

## Study on the use of bamboo in concrete composition

### Estudo da utilização do bambu na composição do concreto

Article Info:

Article history: Received 2021-03-29 / Accepted 2021-03-29 / Available online 2021-03-30

doi: 10.18540/jcecv17iss1pp12134-01-13e

**Carlos Maviael Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7777-4659>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: [maviael.carvalho@unifesspa.edu.br](mailto:maviael.carvalho@unifesspa.edu.br)

**Normando Perazzo Barboza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4497-8900>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [nperazzob@yahoo.com.br](mailto:nperazzob@yahoo.com.br)

**Ulisses Targino Bezerra**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-72880>

Instituto Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: [dartarios@yahoo.com.br](mailto:dartarios@yahoo.com.br)

**Tarciso Binoti Simas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1687-7582>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: [tarcisobinoti@gmail.com](mailto:tarcisobinoti@gmail.com)

**Ana Clara Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6353-9327>

Centro Universitário de Joao Pessoa, Brasil

E-mail: [clara\\_.oliveira@hotmail.com](mailto:clara_.oliveira@hotmail.com)

**Gustavo Moreira Magalhães**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0498-7936>

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

E-mail: [gustavo.m.magalhaes17@gmail.com](mailto:gustavo.m.magalhaes17@gmail.com)

#### Resumo

O concreto é considerado um dos materiais mais utilizados do mundo, com inúmeras aplicações na construção civil. Apesar disso ainda apresenta deficiências que necessitam ser supridas e atendidas. Devido a isso, diversos materiais têm sido a ele incorporados para interferir em suas propriedades, como por exemplo, seu comportamento após fissuração. Fibras as mais diversas têm sido usadas e aqui procurou-se estudar como se comporta o concreto reforçado com fibras de bambu (CRFB). O presente trabalho intenta mostrar a importância de materiais alternativos na construção civil, com enfoque nas fibras de bambu. São avaliadas as resistências à compressão simples, à tração na flexão e por compressão diametral de concretos produzidos em laboratórios, com teores em peso de 0%, 0,5% e 1,0% de fibras. Os resultados indicam que o acréscimo no teor de fibras diminui a trabalhabilidade, bem como a facilidade de aplicação e de adensamento do concreto; no estado endurecido não houve alteração significativa na resistência à compressão aos 28 dias, porém pequeno decréscimo para idade de 63 dias; nos ensaios de resistência à tração as fibras mostraram boa interação com a matriz cimentícia.

**Palavras-chaves:** Fibras de bambu. Concreto. Sustentabilidade.

## Abstract

Concrete is considered one of the most used materials in the world, with numerous applications in civil construction. Despite this, it still has deficiencies that need to be addressed and met. Because of this, several materials have been incorporated into it to interfere with its properties, such as, for example, the behavior after cracking. The most diverse type of fiber have been used and here it was studied how concrete reinforced with bamboo fibers (CRFB) behaves. The present work intends to show the importance of alternative materials in civil construction, with a focus on bamboo fibers. Compression strength, flexion tensile strength and tensile strength by diametrical compression are evaluated in concretes produced in laboratory, incorporating 0%, 0.5% and 1.0% of fibers by weigh. The results indicate that the increase in the fiber content decreases the workability, as well as hinders application and thickening of the concrete; in the hardened state, there was no significant change in compressive strength at 28 days, but a small decrease for the age of 63 days; in the tensile strength tests, the fibers showed good interaction with the cementitious matrix.

**Keywords:** Bamboo fibers. Concrete with fibers. Sustainability.

## 1. Introdução

Reconhecidamente, o impacto que indústria da construção civil promove no meio ambiente um dos mais incisivos e perduráveis entre as atividades humanas atualmente praticadas. O principal método construtivo que vem sendo adotado para grande parte das edificações modernas utiliza materiais industrializados que, em sua fase de produção, demanda grande gasto energético, a exemplo do aço.

Para minimizar os impactos gerados pela construção, os pesquisadores buscam alternativas construtivas menos impactantes no meio ambiente, nesse raio de pesquisa um material pouco estudado e utilizado na construção é o bambu, entre suas características favoráveis para sua utilização tem-se a alta resistência mecânica a tração paralela as suas fibras além de renováveis.

Pois, a resistência a tração nos concretos é uma propriedade bastante suscetível, que apresenta comportamento frágil, tomando obrigatório o uso de armaduras de reforço. Embora todo o progresso adquirido nos últimos anos, o concreto continua apresentando um comportamento com baixa resistência à tração. Tendo também algumas deficiências como a dificuldade de ocupar totalmente peças esbeltas, baixa ductilidade, retração plástica e permeabilidade em locais úmidos, que causam várias patologias. Vigas de concreto, quando executadas para qualquer utilização, possuem duas principais regiões que são as de compressão e as de tração.

