



VIABILIDADE TÉCNICA DE LAJES MISTAS DE BAMBU-CONCRETO SEM A PRESENÇA DE AÇO

DOI: 10.19177/rgsa.v9e0l202077-93

Lucas Augusto Milani Lopes¹
 Gilberto Carbonari²
 Felipe Augusto Favaretto Corbacho³
 Benedito Teodoro Neto⁴



RESUMO

O bambu é um material que possui diversas vantagens, tais como leveza, versatilidade, resistência, crescimento rápido e excelentes propriedades mecânicas. Este trabalho tem como objetivo verificar os parâmetros carga e deslocamento teórico para uma laje pré-moldada de concreto, com vigotas de bambu em substituição ao aço, e enchimento com placas de EPS. Desta forma, foram executadas seis lajes mistas de concreto-bambu sem a presença de aço, com conectores com espaçamento variado, malha para distribuição de esforços também feita de bambu e EPS para fechamento dos espaços entre bambus. Essas lajes foram ensaiadas até a ruptura, de modo que fosse possível a obtenção de resultados a fim de compará-los com normas já existentes e então pudesse ser verificada a viabilidade desse tipo de estrutura. Os bons resultados obtidos demonstraram a viabilidade desse tipo de estrutura tanto para ELU quanto para ELS, possuindo assim grande potencial de utilização na construção civil.

Palavras-chave: Bambu-concreto. Viabilidade técnica. Laje mista. Sem aço.

¹ Mestre, Universidade Estadual de Londrina – UEL. E-mail: lucasmilanilopes@gmail.com

² Doutor, Universidade Estadual de Londrina – UEL. E-mail: carbonar@uel.br

³ Universidade Estadual de Londrina – UEL. E-mail: felipe.corbacho@hotmail.com

⁴ Universidade Estadual de Londrina – UEL. E-mail: benedito.btn@gmail.com

TECHNICAL VIABILITY OF BAMBOO-CONCRETE MIXED SLABS WITHOUT PRESENCE OF STEEL

ABSTRACT

Bamboo is a material that has several advantages, such as lightness, versatility, resistance, rapid growth and excellent mechanical properties. This work aims to verify the load and theoretical displacement parameters for a precast concrete slab, with bamboo joists instead of steel, and filling with EPS plates. Thus, six mixed concrete-bamboo slabs were made without the presence of steel, with connectors with varying spacing, effort distribution mesh also made of bamboo and EPS to close the spaces between bamboo. These slabs were tested until failure, so that results could be obtained to compare them with existing standards and then the viability of this type of structure could be verified. The good results obtained demonstrated the viability of this type of structure both for ULS and SLS, thus having great potential for use in construction.

Keywords: Bamboo-concrete. Technical viability. Mixed slab. No steel.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente vem sendo um assunto amplamente abordado em diversas áreas na sociedade, sendo necessário também encontrar soluções dentro da engenharia civil que visam diminuir o impacto causado à natureza.

Dentre todos os setores da indústria, o setor de construções é o que mais consome recursos naturais, apresentando um valor estimado entre 40% e 75% do que é extraído de todo meio ambiente. Atualmente soluções são pensadas para diminuir esse consumo, visto que a quantidade de recursos disponíveis vem diminuindo. Sendo assim, o bambu se apresenta como uma boa alternativa para substituição de materiais dentro das construções.

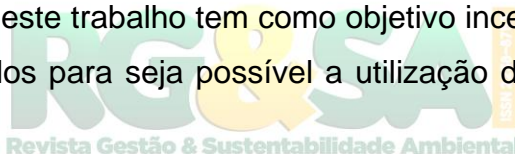
Segundo Beraldo e Pereira (2008), o bambu se adapta facilmente a climas tropicais além de ser uma fonte renovável de recursos, de rápido crescimento e com uma variedade muito grande de espécies distribuídas pelo mundo. Outro ponto positivo para o bambu é que a planta é considerada um rápido absorvedor de carbono da atmosfera.

Alguns países do mundo já utilizam o bambu com bastante frequência na construção civil, é o caso da China e alguns países da América Latina, como Peru, Equador e Costa Rica.

No Brasil estão em consulta pública duas propostas de normas técnicas no material bambu, a NBR 16828-1: Estruturas de bambu - Parte 1: Projeto, e a NBR 16828-2: Estruturas de bambu – Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Uma norma que está vigente e, dependendo da necessidade, pode-se recorrer à NBR 7190 que trata de madeiras.

Dados de 2015 da FJP, Fundação João Pinheiro, mostram que o Brasil apresenta um déficit de 6,3 milhões de domicílios, além disso, a Organização das Nações Unidas (ONU), apresentou um estudo no ano de 2005 no qual afirmava que cerca de 33,9 milhões de brasileiros não possuem habitação adequada ou não tem onde morar.

Devido a esses dados e características do bambu, aliado com o baixo custo dessa matéria-prima, este trabalho tem como objetivo incentivar um maior número de pesquisas e estudos para seja possível a utilização do bambu na construção civil.



