



Gestão de Projetos Sustentáveis

Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2018

Franciele Braga Machado Tullio

Leonardo Tullio

(Organizadores)

Gestão de Projetos Sustentáveis

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de projetos sustentáveis [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Gestão de Projetos Sustentáveis; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-71-0

DOI 10.22533/at.ed.710183110

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Gestão ambiental. 3. Meio ambiente. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo. III. Série.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “ Gestão de Projetos Sustentáveis” aborda em seu primeiro volume 22 capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas voltadas a sustentabilidade com ênfase no desenvolvimento de tecnologias aplicadas nos mais diversos tipos de projetos voltados às áreas de arquitetura, urbanismo e construção civil.

Sustentabilidade é um tema muito abordado atualmente, pois recursos naturais estão sendo utilizados em grandes proporções, o que pode fazer com que haja o seu esgotamento causando grandes consequências a sociedade.

Recursos naturais renováveis e não-renováveis são utilizados em grande quantidade na construção civil e na arquitetura tais como água, madeira, pedras, areia, argila, o que acarreta vários impactos ambientais, podendo trazer até a escassez dos mesmos. Para tanto, se faz necessário o desenvolvimento pesquisas que visem a redução da utilização desses recursos.

Mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades; a busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis; uma boa gestão dos recursos; redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais; são ações que podem auxiliar na execução de projetos visando a preservação do meio ambiente e promover a sustentabilidade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra contribua com conhecimento técnico de qualidade para que o leitor possa utilizar como subsídio na execução dos mais diversos projetos sustentáveis..

Franciele Braga Machado Tullio

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 8 |
| A MARCHETARIA COMO ALTERNATIVA DE REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA | |
| <i>Ardalla Ziembowicz Vieira</i> <i>Danieli Maehler Nejeliski</i> | |
| CAPÍTULO 2 | 19 |
| ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM MISTURA SOLO, PARA REFORÇO DE BASE, SUB-BASE E SUBLEITO EM RODOVIA VICINAL | |
| <i>Thiago Taborda da Chaga</i> <i>Douglas Alan da Rocha Barbosa</i> <i>Fábio Augusto Henkes Huppes</i> <i>Ederson Rafael Rogoski</i> <i>Leonardo Giardel Pазze</i> <i>André Luiz Bock</i> | |
| CAPÍTULO 3 | 30 |
| APLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS DO LEAN CONSTRUCTION A CANTEIROS | |
| <i>Brendow Pena de Mattos Souto</i> <i>Paula Fernanda Scovino de Castro Ramos Gitahy</i> <i>Gabriel Bravo do Carmo Haag</i> <i>Isadora Marins Ribeiro</i> | |
| CAPÍTULO 4 | 42 |
| AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE SÃO LUÍS – MA | |
| <i>Márcio José Melo Santos</i> <i>Fernando Célio Monte Freire Filho</i> <i>Aruani Leticia da Silva Tomoto</i> | |
| CAPÍTULO 5 | 49 |
| CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE COLETOR SOLAR PARABÓLICO DE BAIXO CUSTO | |
| <i>Mauro Alves das Neves Filho</i> | |
| CAPÍTULO 6 | 62 |
| CONSUMO FAST-FASHION: IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DO ALGODÃO | |
| <i>Bruna Ramos da Silva</i> <i>Patricia Deporte de Andrade</i> | |
| CAPÍTULO 7 | 74 |
| DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: REFAZ – MOBILIÁRIOS SUSTENTÁVEIS | |
| <i>Laura Caroline Machado da Silva</i> <i>Karine de Mello Freire</i> | |
| CAPÍTULO 8 | 88 |
| ENRIQUECIMENTO DO TIJOLO SOLO-CIMENTO COM ÓLEOS MINERAIS E VEGETAIS DESCARTADOS | |
| <i>Francisco Welison de Queiroz</i> <i>Lucas Almeida de Queiroga</i> <i>Gastão Coelho de Aquino Filho</i> | |
| CAPÍTULO 9 | 96 |
| ESTUDO DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA ATENDER A CIDADE DE IJUÍ | |
| <i>Leonardo Brizolla de Mello</i> <i>Lucas Rotili Buske</i> | |

*Rafael Pereira Nadalin
Bibiana dos Santos Amaral
Joice Viviane de Oliveira*

CAPÍTULO 10 **106**

LAJE MISTA DE BAMBU-CONCRETO LEVE: ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL

*Caio Cesar Veloso Acosta
Gilberto Carbonari*

CAPÍTULO 11 **119**

NANOMATERIAIS NA REABILITAÇÃO DE PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

