

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO BAMBU NA ENGENHARIA CIVIL**

**CONTRIBUTION TO THE STUDY OF BAMBOO IN CIVIL ENGINEERING**

**Antônio Pires Azevedo Junior**

Mestre em Engenharia de Estruturas, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/PUC-MG, Brasil. E-mail: apaj.engenharia@gmail.com

**Lorena Arco Verde**

Engenheira Civil. Master em Engenharia Geotécnica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/PUC-MG, Brasil. E-mail: lorenaarco@hotmail.com

**Stéphanie Carli Panin Moura Ribeiro**

Engenheira Civil. Graduada, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/ PUC-MG, Brasil. E-mail: stephanie.panin@gmail.com.

**Thiago Bomjardim Porto**

Doutor em Engenharia Civil, CEFET MG, Brasil. E-mail: thiago.porto@cefetmg.br

**Resumo**

O presente trabalho tem por objetivo o estudo para avaliação à aplicação do bambu como material de construção. A proposta foi testar a sua resistência à tração, verificando a possibilidade de substituição dos materiais não renováveis. Utilizando a prensa digital EMIC, foram testadas amostras padronizadas de bambu com comprimento de 300mm, incluindo seus trechos críticos como os nós. Os resultados obtidos no ensaio à tração apontam para a necessidade de novos estudos e ensaios para utilização das espécies de bambus testados na substituição do aço.

**Palavras-chave:** Bambu, Material de Construção, Tração, Ensaio, Viabilidade.

**Abstract**

In this paper is presented a study developed to evaluate the application of bamboo as construction material. The proposal was to test its tensile strength verifying the possibility of substitution of non-renewable materials. By Using the EMIC digital press, standardized samples of bamboo with a length of 300mm were tested, including their critical stretches at the nodes. The results obtained in the tensile test indicate the need for new studies and tests for the use of bamboo species tested in steel replacement.

**Keywords:** Bamboo; Construction Material; Tensile; Test; Feasibility.

## 1. Introdução

Os objetivos do presente trabalho são apresentar resultados de ensaios à tração de corpos de prova de bambu com a finalidade de contribuir para o banco de dados das espécies *Bambusa tuldoides*, *Bambusa vulgaris vittata*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys pubescens*, usuais na região Sudeste do Brasil, e demonstrar os benefícios do bambu como material de construção, desmistificando crenças negativas em relação ao material.

O bambu é um material utilizado pelo homem há vários séculos em muitas aplicações, tais como construção de pontes, reforço de vigas, pilares, lajes e para diversas outras finalidades, como instrumentos e ferramentas.

A utilização do bambu como material de construção pode substituir os materiais convencionais, tais como o aço e a madeira, o que diminui os desmatamentos de florestas nativas.

De acordo com Oliveira (2013), o plantio do bambu possui, ainda, grandes potencialidades, como ciclo mais curto, alta produtividade por hectare, rapidez de crescimento, baixo custo de plantio, facilidade de cultivo, demanda a utilização de ferramentas simples para seu manuseio, e pode, ainda, auxiliar na revitalização de áreas degradadas e incrementar o sistema de reflorestamentos no Brasil, país que reúne grande quantidade de espécies desta planta e clima propício para seu pleno desenvolvimento. Tratado adequadamente, o bambu apresenta durabilidade superior a 25 anos.

O bambu é uma planta da subfamília *Bambusoideae*, pertence à família das gramíneas (*Poaceae* ou *Gramineae*), que se subdivide em duas: a *Bambuseae* (bambus lenhosos) e *Olyrae* (bambus herbáceos). É constituído por duas partes, uma aérea (colmos) e outra subterrânea (rizomas e raízes), podendo crescer a partir de sementes ou dos rizomas. Os rizomas são caules subterrâneos com nós, regularmente, espaçados. Do rizoma, origina-se o colmo que é formado por uma série alternada de nós e entrenós. O colmo, por sua vez, é caracterizado por ter forma cilíndrica e ser, geralmente, oco.



Figura 01: Partes do bambu (National Mission on Bamboo Applications – NMBA, 2004)

Existem cerca de 1300 espécies de bambu conhecidas no mundo, distribuídas em 121 gêneros. No Brasil, há pelo menos 400 espécies. Na região sudeste do país, são, facilmente, encontradas as espécies *Bambusa tuldoides*, *Bambusa vulgaris vittata*, *Dendrocalamus giganteus*, e *Phyllostachys pubescens*.