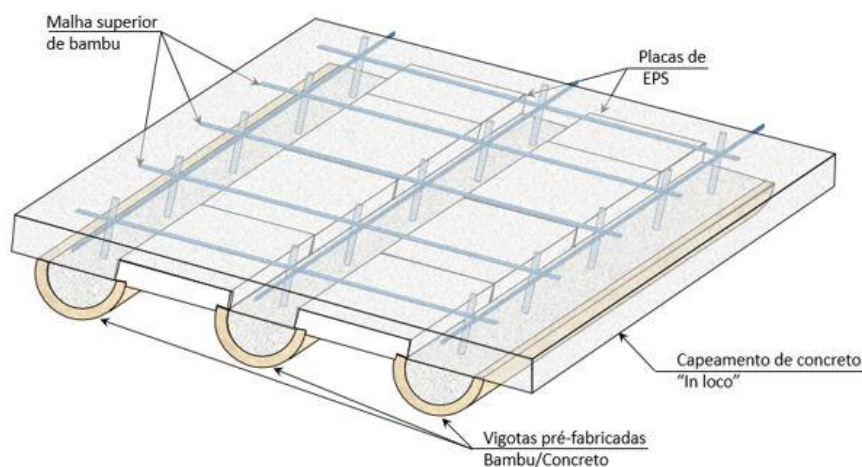
A estrutura apresentada neste trabalho encontra-se em processo de patenteamento no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), com processo número BR 10 2018 015711 6.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fabricação das lajes

Para este trabalho foram produzidas seis lajes mistas de bambu-concreto com conectores também de bambu. Elas possuem comprimento de 310 cm, largura de 75 cm, e altura de 20 cm. O modelo da laje mista bambu-concreto é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo da laje mista bambu-concreto ensaiada.

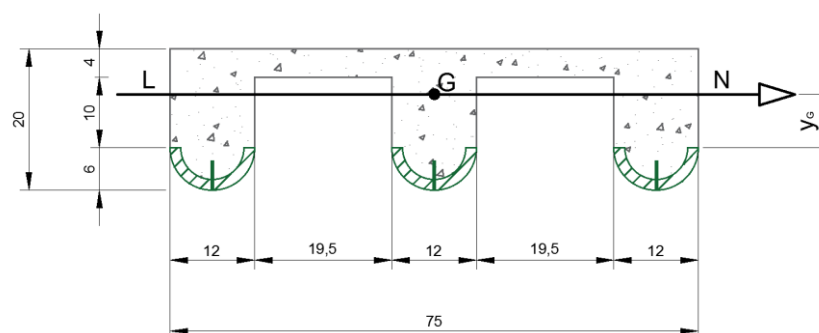


Fonte: Rossi (2019)

A aderência entre a meia cana de bambu e o concreto se apresenta bastante deficiente. De forma a maximizar o comportamento conjunto bambu-concreto, caracterizando uma estrutura mista, foi necessário o uso de conectores de cisalhamento. Estes conectores possuem 4 cm de comprimento e diâmetro de 1 cm. As lajes 1, 2 e 3 possuem espaçamento entre conectores de 10 cm enquanto as lajes 4, 5 e 6 de 5 cm.

Cada laje possui três meias-canas de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* que foram coletados no bambuzal da Universidade Estadual de Londrina. Cada vara largura de projeto de 12 cm, espessura média de 1,5 cm espaçadas uma da outra em 19,5 cm. Na Figura 2 é apresentado a seção transversal típica das lajes ensaiadas.

Figura 2 - Seção transversal das lajes.



Fonte: autores

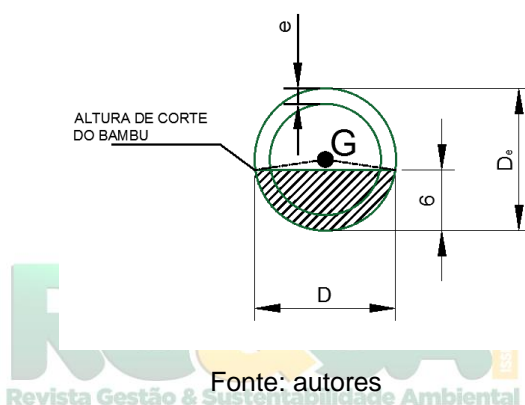
Vale ressaltar que, a geometria referida acima dificilmente é conseguida na prática, visto que o bambu possui razoável variação diametral por ser um material

obtido de um ser vivo. A absorção de tal variação foi contornada no posicionamento das placas de EPS.

Para padronização, foi escolhido fixar a altura de todas as meias-canas em 6 cm, deixando o raio como uma variável, formando assim um setor circular vazado e não um semicírculo perfeito conforme demonstrado na Figura 3.

Foram coletadas um total de 16 varas totalizando 32 meias-canas. No entanto, para a fabricação das seis lajes foram necessárias apenas 18 delas. O número coletado foi maior visando uma maior homogeneidade de escolha.

Figura 3 - Modelo de corte da meia-cana de bambu.