Carlos Manuel Franco

CAPÍTULO 12 **135**

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRIAGEM E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS EM COOPERATIVA NO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)

*Débora Hidalgo Espinetti Rocco
Renan Angrizani de Oliveira
Vanessa Cezar Simonetti
Darllan Collins da Cunha e Silva*

CAPÍTULO 13 **147**

PERSPECTIVA DA MODA E SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASOS

*Régis Puppim
Danielle Paganini Beduschi*

CAPÍTULO 14 **164**

PROJETO RESIDENCIAL SUSTENTÁVEL FEITO COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS DE CASCA DE PINUS CARIBAEA CARIBAEA

*Letícia de Souza Santos
Ariadine Fernandes Collpy Bruno*

CAPÍTULO 15 **175**

RELEITURA DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL: A APLICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NESTE CENÁRIO

*Daniel Henrique da Silva Torres
Eduarda Carolina Viegas Rodríguez
Maria Clara Catão Barbosa
Ronald Eluann Fidelis Araújo
Sammea Ribeiro Granja Damasceno Costa*

CAPÍTULO 16 **186**

RELEVÂNCIA DO TEMA SUSTENTABILIDADE ENTRE OS TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE BACHARELADO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - UFSC

*Gabrielli Ciasca Veloso
Jandir Bassani
Andréa Cristina Trierweiler
Paulo César Leite Esteves
Solange Maria da Silva*

CAPÍTULO 17 **196**

RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Cláudio Cesar Zimmermann
Gabriel Dibe Andrade
Leticia Dalpaz
Leticia Silveira Moy
Lucas Paloschi*

Pietro da Rocha Macalossi
Wellington Longuini Repette

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 18 | 207 |
| REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DE TRABALHOS NAS DISCIPLINAS DE PLÁSTICA | |
| <i>Suemmy Rocha Albuquerque Ramos</i> | |
| CAPÍTULO 19 | 219 |
| SINERGIA ENTRE AS FERRAMENTAS DE CRIATIVIDADE UTILIZADAS NAS ETAPAS INICIAIS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS | |
| <i>Andressa de Paula Suiti</i> | |
| <i>Renato Vizioli</i> | |
| <i>Paulo Carlos Kaminski</i> | |
| CAPÍTULO 20 | 230 |
| SUSTENTABILIDADE APLICADA NA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE AMBIENTES E SEUS MOBILIÁRIOS | |
| <i>Ana Lúcia Keiko Nishida</i> | |
| <i>Dameres Luiza Silveira de Carvalho</i> | |
| CAPÍTULO 21 | 243 |
| DESIGN PARA SUSTENTABILIDADE: REALIDADES E POSSIBILIDADES EM DIREÇÃO À UMA TEORIA TRANSDISCIPLINAR | |
| <i>Lucas Farinelli Pantaleão</i> | |
| <i>Mônica Moura</i> | |
| <i>Olympio José Pinheiro</i> | |
| CAPÍTULO 22 | 255 |
| EDIFÍCIO SEDE DA FUNDAÇÃO RIOZOO: UM OLHAR SOBRE A QUALIDADE DO PROJETO DE REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO | |
| <i>Isabel Cristina Ferreira Ribeiro</i> | |
| <i>Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos</i> | |
| SOBRE OS ORGANIZADORES | 267 |

LAJE MISTA DE BAMBU-CONCRETO LEVE: ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL

Caio Cesar Veloso Acosta

Instituto Federal de Santa Catarina, Campus
Criciúma
Criciúma - SC

Gilberto Carbonari

Universidade Estadual de Londrina, Departamento
de Estruturas
Londrina - PR

RESUMO: A busca de novas alternativas para a sustentabilidade na construção civil vem sendo foco de estudos nos últimos anos, visando amenizar os impactos causados pelas ações antrópicas no meio. O bambu é um material com excelentes propriedades mecânicas, de rápida produção para fins estruturais (a partir de 3 anos), baixo custo de produção, leve, de origem natural e totalmente renovável. Este trabalho tem como objetivo verificar a possibilidade da utilização do bambu em lajes de edificações, na forma mista com concreto leve. Para isto, foram ensaiadas duas lajes, onde a parte inferior é de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, e a parte superior uma capa de concreto leve com argila expandida. Em uma das lajes todas as varas são cortadas no meio da seção, e na outra, foi mantida a seção natural na região dos nós, na tentativa de melhorar a interface de aderência. Apesar de terem sido ensaiadas somente duas lajes, é possível constatar o

ganho significativo de resistência da laje com seção completa na região dos nós.

