LBA.

Concluimos que as lajes executadas neste experimento são viáveis e plausíveis de execução.

No entanto para uma utilização prática, necessita-se ainda de mais alguns estudos para que não se altere os resultados de deformações obtidos, sendo eles: a proliferação e ataque de insetos a longo prazo, análise da durabilidade da interface do bambu x concreto, montagem de formas em contra-flecha.

Além dos resultados se apresentarem como favoráveis e possíveis para execução deste tipo de lajes, utilizando bambu como armadura, lembramos ainda que o mesmo é um material renovável, não poluente e sustentável, sendo que sua utilização não acarretaria problemas de ordem ecológica.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Marcos A. S. dos; GHAVAMI, Khosrow; BARBOSA, Normando P. **Compósitos à base de cimento reforçado com polpa celulósica de bambu.**

Bambu-mossô - *Phyllostachys pubescens*. Disponível em: <www.jardineiro.net>. Acesso em 15/06/2009.

CARDOSO, Rubens. **Arquitetura com Bambu.** Dissertação. UNIDERP – UFRGS/PROPAR. Rio Grande do Sul, 2000.

Disponível em: <www.bambujungle.com.br>. Acesso em 12/03/2008.

ESPELHO, Jean Claudio Chiozzini. **Tratamento químico de colmos de bambu pelo método de boucherie modificado.** Dissertação. UNICAMP, Campinas, SP, 2007.

GHAVAMI, Khosrow. **Concreto Reforçado com Bambu.** Tecnologias e Materiais Alternativas de Construção. Campinas: UNICAMP, 2003, v. 1, p. 301-330.

GHAVAMI, Khosrow; BARBOSA, Normando Perazzo. Bambu. In: ISAIA, Geraldo Pechella (organizador/editor). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais:** S. Paulo, 2007 Ibracon.

LOPES, Wilza G. R.; FREIRE, Wesley J.; FERREIRA, Gisleiva C. dos S. **Ensaio de arrancamento e de empuxamento aplicados a taliscas de bambu encravadas em corpos-de-prova de solo-cimento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.504-510, 2002. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

Parte II: Uso de resíduos cerâmicos na matriz. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.346-349, 2003. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

SINDUSCON. **Déficit habitacional cresceu 16,5% em dez anos, diz Siduscon-SP.** Disponível em: <www.folha.com.br>. Acesso em: 12/03/2008.

VELÉZ, Simon. **Recursos Renováveis e Desenvolvimento Sustentável.**