É uma espécie pantropical entouceirante, formam moitas, não se alastram e são de médio porte. As fibras têm, em média, de 3,43 mm comprimento e 3,73 mm de espessura e sua parede varia de 0,5 a 3,4 mm. São usuais em cercas, móveis, andaimes, entre outros.

Constitui uma espécie pantropical entouceirante de médio porte. Pode chegar até 15 metros de altura. É, usualmente, utilizado na construção de cercas, móveis, andaimes, entre outros. Porém, são necessários estudos mais minuciosos sobre adaptabilidade, proteção e aumento de sua durabilidade.

É uma espécie de grande porte, podendo alcançar alturas de 24 a 60 m. O diâmetro dos colmos varia entre 10 a 20 cm, possuindo velocidade média de crescimento de 22 cm/dia. É usado no processo de expansão da indústria de laminados colado, utensílios domésticos, móveis, sistemas de migração, etc.

Constitui uma espécie de médio porte, cujos exemplares podem atingir alturas de 10 a 20 m e o diâmetro de seus colmos é cerca de 20 cm. É apropriado para cultivo em diversos tipos de solo, mas se adapta melhor em solos ricos em matéria orgânica. É usual em sistemas agroflorestais e uso em terras degradadas.

A construção civil passa por momentos de transição por ser considerada uma das áreas mais poluidoras. A necessidade da utilização de materiais renováveis, tais como o Bambu, que podem ser utilizados de diversas formas na construção civil, vem surgindo e tem crescido exponencialmente. O material atinge resistência mecânica estrutural entre três a quatro anos, com uma baixa massa específica, alta produtividade, facilidade no transporte, trabalhabilidade e baixo consumo de energia na produção em relação ao aço.

Pesquisas experimentais têm demonstrado uma suficiente aglutinação do bambu com outros materiais, sendo seu possível uso na construção de vigas de concreto, colunas e pilares (de formato poligonal) de concreto reforçado com varas de bambu, laje de concreto reforçado com forma permanente de bambu, a utilização do bambu como reforço, treliça espacial de bambu e conexões entre elementos de bambu, que podem ser utilizadas, facilmente, para treliças planas e espaciais.

Segundo Nogueira (2009), “[o] bambu tem sido apresentado como a madeira do século 21, devido às suas características de grande resistência mecânica, beleza e multiutilidades.” Valendo-se dos resultados das pesquisas mundiais para propor normas para determinação das propriedades físicas e mecânicas dos bambus, em março de 2000 os Estados Unidos permitindo a aplicação do bambu na construção civil. Espera-se uma adaptação para o Brasil, trazendo visibilidade e credibilidade ao material perante o mercado.

O que tem dificultado a utilização do Bambu como material de reforço é a ausência de uma normatização específica e, também, a falta de estudos para desmistificar e dar soluções para os problemas intrínsecos deste material.

A razão de utilizar concreto armado é para aproveitar a capacidade desse material de resistir aos esforços de compressão e de associar-se ao material de reforço aço que resista a tração. O bambu vem sendo estudado e ensaiado para a utilização como reforço em vigas, pilares e lajes por apresentar alta resistência à tração, sendo necessárias algumas adaptações para a perfeita trabalhabilidade do concreto/bambu.

Lima Jr. (2005) cita a utilização do bambu para reforço de parede de terra crua que, por ser tratado de forma correta, apresenta durabilidade superior a 100 anos. Desmistificando, assim, a ideia do bambu ser de fácil degradação

Oliveira e Vito (2012) apresentam soluções para aumentar a aderência bambu ao concreto, o que é visto como a maior dificuldade para o uso. Indica a aplicação

de piche com areia na superfície lisa, colocação de arame farpado sobre o colmo ou taliscas e ranhuras feitas nas cascas da talisca, aumentando a aderência.

Segundo Oliveira e Vito (2012), as melhores espécies para esse fim são *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus giganteus*, que apresentam resistência a trações de, respectivamente, 170 MPa e 135 MPa.

Devido a sua elevada razão resistência/peso, colmos menores e mais finos são usados para a execução de treliças e tesouras de bambu no suporte de telhas cerâmicas e até mesmo telhas de bambu.

Em países da África, Ásia e América Latina, também, é largamente utilizado para a construção de andaimes devido a sua resistência elástica e forma. Isso é o que lhe permite dar suporte na execução de construções, pinturas e reparos em geral.

Uma outra indicação é para a construção de pontes. Em países como a China, são construídas pontes de grande escala, mas no Brasil elas são mais empregadas nas áreas rurais, onde o tamanho e a solicitação da estrutura são menores.