PALAVRAS-CHAVE: Bambu; Laje Mista; Desenvolvimento Sustentável; Construção em Bambu

ABSTRACT: Searching new alternatives for sustainability in civil construction has been the focus of studies lately, trying to slow down the impacts caused by anthropic actions in the environment. The Bamboo is a material with excellent mechanical characteristics with quickly grown for structural use (tree years), lower production cost, light, natural and totally renewable. This paper aims to evaluate the use of bamboo in buildings floors as flat slab with permanent shutter. For this, two slabs were test, on the bottom was use bamboo shutters of *Dendrocalamus Giganteus* bamboo species and at the top a lightweight concrete cover with expanded clay. One of the flat slabs all bamboo rods has been saw at the middle, and in the other, the section of the nodes was maintained, trying to increase the interface strength. Although only two slabs were evaluated, it is possible to verify the significative strength increase using the flat slab with complete nodes.

KEYWORDS: Bamboo; Concrete slab; Bamboo buildings; Sustainable development.

1 | INTRODUÇÃO

A sustentabilidade vem sendo muito debatida nos últimos tempos. Como a construção civil é uma das maiores geradoras de resíduos, temos que buscar novos materiais e novas técnicas que melhorem a eficiência das construções e diminuição dos impactos ambientais causados. Isso pode ser viabilizado reduzindo o consumo dos materiais tradicionais, substituindo por materiais de fontes renováveis, e com menor consumo energético na sua cadeia produtiva. Neste cenário, o bambu surge com uma alternativa viável, pois se trata de um material renovável que utiliza apenas energia solar para sua produção.

O Brasil tem um grande potencial de cultivo de bambus, pois os mesmos se adaptam com facilidade no clima e o solo. Por ser uma espécie de rápido crescimento e grande abundância, o bambu também se apresenta como um material de baixo custo (Oliveira, 2006).

O objetivo principal deste trabalho é o de verificar a possibilidade da utilização do bambu em lajes mistas com concreto leve nas edificações. As lajes têm como finalidade conduzir as cargas de utilização para as vigas e pilares da edificação, garantindo segurança e conforto ao usuário. De acordo Ghavami (2004), um dos fatores mais importantes para a resistência última deste tipo de laje é o cisalhamento na interface bambu-concreto. Sendo assim, neste estudo foram ensaiadas em laboratório duas lajes: em uma laje todas as varas de bambu foram seccionadas no meio (Figura 1), e na outra laje manteve-se a seção natural das varas nas regiões dos nós (Figura 2), com a finalidade de verificar a sua eficiência ao cisalhamento. No estudo foi utilizado bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*.



Figura 1 - Laje sem nós. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 2 - Laje com nós. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além do estudo experimental, neste trabalho também foram realizadas simulações teóricas do comportamento, com o objetivo de contrastar com os resultados obtidos dos ensaios.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta do bambu

As varas foram coletadas no bambuzal localizado no interior do campus da Universidade Estadual de Londrina (Figura 3), escolhidas de acordo com suas idades e diâmetros, de forma a garantir uma homogeneidade na coleta.



Figura 3 - Bambuzal da UEL. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Execução das lajes mistas

Em função das limitações dos equipamentos do laboratório, definiu-se que as duas lajes teriam 3 m de comprimento, e uma largura próxima de 70 cm. Como o diâmetro externo médio das varas utilizadas para ambas as lajes foi de 13 cm, decidiu-se utilizar 5 varas, resultando em uma largura de 65 cm. A partir da meia cana dos bambus cortados ao meio (6,5 cm de raio externo), foi utilizada uma capa de concreto leve de 6,5 cm, totalizando uma espessura total da laje de 13 cm, coincidindo com diâmetro externo médio dos bambus.

2.2.1 Laje com varas de bambu a meia cana

Para montagem da laje foram escolhidas três varas com diâmetros e espessuras próximas. As varas foram cortadas ao meio na seção transversal com comprimento de três metros, obtendo-se assim seis peças de bambu “meia-cana”.

As seis peças foram dispostas de forma arbitrária, tentando minimizar possíveis folgas entre as varas no sentido longitudinal (Figura 4 e Figura 6). Após a distribuição das varas cortadas na fôrma, foi adicionada uma malha de com taliscas de bambu, com a finalidade de melhorar a distribuição das tensões, e homogeneizar a laje como um todo (Figura 5).



Figura 4 - Laje meia-cana. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 5 - Malha de taliscas. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 6 - Espaçamento entre peças. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como pode ser observado na Figura 6, devido à falta de retineidade natural do bambu, algumas folgas entre as varas longitudinais chegaram a aproximadamente . Para evitar a perda da pasta de concreto durante a concretagem, e a movimentação das peças na forma, os elementos de bambu foram grampeados, com a colocação de uma fita de papel crepado nas junções das peças.