O efeito de flexão faz com que o concreto necessite de adição de algum elemento com alta resistência à tração para assim suprir a deficiência do mesmo. O material mais empregado para ocupar a defasagem do concreto a resistir a esforços de tração é o aço, seja ele utilizado como fibra curta, ou até mesmo como barras de aço. Os concretos estruturados com aços são suscetíveis a um inevitável grau de fissuração devido a seu caráter não homogênea, podendo levar a manifestações patológicas. Essa fissura dependendo do grau de abertura, os agentes agressivos podem danificar a sua durabilidade ou mesmo levar a sua destruição. Elas são antiestéticas e sem sobra de dúvida indesejável, são patologias que geram gastos para efetuar os reparos. Com informação das causas da fissura é possível tomar a decisão sobre o tipo de tratamento.

Para tanto esse estudo visar estudar a relevância da substituição de materiais industrializados por fibras naturais na construção civil, visando apresentar alternativas economicamente viáveis pela fibra do bambu adequadas aos parâmetros exigidos de resistências físicas e mecânicas, em conformidade com as normas técnicas brasileiras.

Além de, buscar ferramentas de colocar em prática o uso de materiais, a sociedade continuar utilizando esses materiais convencionais, que é baseada primordialmente na falta de incentivo do mercado em diversificar a matéria-prima, na falta de informações a respeito de materiais alternativos, na falta de mão de obra especializada para a realização dos empreendimentos, na

facilidade de execução da edificação com os materiais ditos padrão, entre outros, não levando em consideração a disponibilidade dos demais materiais que se encontram em abundância na região do empreendimento a ser construído.

## 2. Referencial teórico

### 2.1 *Bambu*

Da Rosa (2002) define o bambu como sendo um composto polimérico, seu colmo é formado por fibras, vasos e condutores de seiva. Há indícios de que a palavra bambu tenha origem no forte barulho provocado pelo estouro dos seus colmos quando submetidos ao fogo, “bam-boo” (Azzini, et al., 1982). O bambu pertence à família das gramíneas (Poaceae), subfamília bambusoideae (López, 2003). Classificação taxonômica: ▪ Reino: Plantae ▪ Divisão: Magnoliophyta ▪ Classe: Liliopsida ▪ Ordem: Poales ▪ Família: Poaceae Americo (2009) denomina bambu como sendo todas as espécies de plantas pertencente à família das gramíneas, ao qual pode ser subdividida em Bambusaceae e Olyrae, bambus lenhosos e herbáceos respectivamente, e ressalta que, sendo assim, não são espécies de árvores, não podendo ser caracterizadas como madeira. Conforme os estudos de Nirmala et al. (2008), o bambu é uma gramínea gigante que se distribui por quase todas as regiões do planeta.

Segundo Gonçalves (2020), no Brasil existem mais de 200 espécies de bambu e aproximadamente 18 milhões de hectares de florestas nativas da planta estão na Amazônia. As espécies mais difundidas no país são *Bambusa tuldoidea* (bambu comum), *Bambusa vulgaris* Schrad (bambu verde), *Bambusa vulgaris* Schrad var. *vittata* (bambu imperial, amarelo), *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) e algumas espécies do gênero *Phyllostachys* sp (cana da Índia). Korte apud Beraldo (2016) o Brasil possui, atualmente, 36 gêneros e 254 espécies nativas de bambu distribuídas entre a Mata Atlântica (62%), Amazônia (28%) e Cerrado (10%).

#### 2.1.1 *Espécies e tipos de Bambu*

Segundo Sungkaew et al. (2009) apud Parma et al. (2016), a família (Poaceae) compreende 12 subfamílias, dentre elas Bambusoideae Luer, que reúne três clados, correspondendo às tribos Olyreae (bambus herbáceos), Bambuseae (bambus lenhosos de clima tropical) e Arundinarieae (bambus lenhosos de clima temperado).

O Brasil detém 44% dos bambus herbáceos existentes no novo mundo e que 40% desses bambus são endêmicos das regiões onde ocorrem. Das 224 espécies de bambu brasileiras conhecidas (hoje são 232), 149 são lignificadas e 75 são herbáceas (Beraldo, 2016).

#### 2.1.2 *Características físicas do Bambu*

Assim como as árvores, o bambu é constituído por duas partes bem distintas: aérea e subterrânea. E a parte aérea estão localizados os colmos, os nós e as folhas, e na parte subterrânea, as raízes e os rizomas.