Para separação e preenchimento do espaço entre as vigotas foi utilizado placas de EPS de altura igual a 10 cm e largura de 19,5 cm. Para melhor distribuição de cargas, foram confeccionadas malhas também feitas de bambu e conectadas com barbante de sisal. Na etapa da concretagem, optou-se por concreto usinado tanto para vigotas quanto para a capa.

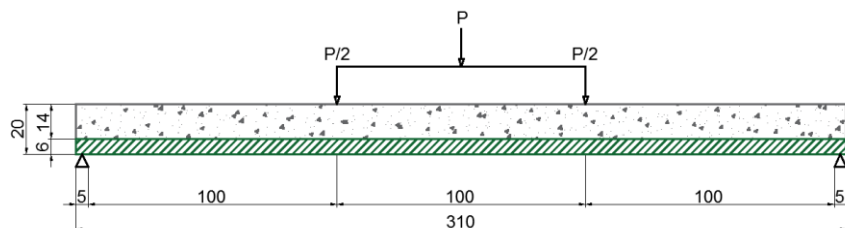
Essa estrutura está em processo de patenteamento no INPI, sob número do processo BR 10 2018 015711 6.

2.2 Ensaio à flexão das lajes

O ensaio de flexão é realizado com a aplicação de cargas concentradas em pontos previamente determinados na estrutura. Esta carga varia de zero até o rompimento da estrutura. O ensaio de flexão em quatro pontos, utilizado neste trabalho, consiste na aplicação de duas cargas concentradas equidistantes, conforme demonstrado na Figura 4.

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Estruturas da Universidade Estadual de Londrina, juntamente com funcionários da UEL capacitados para realização do mesmo.

Figura 4 - Ensaio de flexão em quatro pontos.



Fonte: autores

A célula de carga utilizada nos ensaios foi da marca “MTech” de 10 tf com sensibilidade de 3mV/V. Já os pórticos de reação são da marca “Lenpco” para até 40 tf.

Para a medição dos deslocamentos durante a aplicação da carga foram utilizados três transformadores diferenciais de variável linear (LVDT) da marca “KYOWA”, modelos “DT-50A” e “DT-100A”. Foram posicionados dois LVDTs com amplitude de medição de 5 cm na capa da laje, cada um próximo a um apoio e o terceiro LVDT, com amplitude de medição de 10 cm foi posicionado no centro da laje garantindo assim a medição caso o deslocamento central ultrapassasse 5 cm.

Através do ensaio pode-se obter as curvas carga x deslocamento para cada umas das lajes.

O módulo de elasticidade da espécie de bambu *Dendrocalamus Giganteus* foi determinado experimentalmente por Carbonari et. al (2017), cujo valor médio foi de 20 GPa.

Já o módulo de elasticidade do concreto aos 28 dias foi calculado de acordo com a equação 2 deste trabalho. Portanto, foi necessário obter o valor da resistência à compressão do concreto (f_c) e o parâmetro em função da natureza do agregado (α).

Nos ensaios em corpos de prova do concreto utilizado nas lajes, realizados no Laboratório de Materiais de Construção da UEL foi verificado que o valor de f_c é de 27 MPa. Já o valor de α referente a granito e gnaisse é igual a 1.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Para o cálculo das propriedades geométricas da seção transversal da laje mista bambu-concreto foi admitido que os materiais apresentam inicialmente um comportamento mecânico linear entre tensão e deformação dos materiais. Além disso, foi desconsiderada a resistência a tração do concreto.

Considerando que a espessura média das meias-canas apresenta um valor médio de 1,5 cm, e homogeneizando a seção como se fosse só de concreto, foram obtidos os seguintes valores médios das propriedades geométricas para a seção transversal das lajes (ver Tabela 1).

Tabela 1 - Propriedades geométricas da seção transversal da laje de bambu-concreto.

Resultados obtidos através de conceitos da resistência dos materiais	
Área da seção (A)	806,43 cm ²
Posição da linha neutral (y_g)	6,2573 cm
Momento de inércia homogeneizada (I_{zg})	23954,6278 cm ⁴
Módulo de elasticidade do concreto (E_{ci})	29,10 GPa
Módulo de elasticidade do bambu (E_{bi})	20 GPa

Fonte: autores

Com os valores da Tabela 1 pode-se comparar os resultados teóricos da rigidez inicial das lajes com os resultados experimentais obtidos nos ensaios.

Após a realização do ensaio de flexão foi possível obter os valores da carga e o deslocamento correspondente, nos três LVDTs de cada uma das lajes. Estes dados necessitaram ser tratados para manter um mesmo padrão para todas as análises.

Em todos os ensaios, os dados começaram a ser coletados antes do ensaio efetivamente começar e também continuaram a ser coletados após o seu término. Isso fez com que os primeiros e os últimos valores de carga e de deslocamento permanecessem constantes. Como só interessa o período de tempo em que a estrutura começa a ser carregada até seu rompimento, os valores antes e depois podem ser retirados da análise.