2.2.2 Laje com varas de bambu a meia cana entre nós e seção plena nos nós

Foi mantida a seção transversal natural das varas de bambu da laje numa de extensão de ~ 10 cm na região dos nós (Figura 7). Para isso, após a marcação da posição dos cortes, foi utilizada uma serra circular para efetuar os cortes da seção das varas, de forma a ter as meias canas na região entre nós. Após os cortes com a serra na direção ortogonal às varas, foram utilizados martelo e formão para romper na direção longitudinal à região a ser destacada da peça.

Neste caso, devido à presença da seção completa das varas junto aos nós, não foi possível utilizar a mesma malha da laje anterior, pois as taliscas longitudinais ficariam impedidas de serem colocadas. Assim sendo, foram dispostas taliscas somente na direção da largura da laje ($L=65$ cm), a cada , aproximadamente.

Da mesma maneira que a laje anterior, as varas de bambu foram grampeadas entre si para evitar movimentação das peças na fôrma, e com fita de papel crepado

para evitar a perda de pasta de concreto.



Figura 7 - Bambus com nós inteiros. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 8 - Disposição das taliscas na laje com nós. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Concretagem

Para o concreto foi utilizado agregado leve de argila expandida, seguindo o traço indicado para concreto de de, fornecido pela empresa Cinexpan, que consiste em e relação água-cimento de . O traço escolhido foi ensaiado e verificado.

A concreto foi produzido em betoneira com capacidade de do laboratório de materiais de construção da Universidade Estadual de Londrina.

Durante a produção e colocação do concreto, houve uma dificuldade em se obter uma mistura homogênea, pois a argila expandida ficou suspensa. Por outro lado, também se observou uma separação entre o agregado graúdo e a pasta. Após a concretagem observou-se a suspensão do agregado leve (Figura 9).

Durante a concretagem foi observado que a estanqueidade da laje estava satisfatória, não havendo perda de pasta de cimento entre as varas de bambu.

Após a cura do concreto, foi realizada uma regularização da capa com utilização de argamassa de cimento e areia (Figura 10).



Figura 9 - Laje após concretagem.

Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 10 - Laje após regularização da capa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.4 Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão foi realizado no Laboratório de Estruturas da Universidade Estadual de Londrina. Para o ensaio, utilizou-se um pórtico de reação para de até , acoplado de um macaco hidráulico e uma célula de carga com capacidade de .

O ensaio foi realizado aplicando-se uma carga pontual no centro do vão da laje, distribuída transversalmente por um perfil metálico. Três transdutores de deslocamento (LVDT) foram colocados no centro do vão, sendo um em cada extremidade da laje e um ao centro no macaco hidráulico, como mostrado na Figura 11. O posicionamento dos transdutores pode ser observado na Figura 12.

O ensaio de flexão foi realizado continuamente em velocidade constante até a ruptura da laje, sendo transferidos os dados de carga e deslocamento diretamente para o sistema de aquisição de dados.



Figura 11 – Posições dos LVDT's. Fonte: Elaborado pelos autores.

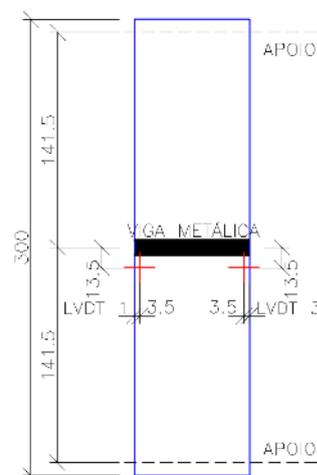


Figura 12 - Posições dos LVDT's 1 e 3. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao fim do ensaio foram retirados testemunhos para verificar a resistência do concreto utilizado na laje, com diâmetro de e altura de aproximadamente .

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Laje com varas de bambu a meia cana

Conforme pode-se observar na Figura 13, a ruptura da laje ocorreu por compressão da capa de concreto, com um descolamento da parede do bambu do concreto entre os nós, em vários pontos (Figura 15 e Figura 16). O bambu não apresentou ruptura à tração, o que permitiu um comportamento dúctil da laje como um todo. Foi observado também escorregamentos do concreto em relação ao bambu na região dos apoios (Figura 14).



Figura 13 - Ruptura da capa de concreto. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 14 - Deslizamento da massa de concreto no apoio. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 15 - Descolamento da aba do bambu externo. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 16 - Descolamento local do bambu no centro da laje. Fonte: Elaborado pelos autores.