Colmo A parte do bambu que mais se diferencia entre as inúmeras espécies conhecidas é o seu colmo, o corpo desta gramínea tem cores, texturas, distância entrenós, diâmetros e alturas muito variadas, e internamente também apresentam distinções significativas (Ghavami & Marinho, 2005).

Folhas e flores Teixeira (2006) explica que as folhas dos bambus respondem pela função de elaborar as substâncias necessárias ao rápido crescimento desta planta através do processo de fotossíntese. Características como dimensão, formato da lâmina e presença de pelos nas folhas, são informações de grande valia para a identificação das espécies.

Rizomas Rizoma é um caule subterrâneo dotado de nós e entrenós com folhas reduzidas a escamas e que se desenvolve paralelamente a superfície do solo. Não deve ser confundido com a raiz que é uma parte distinta da planta e com algumas funções completares e outras completamente diferentes (Spolidoro, 2008).

### 2.1.3 Bambu na construção civil

O bambu é um material com grande possibilidade de utilização no setor da construção, tanto diretamente como também combinado com outros materiais. (Beraldo, 2016). Em seus estudos, Pimentel (2000), diz que é claro o potencial que o material tem, sendo que o apoio ao emprego do material em larga escala por políticas públicas, 21 tem capacidade de reduzir significativamente os custos da construção civil, gerando renda e emprego com a sua cadeia produtiva.

O piso de bambu é bastante utilizado na Europa, Ásia, América do Norte e Austrália. Os principais produtores são a China, o Japão, a Índia e os EUA. Existem vários tipos de pisos de bambu, podendo ser classificados basicamente em parquet (longitudinais e de topo) e laminados (Ostapiv, 2007).

Barros & Souza (2004) aponta as mais variadas utilizações do bambu na construção civil, evidenciando a potencialidade deste material em elementos que são caracterizados por sua função estrutural como vigas, pilares, lajes, escadas e cobertas.

Pereira & Beraldo (2008) apresentam o “bambucreto”, que é o reforço do concreto pela adição de bambu. Este material em seu estado natural apresenta resistência às tensões tão significativamente altas que pode ser comparado a resistência do aço CA-25, levando vantagem em diversos aspectos que são bastante importantes na hora de uma tomada de decisão a respeito de qual material será usado, a exemplo do custo de transporte, disponibilidade da matéria-prima, material ecologicamente correto, entre outros. No entanto, para que bambu atinja seu melhor desempenho em questões de resistência mecânica, faz-se necessário o adequado tratamento de seus colmos, visto que nestes colmos, o bambu tem em sua composição fibras de celulose, amido e açúcar. Esta característica faz do bambu um material que tem grande potencial de ser atacado por agentes biológicos, como animais e fungos.

## 3. Materiais e Métodos

Segundo Lakatos (2009), a pesquisa experimental consiste em investigações de pesquisa empírica cujo objetivo principal é o teste de hipóteses que dizem respeito a relações de tipo causa-efeito. Todos os estudos desse tipo utilizam projetos experimentais que incluem os seguintes fatores: grupos de controle (além de experimental), seleção da amostra por técnica probabilística e manipulação das variáveis independentes com finalidade de controlar ao máximo os fatores pertinentes. As técnicas rigorosas de amostragem têm como o objetivo de possibilitar a generalização das descobertas a que se chega pela experiência. Por sua vez para que possam ser descritas quantitativamente, as variáveis relevantes são especificadas. Os diversos tipos de estudos experimentais podem ser desenvolvidos tanto “em campo”, ou seja, no ambiente natural, quanto em laboratório, onde o ambiente é rigorosamente controlado. A abordagem dos resultados da presente pesquisa se dará de maneira qualitativa.

### 3.1 Materiais

Cimento Portland: Foi utilizado cimento CP II-Z Cimento Portland Composto com Pozolana, disponível no comércio local, sua composição segue a norma ABNT NBR 11578.

Agregado miúdo - Foi empregada areia proveniente do rio Sanhauá, localizado na cidade local, esta areia passou por processos de secagem, peneiramento e em seguida foi submetida a teste laboratoriais onde foi determinada sua massa específica 2,61 g/cm<sup>3</sup>, módulo de finura 2,52 mm e dimensão máxima 1,2 mm.

Agregado graúdo- Foi empregada brita (Brita 19 mm) disponível no comércio local de João Pessoa. Esta brita passou por processo de separação de materiais orgânicos, lavagem, secagem,

peneiramento e foi submetida a testes laboratoriais onde foi determinada sua massa específica  $2,77 \text{ g/cm}^3$ , massa unitária compactada  $1,70 \text{ kg/dm}^3$ , dimensão máxima 19 mm.