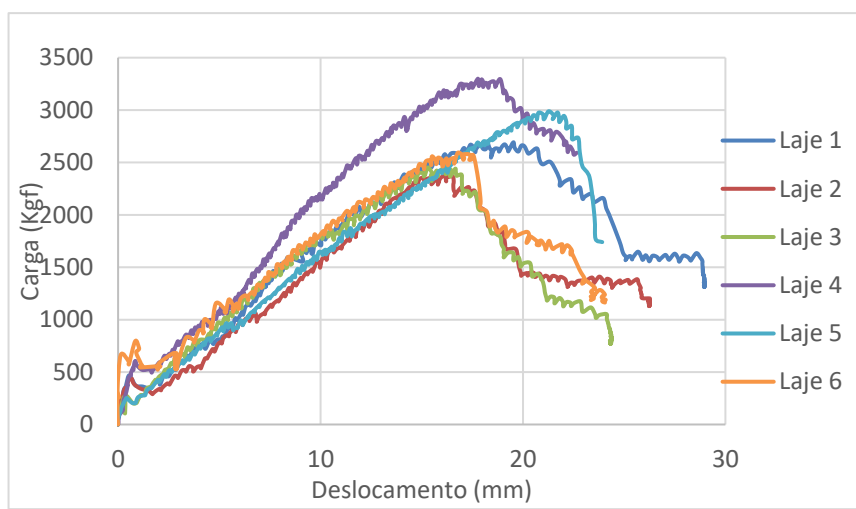
Após o ajuste inicial é necessário que o primeiro valor de carga e de cada um dos deslocamentos seja igual a zero. Essa correção é necessária pois não é possível iniciar o ensaio já com estes valores zerados, o que causaria uma distorção no resultado. Para que se tenha um resultado correto é ainda necessário que o

valor que foi retirado do primeiro ponto seja também diminuído de todos os outros pontos referentes ao mesmo elemento de medição.

3.1 Resultados experimentais das lajes ensaiadas

Após tratamento dos dados, pode-se traçar as curvas carga x deslocamento para cada uma das lajes. Na Figura 5 estão apresentadas as curvas carga x deslocamento de todas as lajes ensaiadas.

Figura 5 - Curva carga x deslocamento das lajes ensaiadas.



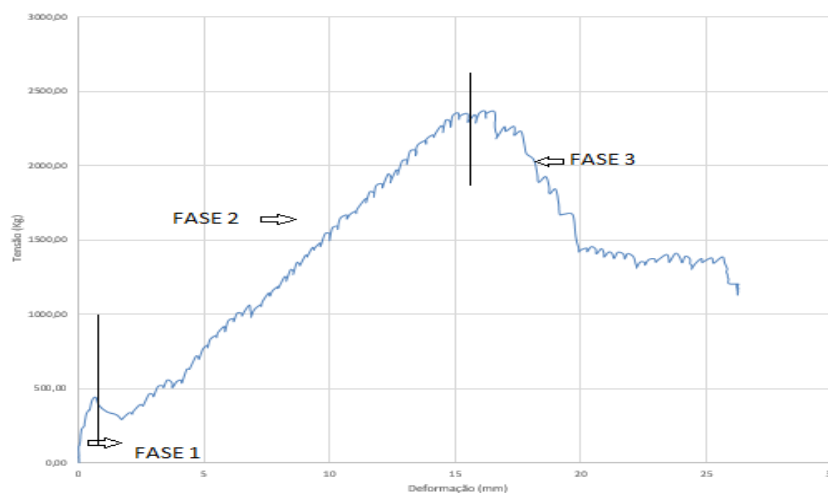
Fonte: autores

Observando as curvas carga-deslocamento das lajes ensaiadas, mostradas na Figura 5, pode-se identificar que cada uma delas apresenta 3 fases distintas, que a seguir serão explicadas segundo uma interpretação inicial dos autores, e que podem no futuro, após mais ensaios serem melhoradas.

3.2 Análise das curvas carga x deslocamentos experimentais

A curva carga x deslocamento, apresentada na Figura 6 refere-se aos resultados obtidos na laje 1. Ao avaliar o comportamento das lajes, notou-se que, em todas foi possível observar três comportamentos diferente, denominados de Fases. Na primeira parte da curva têm-se a Fase 1, ao qual apresenta certa proporcionalidade de carga x deslocamento. Na segunda parte, chamada de Fase 2, é observado comportamento bastante semelhante à Fase 1. Já a terceira parte, chamada de Fase 3, ocorre após o rompimento da estrutura.

Figura 6 - Fases da curva carga x deslocamento da laje 1.

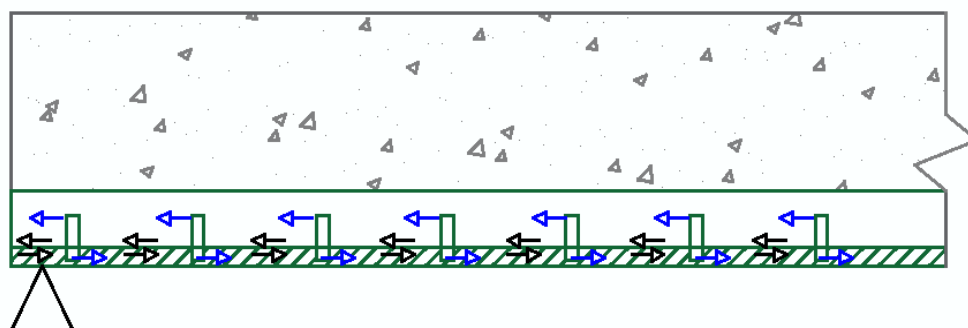


Fonte: autores

Pode-se observar que mesmo após atingir a carga última, a estrutura consegue resistir parcialmente às cargas aplicadas, descaracterizando um rompimento frágil.