No gráfico da Figura 17, com a relação Carga \times Deslocamento (Δ), pode ser observado o comportamento inicial até foi linear, dando início à fase plástica da laje, suportando uma carga máxima de . Ao final do ensaio a laje teve uma deformação superior ao curso do LVDT (Δ), porém até o fim do carregamento o comportamento foi dúctil, não apresentando uma ruptura brusca.

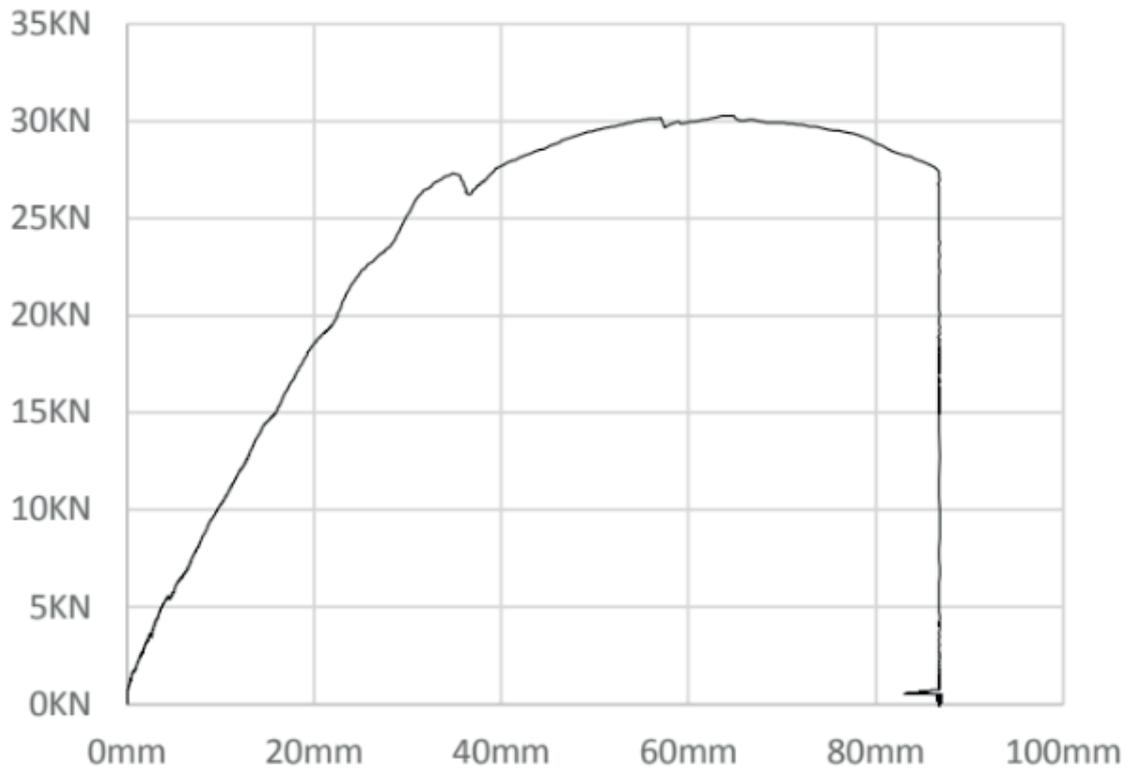


Figura 17 - Diagrama Carga x Deslocamento, laje com varas a meia cana.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Laje com varas de bambu a meia cana entre nós e seção plena nos nós

No ensaio dessa laje foi observado um ganho na rigidez do conjunto em relação a laje cujas varas de bambu são completamente a meia cada.

A ruptura final ocorreu também na capa de concreto, porém por cisalhamento e compressão Figura 18. Da mesma forma que a laje anterior, houve deslizamento da massa de concreto em relação ao bambu na região dos apoios Figura 21, porém com menor intensidade. Foi observado também o cisalhamento dos nós do bambu, indicando que o mesmo estava trabalhando como conector entre o bambu e a capa de concreto (Figura 19 e 20).



Figura 18 - Ruptura da capa de concreto, laje com nós. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 19 - Ruptura do nó de bambu. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 20 - Ruptura do nó de bambu. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 21 - Deslizamento do concreto nos apoios. Fonte: Elaborado pelos autores.

No gráfico da Figura 22 pode-se observar um comportamento mecânico quase linear da laje até a carga de , a partir do qual se inicia a falha dos mecanismos resistentes da laje. A ruptura foi de forma também de forma dúctil, porém um pouco menos que a laje cujas varas de bambu são em sua totalidade em meia cana. Apresentou grandes deslocamentos após que a carga máxima fosse atingida.