*Água:* A água utilizada na pesquisa foi disponibilizada pelo sistema de abastecimento de água da cidade de João Pessoa, pelo órgão competente CAPEGA.

*Fibra de Bambu:* As fibras de bambu utilizadas na pesquisa foram obtidas por processo manual, confeccionadas pelo autor do trabalho. Estas passaram por diversos processos de corte, lavagem, secagem e suas dimensões foram arbitradas levando em consideração parâmetros definidos na literatura pesquisada. As fibras foram padronizadas com comprimento de 40 a 60 mm e espessura de 1 a 2 mm, assim como mostram as figuras 1.



**Figura 1 – Espessura da fibra de bambu.**

*Aditivo:* O uso do aditivo superplastificante utilizado na pesquisa, o ADVA 525, lote SF05-144L.

### 3.2 Métodos de dosagem

“A dosagem nada mais é, do que o proporcionalmente adequado e mais econômico de materiais: cimento, água, agregados, adições e aditivos”. O traço padrão adotado para esta pesquisa foi: 1:1,56:2,13 e fator  $a/c$ : 0,45. Houve também um acréscimo de aditivo superplastificante na proporção de 0,2% em relação ao peso do cimento.

### 3.3 Confeção das fibras de bambu

Para a confecção das fibras, foi feito um levantamento da quantidade disponível e localização de bambuzais na região metropolitana da cidade de João Pessoa, Paraíba, para a então escolha da coleta deste material. Os bambus foram coletados às margens da rodovia estaduais PB 004, nas proximidades da cidade de Cruz do Espírito Santo, como mostram as figuras 2.



**Figura 2 – Bambuzal.**

Os bambus foram cortados logo após o primeiro nó com o auxílio de um facão, evitando-se ao máximo o desperdício por esgarçamento das fibras do seu colmo. Os galhos e folhas foram devidamente retirados, deixando as varas limpas. Como mostra no fluxograma apresentado na figura 3, as fibras de bambu foram confeccionadas de maneira manual.

Logo após a sua extração, as varas de bambu passaram por um processo de secagem, processo este que durou aproximadamente 4 semanas. As varas de bambu após processo de coleta e limpeza foram colocadas, no sentido vertical, em ambiente fora do alcance da luz solar, abrigado de intempéries como chuva e vento, evitando contato direto com o solo e livre variações bruscas de temperatura e umidade.

Com as varas devidamente secas, foi necessário o auxílio de uma serra circular para a realização do primeiro corte, onde obtivemos as taliscas do colmo de bambu. Em seguida, das referidas taliscas, extraíram-se os nós, deixando apenas as fibras localizadas nos entrenós do colmo do bambu.

O segundo corte, já com auxílio de faca, teve como finalidade a padronização da dimensão da seção transversal das fibras de bambu, deixando-as com espessura de aproximadamente 1 mm. Em seguida, as fibras foram marcadas com auxílio de escalímetro, cujas dimensões no sentido longitudinal foram padronizadas com o comprimento entre 40 e 60 mm, para então serem cortadas com auxílio de tesoura.



**Figura 3 – Confeção das fibras de bambu por processo manual.**

Com o processo de corte finalizado, o passo seguinte foi a lavagem em água corrente, para a eliminação dos possíveis detritos existentes nas mesmas, e então, a secagem em estufa, com temperatura fixada em 60°C, pelo período de 24 horas.

### 3.4 Dosagem da fibra

Para a obtenção da dosagem da fibra, utilizou-se a relação direta, a multiplicação do peso de cimento a ser usado no traço pela porcentagem desejada de fibra. Resultando, dessa forma, no peso desejado de bambu a ser adicionado apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Dosagem da fibra de bambu.**

PESO CIMENTO (g)	PORCENTAGEM DE DOSAGEM	PESO DA FIBRA (g)
15.000	0,5%	75
15.000	1,0%	150

### 3.5 Confeção dos pisos

Foram concretados dois pisos com dimensão 30cmx30cmx10cm com a finalidade de verificação de fissuras no piso causada por retração do concreto com adição de fibras e análise da absorção de água pelas fibras, figura 4.



**Figura 4 - Molde para piso 30cmx30cmx10cm.**

### 3.6 Confeção dos corpos-de-prova

Foram confeccionados 36 corpos-de-prova, conforme as normas NBR 5738/15 e NBR 5739/07, distribuídos como mostra na tabela 2.