O comportamento apresentado nos ensaios segure que, na Fase 1 os conectores não sofrem deformação e estão posicionados conforme Figura 7.

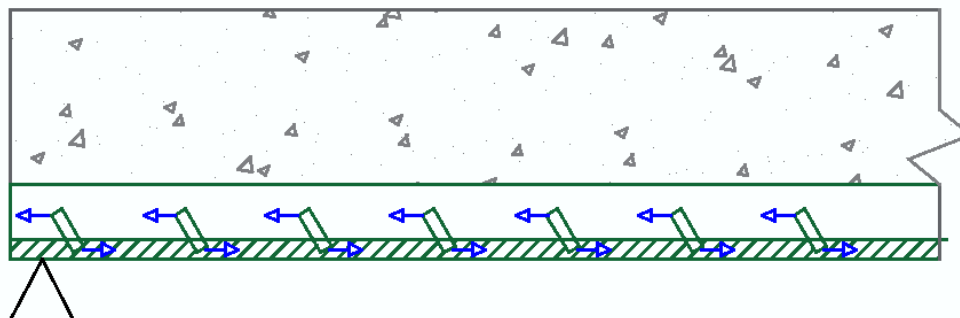
Figura 7 - Conectores na Fase 1.



Fonte: autores

A descontinuidade observada entre a Fase 1 e 2 ocorre devido à perda de aderência do concreto com a face do bambu. Como há três varas de bambu em cada uma das lajes, a superfície de contato possui um valor alto. Essa perda de aderência em uma área relativamente grande gera consequentemente uma energia elevada provocando a inclinação dos conectores conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 - Conectores na Fase 2.



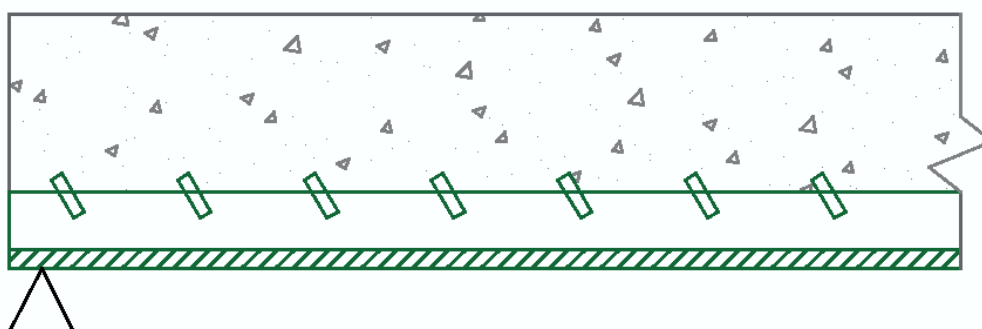
Fonte: autores

Após a inclinação dos conectores inicia-se a Fase 2, e que suporta muito mais carga e alcança maiores deslocamentos do que a Fase 1.

As lajes com conectores espaçados a cada 10 cm possuem aproximadamente 90 conectores se somadas as três meias-canas. No entanto apenas 2/3 dos conectores sofrem deformação uma vez que no trecho entre as duas cargas concentradas o valor da força cortante atuante é igual a zero. Assim, a força resistente de tração de cada conector é de aproximadamente 0,4 tf e somando todos os conectores de 24 tf.

Com a inclinação dos conectores uma componente da força de cisalhamento passa a atuar a favor do arrancamento dos mesmos da meia-cana. Quando os conectores perdem o contato com o bambu ocorre o rompimento da laje conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Conectores na Fase 3.

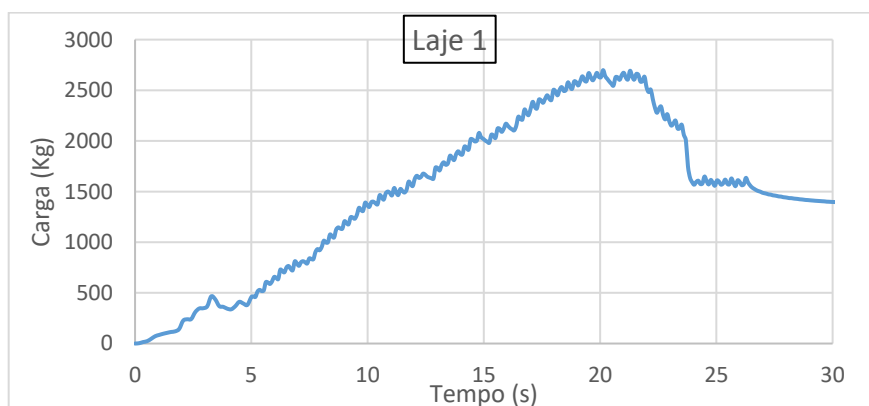


Fonte: autores

Deve-se ressaltar que os conectores sempre estarão inclinados para o sentido da borda mais próxima da laje, com exceção dos conectores localizados entre as duas cargas concentradas que não sofrem deformações.