Para pisos o bambu tem sido utilizado como acabamento. Comumente, usam-se tiras de bambu coladas sobre pressão, proporcionando uma peça rija e monolítica, que permite a substituição dos laminados de madeira, tanto em resistência como durabilidade e beleza, ensaios de abrasão mostram que o bambu tem apresentado uma menor perda de massa nos testes que alguns tipos de madeira.

Para pisos industriais, Carlessi (2010), apresenta uma utilização do bambu como reforço para pisos não armados, para aumento da resistência à compressão e a tentativa de evitar a retração dos pisos. O processo já se inicia logo no período do corte e são necessárias a armazenagem e a secagem dos colmos livres de intempérie e do sol. Inicia-se, então, o processo de corte até que se chegue a sessenta e cinco milímetros de comprimento e um milímetro de diâmetro, que se equipara ao tamanho usado para o reforço com aço. A quantidade de fibras de bambu utilizada na massa é definida por volume, esse material é salteado na mistura de concreto e aplicado na área antes preparada.

Pela análise dos corpos de prova tirados desse piso e comparada ao corpo de prova feito com reforço em aço, conclui-se que, utilizando a fibra de bambu, os resultados de resistência à compressão chegam bem próximo aos obtidos com fibra

de aço como mostra a tabela 01. No mesmo sentido, a quantidade de fissuras por metro quadrado entre os pisos é, praticamente, a mesma, mas o piso com fibra de aço teve sua integridade mais preservada no combate à retração. Mostra-se, portanto, que, com os devidos ajustes e atenção à execução dos pisos, o bambu pode ser uma opção para reforço destes.

Tabela 01: Comparação dos resultados dos corpos de prova

Descrição dos corpos de prova	Resistência à compressão aos 14 dias (Mpa)
Sem fibras (S1)	21,60
Sem fibras (S2)	22,50
Com fibras de Aço (A1)	27,70
Com fibras de Aço (A2)	24,50
Com fibras de Bambu (B1)	24,40
Com fibras de Bambu (B2)	28,80

Segundo Nogueira (2009), o bambu possui baixa durabilidade natural, possui variações consideráveis em presença de umidade, baixa aderência a aglomerantes e outros materiais, seções reduzidas, conexidade e variabilidade das propriedades físico-mecânicas dos colmos em função da amostragem. Observa-se, pois, a necessidade de cuidados referentes a sua colheita, cura, secagem, proteção contra xilófagos. É de fundamental importância. Seu tratamento é de fundamental importância para garantir a resistência, o desempenho e a durabilidade do elemento.

Na presença de água, o bambu apresenta modificação em seu volume, o que é prejudicial para sua eficiência. Medidas mitigadoras estão sendo estudadas e aplicadas por pesquisadores. É indicado realizar a colheita no inverno, já que o bambu, nesta estação, acomoda a maior parte de suas reservas nas raízes, e os xilófagos aparecem com menos frequência. Os colmos (caule), após o corte, devem ser secados para que diminua sua umidade, evitando trincas e fissuras, e para que, devido às características hidrostáticas, adquira ganho mecânico e evite a perda de massa por organismos decompositores. Para usufruir do bambu em sua plenitude, é necessária a aplicação de substâncias preservativas e a escolha do método depende da etapa do processo em que está sendo feita e da infra-estrutura disponível. Temos como exemplo, método da transpiração, Boucherie, aplicação externa.

Segundo Murad (2007), um método muito utilizado é o da transpiração, pois não é necessária uma infra-estrutura especializada para sua aplicação. Colocam-se os colmos recém-cortados (tempo decorrido máximo de 24 horas após o corte), verticalmente, num recipiente contendo o preservativo escolhido, que é, assim, absorvido pela água transpirada pelas folhas. O tempo de tratamento varia de 2 a 4 dias, dependendo das condições atmosféricas. As peças devem ser empilhadas à sombra, permanecendo, no mínimo, 40 dias ao abrigo da chuva para que aconteça a secagem.

O método de Boucherie é aplicável Colmos recém-cortados pela necessidade de a seiva, ainda, estar em movimento. Consiste em se retirar a seiva com auxílio da pressão atmosférica ou de algum dispositivo pneumático e injetar a substância preservativa. Geralmente são necessárias 2 horas para a completa aplicação.