Como no caso da outra laje, o limite final do gráfico da Figura 22 foi limitado pelos medidores de deslocamentos no total .

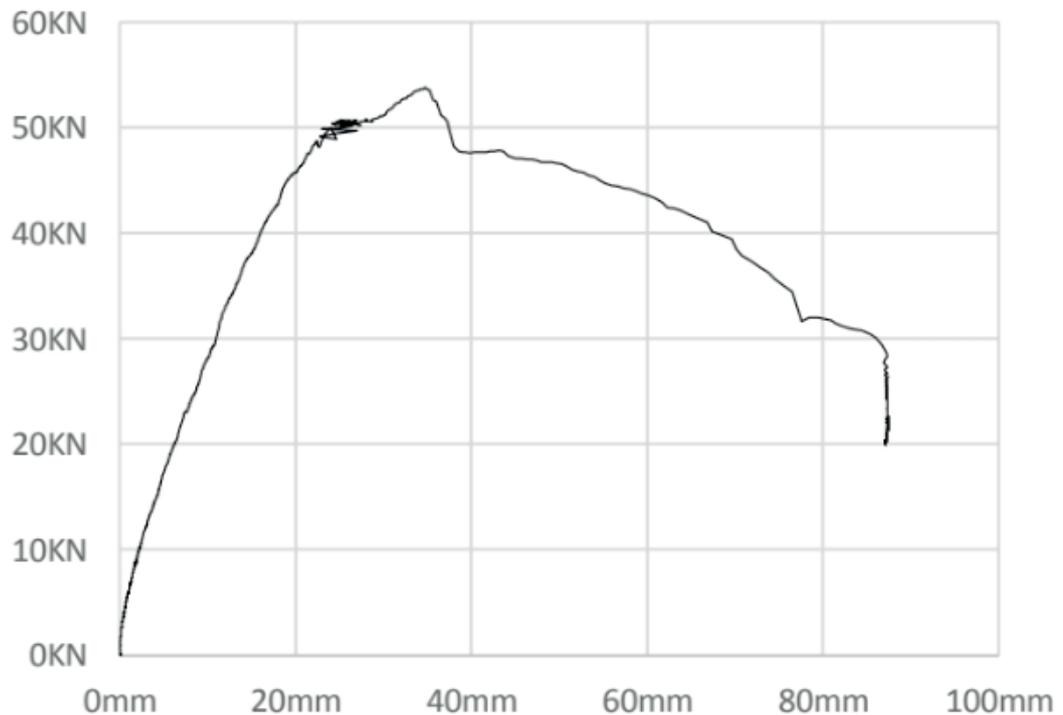


Figura 22 - Diagrama Carga x Deslocamento, laje com varas a meia cana entre nós e seção plena nos nós.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Análise teórica das lajes com relação a interface entre o bambu e o concreto

Com o objetivo de contrastar os resultados experimentais obtidos nos ensaios das lajes com uma análise teórica, foi elaborada uma planilha de cálculo para determinar os deslocamentos teóricos da laje segundo duas hipóteses. Na primeira, considerou-se que os materiais estão perfeitamente conectados, ou seja, com perfeita transferência de esforços na ligação concreto-bambu, e na segunda, desconsiderou-se totalmente a interface de ligação, com os dois materiais resistindo às tensões internas separadamente. Em ambos os casos foi considerado que as varas de bambu são a meia cana.

Foram consideradas as dimensões medidas nas lajes executadas e ensaiadas. Para as propriedades mecânicas do bambu foi utilizado o valor de módulo de elasticidade obtido por CARBONARI *et al* (2015) de . Para o concreto, os testemunhos retirados das lajes foram ensaiados à compressão, além da densidade. O módulo de elasticidade do concreto foi estimado de acordo com o EUROCODE 2 (2004) para concretos leves, que corresponde a , com o e densidade (.

Considerando as propriedades físicas, mecânicas e geométricas na planilha de cálculo, foram obtidos os comportamentos mecânicos da laje, cujos diagramas estão apresentados no gráfico da Figura 23.