Na Figura 10 é apresentado a curva de carga x tempo da laje 1.

Figura 10 - Curva carga x tempo da laje 1.



Fonte: autores

Observa-se na Figura 10, que o rompimento da laje ocorreu entre os segundos 22 e 23 do ensaio, que é o mesmo instante em que ocorre uma perda abrupta de resistência. Isso comprova que o rompimento da estrutura é causado pelo arrancamento dos conectores da vara de bambu.

Os gráficos e filmagens de todas as outras lajes também foram analisados e apresentaram o mesmo comportamento que o demonstrado para a laje 1. Com os valores dos coeficientes das curvas teóricas e experimentais da Fase 1 é possível encontrar um fator de correção, definido como sendo a razão entre coeficiente teórico e o experimental da Fase 1. Os fatores de correção das lajes encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Fatores de correção de comportamento da Fase 1.

Lajes	Fator de correção
1	1,433
2	1,766
3	1,739
Média (10,0 cm)	1,646
1	1,916
2	1,990
Média (5,0 cm)	1,953
Média total	1,769

Fonte: autores

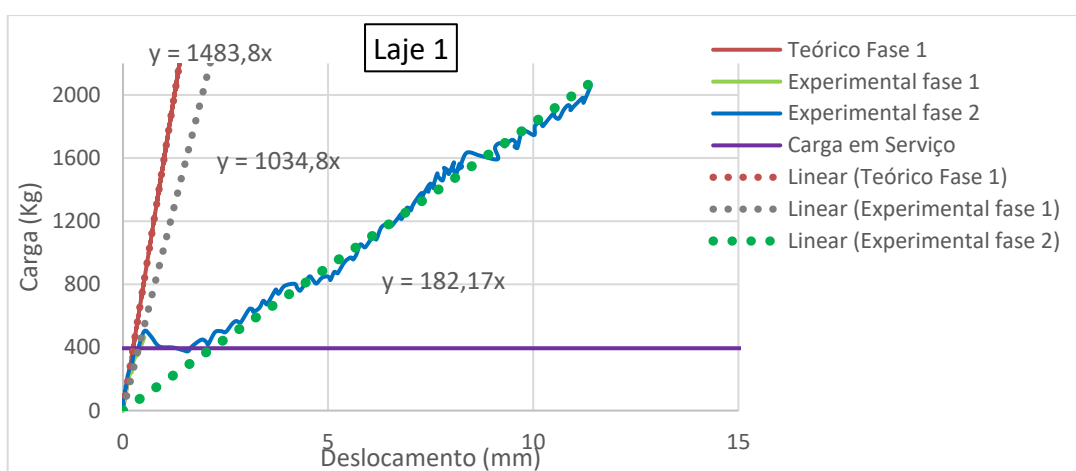
Para cada uma das lajes foram ajustadas curvas de tendência á experimental, buscando a maior correlação possível, conforme se pode observar para a curva carga x deslocamento da laje 1 na Figura 6. Desta maneira, foi possível obter os coeficientes de ajuste.

A linha em vermelho refere-se ao valor teórico médio, a cinza refere-se à linha de tendência da Fase 1 do ensaio partindo da origem, e a verde refere-se à linha de tendência da Fase 2, também partindo da origem.

Este procedimento foi realizado para todas as lajes ensaiadas, onde na Tabela 3 são apresentados os resultados.

Na Tabela 3 pode-se observar que a laje 6 apresentou valores discrepantes comparados aos das outras lajes. Essa diferença pode ter sido causada por diferenças na geométrica dos bambus utilizados ou erro no processo executivo.

Figura 11 - Curva carga x deslocamento da laje 1.



Fonte: autores

Tabela 3: Coeficientes das linhas de tendência das curvas.

	$\frac{p}{y}$ teórico Fase 1	$\frac{p}{y}$ experim. Fase 1	$\frac{p}{y}$ experim. Fase 2	Rigidez (EI) Fase 1 ($Kgf \cdot m^2$)	Redução de $\frac{p}{y}$	Carga de ruptura
laje 1	1483,4	1034,8	182,17	495841,67		2700
laje 2	1483,4	840,16	153,28	402576,67		2400
laje 3	1483,3	852,83	180,98	408647,71		2500
Média	1483,4	909,26	172,14	435688,68	81,07%	2533
laje 4	1483,5	774,27	217,13	371004,36		3300
laje 5	1483,5	745,28	162,13	357113,33		3000
laje 6	1483,1	3781,2	189,52	1811825,00		2660
Média 1	1483,5	1766,9	189,59	846647,57	89,27%	2987
Média 2	1483,5	759,76	189,63	364058,85	75,04%	3150

Fonte: autores

As lajes 4 e 5, que são as com conectores espaçados a cada 5 cm apresentaram carga de ruptura média maior de aproximadamente 500 kg comparado ao grupo das lajes 1,2 e 3 que são as com conectores espaçados a cada 10 cm.