**Tabela 2 - Distribuição dos corpos-de-prova para os ensaios.**

ENSAIOS	Compressão Axial Simples		Tração por Compressão Diametral	
DIAS	7	28	7	28
0% Bambu	10	10	10	10
0,5% Bambu	10	10	10	10
1,0% Bambu	10	10	10	10
	30	30	30	30
TOTAL	60		60	
	120			

### 3.7 Compressão axial simples

O ensaio de compressão axial simples é o mais utilizado para se aferir a resistência a compressão dos concretos e para sua correta execução este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 5739/07 – Ensaio de compressão de corpo-de-prova cilíndrico. Os corpos-de-prova moldados para este ensaio foram confeccionados seguindo normativo vigente NBR 5738/15. Para cada traço analisado, foram confeccionados 60 corpos-de-prova, sendo estes divididos em duas idades para seu rompimento, 7 dias e 28 dias.

### 3.8 Tração indireta por compressão diametral

O ensaio de compressão diametral, também chamado de ensaio de tração indireta, “ensaio brasileiro” ou splitting test B, para determinação da resistência à tração dos corpos-de-prova cilíndricos de concreto de cimento Portland. Para a correta realização deste ensaio, a norma utilizada foi a NBR 7222/94 – Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. A partir dela foram extraídas informações de como moldar os corpos-de-prova, como realizar o ensaio, aparelhagem necessária e como calcular os resultados. O ensaio de compressão diametral, a disposição do corpo-de-prova na prensa, o plano de ruptura e a representação da carga aplicada. Assim como foi feito o ensaio de compressão axial simples, o ensaio de tração por compressão diametral foi feito de forma semelhante. Foram confeccionados 10 corpos-de-prova, sendo estes divididos em duas idades para seu rompimento, 7 dias e 28 dias.

## 4. Resultados e Discursões

Neste tópico expressam-se os resultados e discussões obtidos nos ensaios de resistência supracitados e na análise dos pisos confeccionados. A partir destes parâmetros, torna-se possível a avaliação da resistência mecânica dos concretos com adição de fibras de bambu.

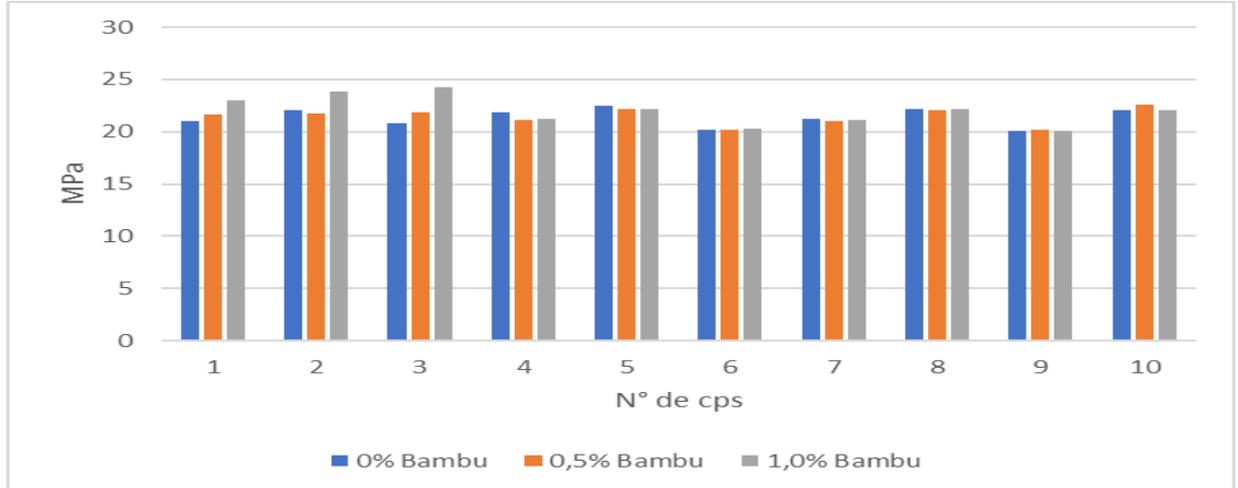
A tabela 3, abaixo a seguir, mostra os resultados extraídos dos ensaios de compressão axial simples das três relações estudadas. Nesta tabela é possível verificar que, para a relação do traço sem fibras de bambu, o valor médio da resistência à compressão aos 28 dias é 27,64 MPa. Já para a relação com 0,5% de bambu, o valor médio é 28,06 MPa. Não existe grande diferenciação entre estes resultados, entretanto, a relação de concreto com adição de 1,0% de bambu apresenta um aumento de 10% em comparação com o concreto sem a utilização das fibras.