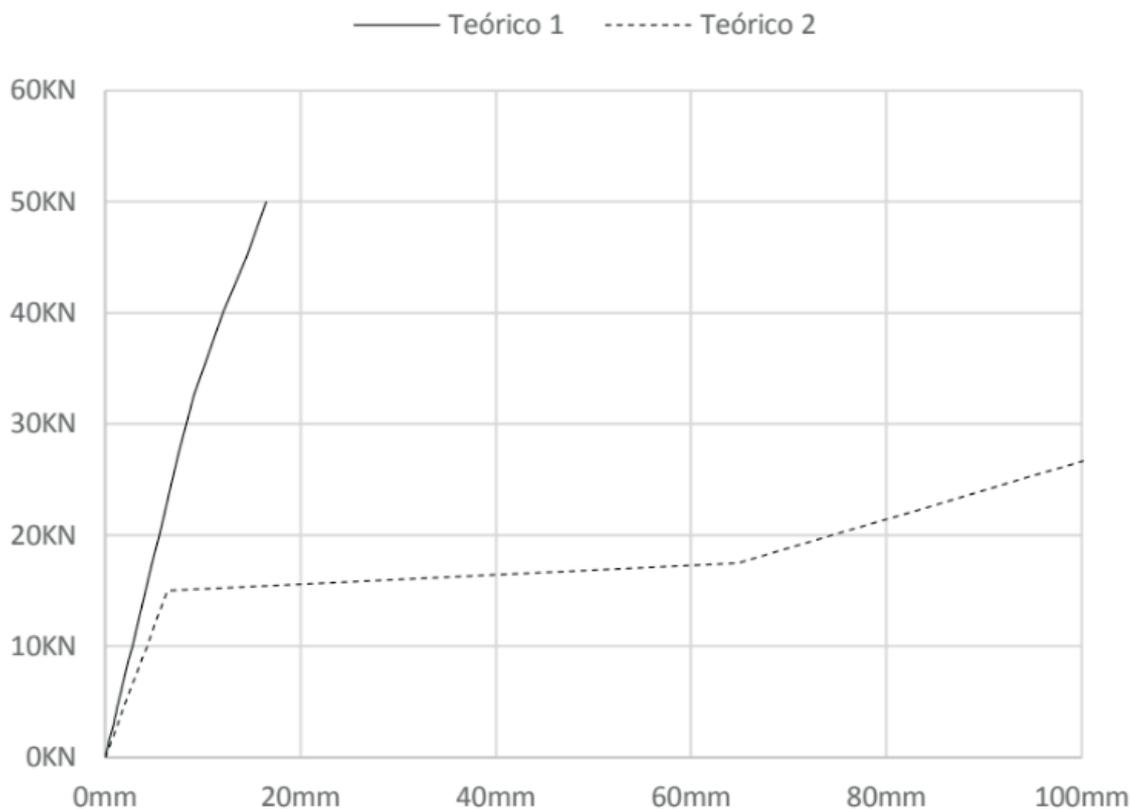


Figura 23 - Curva teórica Carga x Deslocamento. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como pode ser observado no gráfico da Figura 23, o diagrama onde os materiais da seção são considerados perfeitamente conectados entre si (Teórico 1), apresentam um comportamento quase linear até a carga última, com uma pequena mudança na angulação pouco acima da carga de , onde o concreto começa a fissurar. No outro diagrama, onde os materiais foram considerados não conectados entre si (Teórico 2), há um primeiro trecho linear até uma carga de ~ , a partir do qual há uma mudança brusca da inércia, da não fissurada para a inércia fissurada, caracterizada pela perda de resistência da capa de concreto.

3.4 Comparativo dos resultados obtidos das lajes ensaiadas

Para que fosse possível efetuar uma comparação dos diagramas carga x deslocamento entre as duas lajes, foi necessário uniformizar as respectivas rigidezes, pelo fato que, após a concretagem, as capas de concreto ficaram diferentes, uma com 4,4 cm, e a outra com 5,8 cm. Após essa consideração, na Figura 24 constam os diagramas carga x deslocamento obtidos teoricamente e experimentalmente das lajes.

Comparando os diagramas experimentais das lajes na Figura 24, fica evidente o melhor comportamento mecânico que apresentou a laje cujas varas de bambu possuem seção plena na região dos nós, em relação a outra laje onde as varas são todas a meia cana.

Observa-se na referida figura que em ambos os diagramas as curvas obtidas nos

ensaios das lajes ficam entre os gráficos teóricos, o que indica que em ambas as lajes os diafragmas do bambu atuam como conectores entre o a parte inferior do bambu e o concreto, seno mais evidente esta influência na laje com seção plena na região dos nós.