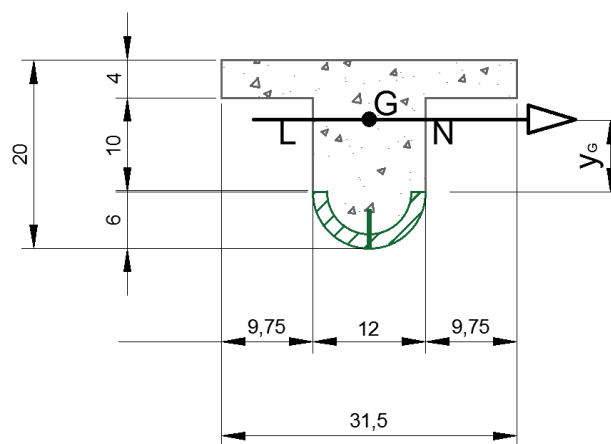
3.3 Análise da seção de projeto no ELS

Os coeficientes de correção da Tabela 3 foram obtidos através dos ensaios experimentais das lajes, no entanto, para comparar os resultados obtidos nos experimentos com a norma é necessário utilizar uma seção de projeto que corresponde a área de influência da vigota central da laje que está apresentada na Figura 12.

Como não houve ensaios para esse tipo de estrutura, o coeficiente médio encontrado é utilizado para transformar a seção experimental na seção de projeto multiplicando a rigidez da primeira por este coeficiente.

Para tornar os próximos estudos mais práticos encontrou-se a relação entre o momento de inércia da seção experimental e teórica da laje, com valor de aproximadamente 2,8. Deve-se ressaltar que para se confirmar essa relação é necessário a realização de outros ensaios.

Figura 12 - Seção transversal da seção de projeto.



Fonte: autores

Supondo uma laje utilizada para fins residenciais a carga acidental segundo a NBR 6120/2019 para a pior situação que é em despensas, áreas de serviço e lavanderias equivale a 200 kg/m^2 . Esse valor deverá ser somado com o peso próprio da estrutura e transformado em uma carga concentrada na seção de projeto. Dessa forma, a carga concentrada equivalente em serviço é de $394,96 \text{ kg}$ já apresentado no Figura 10 desse artigo.

Pode-se observar que o valor da carga em serviço encontra-se na Fase 1 das curvas de carga x deslocamento. No entanto, foi utilizado os valores da Fase 2 para o cálculo das flechas, obtendo um valor maior do que o real, ou seja, a favor da

segurança. Ao longo do texto será adotando o termo “flecha” como sendo sinônimo de “deslocamento vertical”.

Para que a estrutura atenda a norma para o ELS é necessário que a flecha da estrutura em análise não seja maior que a flecha permitida pela NBR 6118/2014 que é de 1,2 cm para a estrutura analisa neste trabalho.

A flecha instantânea calculada foi de 0,31 cm, no entanto deve-se considerar o coeficiente de fluência do concreto para obter a flecha total.

A flecha total possui valor de 1,08 cm e, também, teve seu valor majorado neste estudo uma vez que toda a carga concentrada foi multiplicada pelo coeficiente de fluência o que não ocorre na prática.

Como o valor da flecha total foi menor que o valor da flecha limite é possível calcular qual o vão livre máximo da estrutura para que ela atenda a norma quanto esse quesito. Assim essa estrutura poderia ser construída com um vão livre de até 3,08 m.

A NBR 6118/2014 também estipula valores máximos para as tensões normais na estrutura. Assim, as tensões resistentes devem ser maiores que as tensões solicitantes.

A tensão solicitante de compressão no concreto para essa estrutura foi de 1,01 MPa enquanto que a tensão resistente de compressão no concreto é de 19,29 MPa.

Já para o bambu, a tensão solicitante de tração é de 1,22 MPa enquanto que a tensão resistente de tração é de 104,35 MPa.

Como observado nos resultados apresentados anteriormente, as tensões solicitantes de bambu e concreto são bem menores que as tensões resistentes para os mesmos materiais estando de acordo com a norma nesse quesito.

Assim pode-se confirmar que a ruptura da laje não se deu por falhas no bambu ou no concreto e sim por falha nos conectores conforme já citado anteriormente.

Como os valores de flecha total e tensão solicitante estão abaixo do máximo permitido é possível aumentar o espaçamento entre as vigotas

A Tabela 4 apresenta o valor da flecha total e da tensão para diferentes espaçamentos entre as vigotas.

Tabela 4: Flecha total e tensões para diferentes dimensões de lajes.

Entre vigotas (cm)	Flecha total (cm)	Vão livre (m)	$\sigma_{c,c}$ (MPa)	$\sigma_{t,b}$ (MPa)
15	1,02	3,13	1,00	1,13
20	1,09	3,07	1,01	1,23
25	1,17	3,02	1,02	1,34
30	1,24	2,97	1,03	1,44
35	1,32	2,93	1,04	1,55

Fonte: autores

De acordo com a Tabela 4 é possível que se construam lajes com espaçamento entre vigotas de 25 cm e vão livre de 3 m.