**Tabela 3 – Comparação dos resultados dos ensaios de compressão axial simples.**

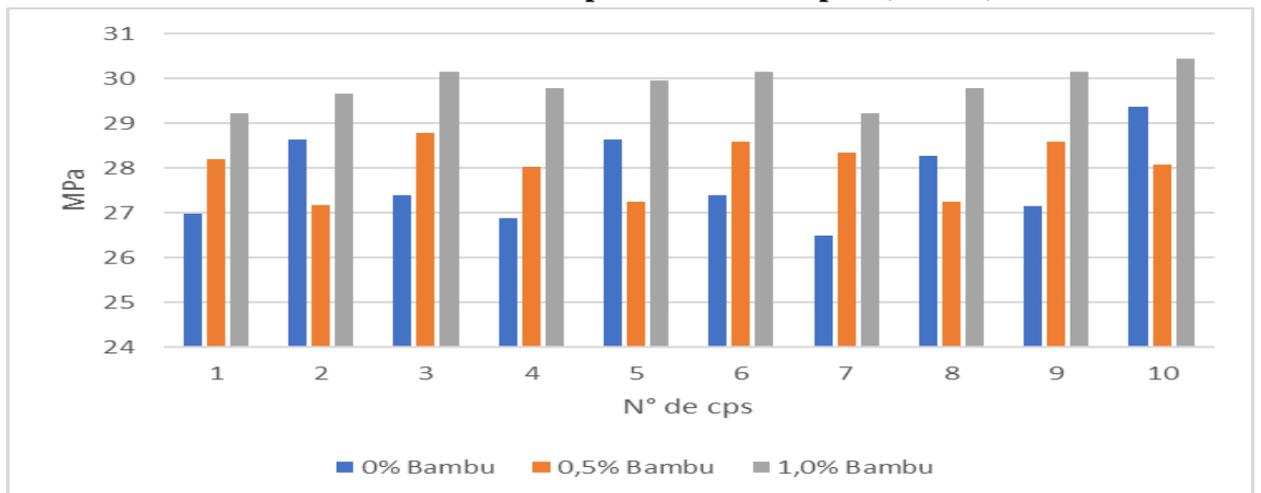
ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL SIMPLES											
7 dias MPa											
0% Bambu	21,02	22,11	20,77	21,84	22,52	20,19	21,2	22,18	20,08	22,08	21,52
0,5% Bambu	21,64	21,73	21,85	21,14	22,18	20,21	21,06	22,02	20,2	22,58	21,685
1,0% Bambu	23,05	23,85	24,3	21,23	22,15	20,32	21,11	22,18	20,02	22,08	22,115
28 dias MPa											
0% Bambu	26,99	28,65	27,39	26,89	28,65	27,39	26,48	28,27	27,16	29,37	27,39
0,5% Bambu	28,19	27,18	28,78	28,04	27,24	28,59	28,34	27,24	28,59	28,07	28,13
1,0% Bambu	29,23	29,66	30,15	29,79	29,96	30,15	29,23	29,78	30,15	30,45	29,875

No entanto, este ganho de resistência à compressão em função do aumento do volume de fibras de bambu é pouco significativo. No Gráfico 1 e 2, à primeira vista, percebe-se que existe um crescimento de resistência à compressão, porém, este fato pode ser atribuído a possibilidade da ocorrência de falhas durante o processo de moldagem dos corpos-de-prova.