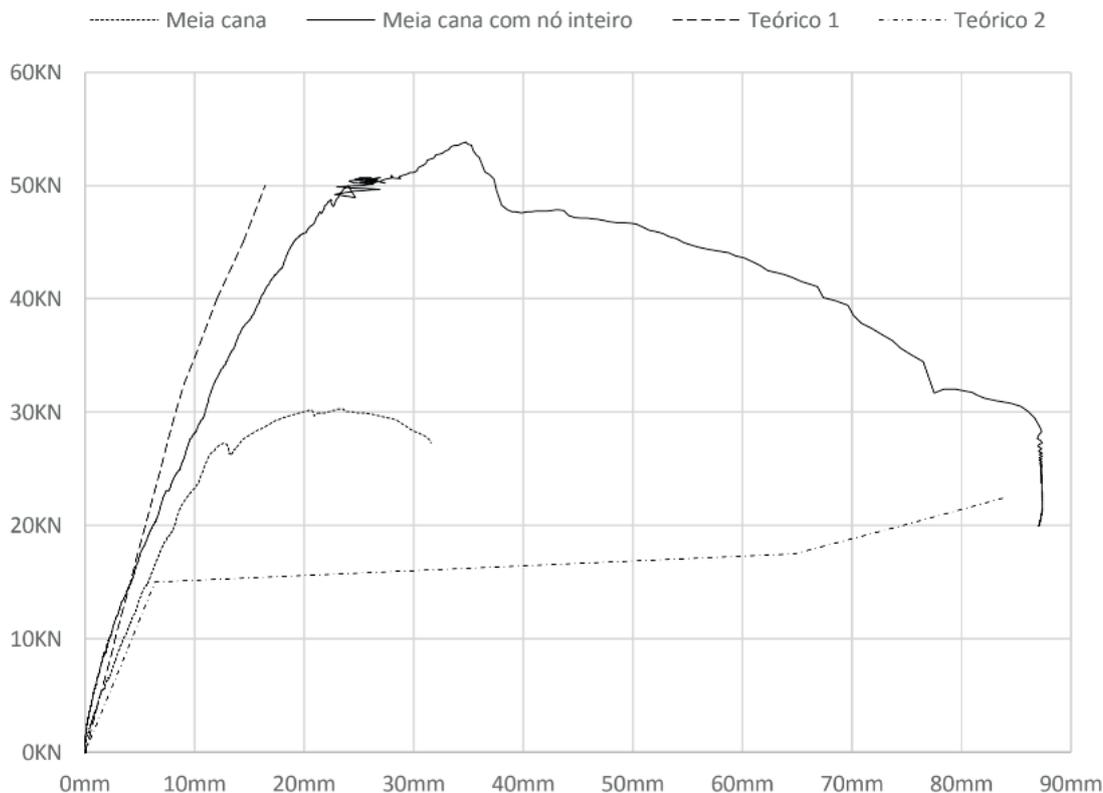


Figura 24 - Comparativo. Fonte: Elaborado pelos autores.

4 | CONCLUSÕES

Durante a fase de concretagem foi observado que o agregado leve ficou em suspensão na laje, o que é indesejável, pois é na capa superior que atuam as máximas de tensões de compressão na flexão.

Observou-se que mantendo a seção plena das varas de bambu na região dos nós, aumenta-se significativamente a resistência da laje mista bambu-concreto, em relação a laje onde todas as varas são em meia cana.

Mesmo com as deficiências na interface bambu-concreto, as lajes apresentaram um comportamento mecânico quase linear entre carga e deslocamento, em seu trecho inicial, e dúctil, de muito interesse para possíveis aplicações práticas.

Apesar de não ser representativo estatisticamente o número de lajes ensaiadas, pode concluir que esse tipo de laje pode ter um grande potencial de utilização em residências para vãos comuns, apresentando um baixo peso próprio e um bom comportamento mecânico.

REFERÊNCIAS

CARBONARI, G., SILVA JUNIOR, N. M., PEDROSA, N. H., ABE, C. H., SCHOLTZ, M. F., ACOSTA, C. C. V., CARBONARI, L. T. (2015). Propriedades mecânicas de várias espécies de bambu. In: XV ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. Anais... Curitiba. 2016.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2004). Eurocode 2: Design of concrete structures. Part. 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels. 2004.

FARRELY, D. The Book of Bamboo. Sierra Club Books, São Francisco, 1984, 202p.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R. V. Application of bamboo as a construction material. Part I-Mechanical properties and water repellent treatment of bamboo Part II- Bamboo reinforced concrete beams. In: Latin American Symposium, Rational Organization of Building applied to Low-cost Housing, 1982, Sao Paulo. Rational Organization of Building Applied to Low-cost Housing. Sao Paulo: IPT, v. 1. p. 49-65, 1981.

GHAVAMI, K. (2005) Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. Cement & Concrete Composites 27. p. 637-649, 2005.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Franciele Braga Machado Tullio Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-71-0



9 788585 107710