No entanto, como já citado anteriormente, os valores para as flechas foram majorados, assim, por meio de cálculos mais exatos, é possível que se utilize espaçamento entre vigotas de 30 cm e mesmo assim a estrutura atenda a norma. Tal alternativa deverá ser comprovada com a realização de ensaios futuros.

4 CONCLUSÕES

Mesmo as propriedades geométricas do bambu não sendo constantes, o que impede uma padronização de medidas, estas diferenças não afetam a resistência e a eficiência da estrutura. Como tentativa de padronização pode ser utilizado um valor médio das amostras ensaiadas.

Como foi necessário utilizar apenas a seção de projeto, que corresponde a vigota central da laje, calculou-se um coeficiente de redução do momento de inércia da seção experimental para a seção de projeto cujo valor é de 2,8. No entanto tal valor deve ser confirmado por outros ensaios.

Também por consequência de não ter sido ensaiada uma estrutura somente com seção de projeto, é possível de posse da rigidez teórica da estrutura, encontrar um fator de correção para o comportamento elástico não-linear da Fase 1, obtendo assim uma simulação do resultado do ensaio caso esta seção de projeto fosse ensaiada. O fator de correção possui um valor médio de 1,77 que varia de acordo com as propriedades geométricas da estrutura, portanto para se confirmar esse valor também se recomenda a realização de outros ensaios.

As lajes com conectores espaçados a cada 5 cm romperam com carga de aproximadamente 500 kg a mais que as lajes com conectores espaçados a cada 10 cm.

Todas as lajes mistas de concreto e bambu sem a presença de aço atenderam às condições de ELU e ELS previstas na NBR 6118/2014 para tensões e flechas, no entanto ainda são necessários mais ensaios e experimentos para comprovar a sua aplicação estrutural em edificações.

A tensão resistente de compressão no concreto e a tensão resistente de tração no bambu apresentam valores bem superiores do que as respectivas tensões solicitantes, desta forma, a estrutura rompe pela perda de contato dos conectores com meia-cana de bambu e não por falha no concreto ou no bambu.

Mesmo após os conectores terem sido arrancados da vara de bambu a estrutura não caiu, pois a área de bambu utilizada é grande o suficiente a ponto de suportar o peso próprio do concreto além da carga aplicada pela célula de carga.

Como os valores da tensão solicitante de compressão no concreto, da tensão solicitante de tração no bambu e o da flecha total ficaram abaixo dos máximos permitidos por norma, é possível que se aumente o espaçamento entre vigotas e conseqüentemente a largura total da laje com a condição de manter o comprimento em 3 m até que se atinja o máximo permitido por norma.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos dos Laboratórios do CTU pela colaboração na execução da metodologia, e ao Curso de Especialização em Engenharia de Estruturas-CTU-EUL pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, C.; CARBONARI, G. **Laje mista de bambu-concreto leve: Estudo teórico e experimental**. In: V Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2017, Florianópolis. ENSUS 2017. Florianópolis: UFSC, 2017. v. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estrutura de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16828-1: Estruturas de bambu - Parte 1: Projeto. Em consulta pública. Rio de Janeiro, 2020. 31p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16828-2: Estruturas de bambu – Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Em consulta pública. Rio de Janeiro, 2019. 17p.

BERALDO, A. L.; CARBONARI, G.. **Capítulo 3-Propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas do bambu e ensaios para sua determinação.** In: Fabiano Ostapiv ; Lisiane Ilha Librelotto.. (Org.). Bambu: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 1ed.Florianópolis: UFSC, 2019, v. 1, p. 1-204.

CARBONARI, G.; LIBRELOTTO, L. I.. **Capítulo 6-Tratamento e preservação dos colmos.** In: Fabiano Ostapiv; Lisiane Ilha Librelotto. (Org.). Bambu: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 1ed.Florianópolis: UFSC, 2019, v. 1, p. 1-204.

CARBONARI, G.; LOPES, L.A. M.; ROSSI, G.B.; PIEDADE, G.H.; LEITE, F.C.M.; ACOSTA, C.. **Lajes mistas de bambu-concreto pré-fabricadas com zero aço: são viáveis tecnicamente?** In: VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto, ENSUS 2019. Florianópolis: UFSC.

CARBONARI, G., et al. **Bambu: O aço vegetal.** Mix Sustentável, Londrina, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2005). Centro de Estatística e Informações. **Déficit habitacional no Brasil 2005.** Convênio PNUD/Ministério das Cidades, Belo Horizonte.


Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

BERALDO, A. L; PEREIRA, M. A. R. **Bambu de corpo e alma.** Bauru: Canal6, 2008. 240p.

ROSSI, GABRIEL DE BARROS. **Procedimento de ensaio de lajes pré-moldadas mistas de bambu-concreto, com conectores e placas de EPS.** 2019. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Estruturas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.