**Gráfico 1 – Resultados dos ensaios de compressão axial simples (7 dias).**



**Gráfico 2 – Resultados dos ensaios de compressão axial simples (28 dias).**

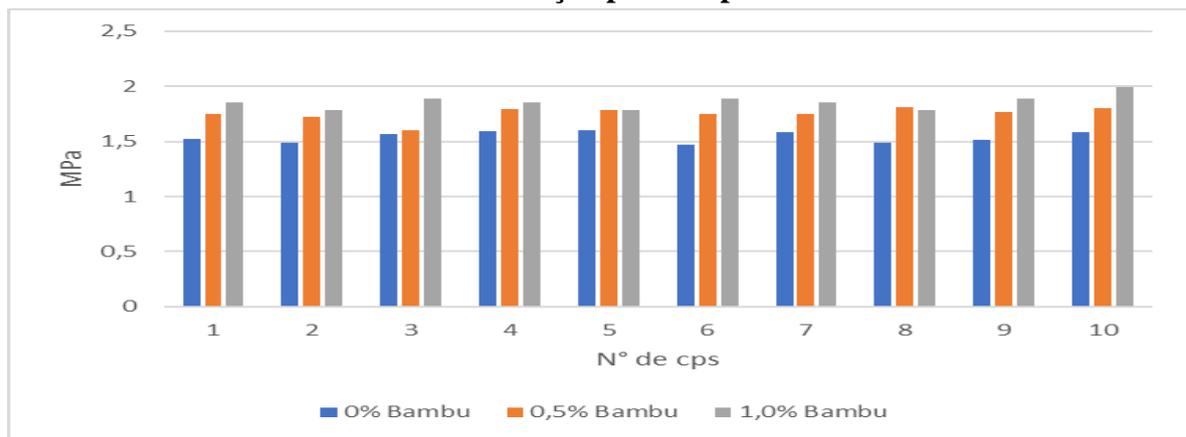
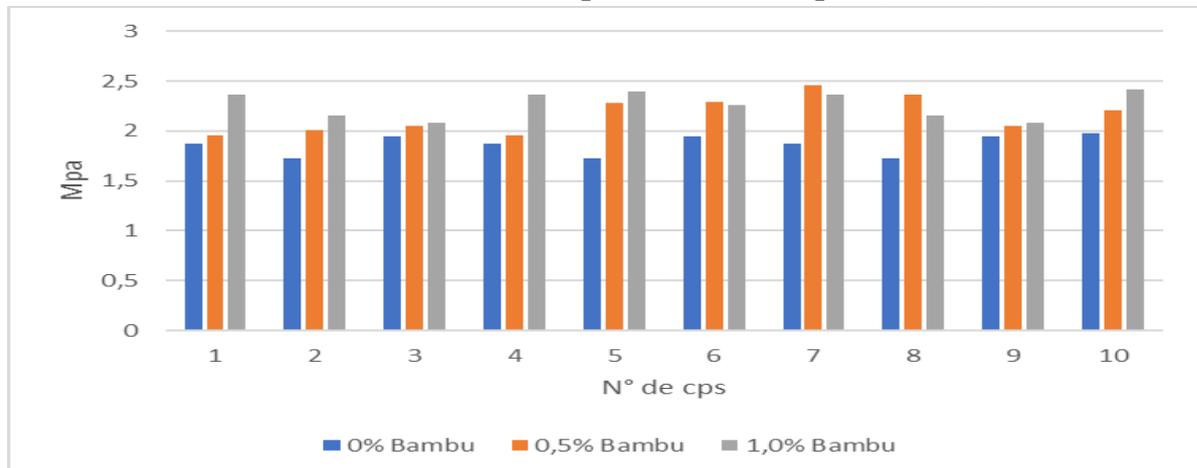


Observando a tabela 4, o concreto com melhor resultado no ensaio de tração por compressão diametral foi com adição de 1,0% de bambu. Apresentando valores de 2,36 MPa, aos 28 dias. A adição de fibras mostra eficácia na mistura do concreto, por atuar como ponte de transferência de tensões. Mesmo após o aparecimento das primeiras fissuras, as fibras garantem a capacidade de resistir ao carregamento.

**Tabela 4 – Comparação dos resultados dos ensaios de tração por compressão diametral.**

ENSAIO DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL											
7 dias											
0% Bambu	1,52	1,49	1,57	1,59	1,6	1,47	1,58	1,49	1,51	1,58	1,545
0,5% Bambu	1,75	1,72	1,6	1,79	1,78	1,75	1,75	1,81	1,77	1,8	1,76
1,0% Bambu	1,85	1,78	1,89	1,85	1,78	1,89	1,85	1,78	1,89	1,99	1,85
28 dias											
0% Bambu	1,87	1,73	1,95	1,87	1,73	1,95	1,87	1,73	1,95	1,98	1,87
0,5% Bambu	1,96	2,01	2,05	1,96	2,28	2,29	2,46	2,36	2,05	2,21	2,13
1,0% Bambu	2,36	2,15	2,08	2,36	2,39	2,26	2,36	2,15	2,08	2,42	2,31

A Gráfico 3 e 4 mostras a distribuição dos resultados obtidos por média aritmética aos 7 e 28 dias de cura.

**Gráfico 3 - Resultado dos ensaios de tração por compressão diametral em 7 dias.****Gráfico 4 - Resultados dos ensaios de compressão axial simples (28 dias).**

Através de análise dos pisos confeccionados na Figura 5 e 6, notou-se uma grande quantidade de fibras de bambu na superfície do mesmo, porém, não foi verificado, a olho nu, fissuras no concreto em decorrência de retrações plásticas, tampouco térmicas.



**Figura 5 - Piso 0,5% bambu.**



**Figura 6 - Piso 1,0% bambu.**

Após análise visual dos pisos, percebe-se que a fibra de bambu aparenta um aumento significativo de suas dimensões na seção transversal, em relação ao seu estado seco. A resposta para tal evento se dá pela absorção da água da mistura do concreto.

## 5. Conclusão

O uso das fibras naturais em concretos, especialmente as fibras de bambu, respondem às expectativas a elas empregadas. De acordo com os estudos realizados em laboratório, esta união de concreto com as fibras de bambu, trabalham solidariamente e todos os concretos estudados

atingiram, com rigor técnico, os requisitos mínimos de resistência (20 MPa) preconizados na NBR 6118 (2003), para elementos estruturais.

No que diz respeito ao ensaio de compressão axial, este estudo confirma dados expressos nos estudos da literatura consultada sobre fibras de bambu. A adição de fibras de bambu não é determinante no aumento da resistência mecânica do concreto, porém, de acordo com os experimentos realizados, é possível verificar que a relação com adição de 1,0% obteve melhores resultados diante das demais relações. No ensaio de resistência à tração por compressão diametral, notou-se melhores resultados à medida que a proporção de fibras aumentava. Sendo a relação de 1,0% de bambu o melhor resultado.

O uso das fibras de bambu se destaca, principalmente, na absorção de energia quando o concreto é submetido a esforços externos visto que conseguem manter, da melhor maneira possível, a capacidade portante do concreto após as primeiras fissuras. Levando vantagem em relação ao concreto sem fibras. Dentro das propostas de porcentagem apresentadas, recomenda-se a relação com adição de 1,0% de bambu, por apresentar melhores resultados em todos os parâmetros de análise.

### Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. (2003). NBR-1004: *Resíduos sólidos - classificação*. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004). NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto – procedimento*. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1991). NBR 11578: *Cimento Portland Composto*. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2015). NBR 5738: *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova*. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994). NBR 7222: *Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos*. ABNT.
- AMÉRICO, L. *Eco-Design ea utilização de materiais alternativos renováveis: o Bambu e sua inter-relação com o design*. In: 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Anais, v. 2. São Paulo, 2009.
- AZZINI, A. ARANHA, C.; P, R.M. *Florescimento e frutificação em bambu*. v.41, n.1, p.175-180, 1982.
- BARROS, B. R. D., & SOUZA, F. A. M. D. (2004). Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. In *Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo*.
- BERALDO, A. L. (2016). Potencial do bambu desperta interesse econômico. Disponível em: <<http://apuama.org/potencial-do-bambu-desperta-interesse-economico/>>. Acesso em: 7 mar. 2020.
- GONÇALVES, M. T. T. et al. (2000). Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu. *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Fortaleza.
- Ghavami, K. & Marinho, A. B. (2005). Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. *Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 9(1), 107-114.
- LÓPEZ -HIDALGO, O. (2003). *Bamboo: the gift of the gods*. Colômbia: D’Vinni Ltda, Part. v.4, p.142- 153.
- MARCONI, M. D. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo. SP, Brasil. 311p.
- NIRMALA, C.; SHARMA, M. L.; DAVID, E. (2008). A comparative study of nutrient components of freshly emerged, fermented and canned bamboo shoots of *Dendrocalamus giganteus* Munro. *The Journal of the American Bamboo Society*, v.2, p.33-39.

- OSTAPIV, F.; FAGUNDES, E.D. (2007). Perspectivas para o desenvolvimento da cultura e da cadeia produtiva do bambu no Paraná, tendo como referência a inovação, a educação tecnológica e o modelo produtivo chinês. *Revista Científica de Educação*, v.9, n.9, p.41-53.
- PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. (2008). *Bambu de corpo e alma*. Bauru, SP: Canal 6, 240p.
- Da Rosa, S. P. A. P. (2002). *Análise teórica e experimental de colunas de concreto armado com bambu*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.
- PIMENTEL, L.L. (2000). Telhas onduladas à base de cimento Portland e resíduos de *Pinus caribaea*. *Dissertação de Mestrado*. Campinas, FEAGRI – UNICAMP.
- SPOLIDORO, P.J. (2008). Características dendrométricas e propriedades físicas dos colmos de *Bambusa vulgaris* e *Bambusa tuldoides*. *Monografia* (Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Florestal). 55p. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SUNGKAEW, S.; STAPLETON, C. M. A.; SALAMIN, N.; HODKINSON, T. R. (2009). Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae: Poaceae): a multi-gene region phylogenetic analysis of *Bambusoideae*. *Journal Plant Research*, v.122, p.95-108.
- TEIXEIRA, Anelizabeth Alves. (2006). Painéis de bambu para habitações econômicas: avaliação de painéis revestidos com argamassa. *Dissertação (Mestrado)* – Universidade de Brasília.