O tratamento por imersão, segundo Murad (2007), consiste em submergir os colmos secos desprovidos de galhos e folhas num reservatório contendo o preservativo, que pode ser do tipo de soluções oleosas ou hidrossolúveis, frias ou quentes, de pentaclorofenol a 5%, de creosoto ou creosoto alquitranado.

Lopes *et al* (2002) apresenta como alternativa aplicar preservativos químicos nos bambus. Produtos como creosoto e pentaclorofenol são empregados nos bambus que vão permanecer em contato com a água e o solo, ao passo que o cromato de zinco e o de cobre são utilizados nos bambus que vão permanecer livres das intempéries. Uma outra alternativa é aplicar os defensivos naturais, como o nim, o tanino, tabaco e outros, não sendo possível, entretanto, comprovar a eficiência do uso de defensivos naturais no tratamento das varas de bambu para a construção civil.

## 2. Metodologia

Para o estudo prospectivo da viabilidade técnica do bambu, foram utilizadas as amostras de *Bambusa tuldoides*, *Bambusa vulgaris vittata*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys pubescens* maduras, para realização do ensaio de resistência à tração, utilizando a prensa digital EMIC. As amostras (**Figura 02**) foram padronizadas com comprimento de 300 mm, devidamente, catalogadas. Foram escolhidos trechos com nós para analisar o trecho crítico. As amostras foram

deixadas na estufa por 24 horas conforme mostra a Figura 03. Em seguida, foram iniciados os ensaios (**Figura 04**) até obter a ruptura pela tensão máxima como mostra na Figura 5.



Figura 02: Amostras (SILVA, 2017) Figura 03: Estufa (SILVA, 2017)



Figura 04: Ensaio (SILVA, 2017) Figura 05: Ruptura (SILVA, 2017)

### 3. Resultados e Discussões

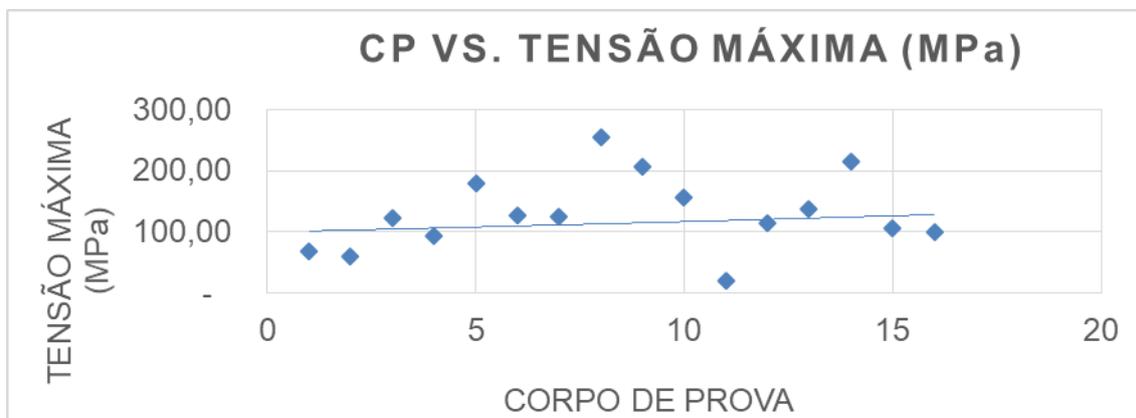
Por meio dos ensaios, obteve-se as tabelas 1, 2, 3 e 4 que trazem o resumo dos ensaios a tração. O desvio padrão, que indica o grau de variação de um conjunto de elementos, apontou que as amostras tinham uma distribuição heterogênea. Para uma melhor análise, foram montados gráficos de dispersões para ser possível expurgar dados e trabalhar com amostras mais homogêneas e, desta forma, mais confiáveis:

Tabela 02: Ensaio de tração na Espécie *Bambusa tuldoide*

Resumo dos Ensaios de Tração na Espécie <i>Bambusa tuldoide</i>								
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (MPa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (MPa)
CP1	300	33,75	164,43	2.313,09	47,78	68,54	130,27	59,26
CP2	300	32,64	193,80	1.931,04	58,23	59,16		
CP3	300	37,49	0,71	4.605,33	0,19	122,84		
CP4	300	22,04	209,08	2.056,08	93,03	93,29		
CP5	300	28,01	485,13	4.994,32	169,85	178,30		
CP6	300	32,06	-	4.070,48	-	126,96		
CP7	300	43,68	-	5.459,72	-	124,99		
CP8	300	40,96	1.038,65	10.460,98	248,67	255,40		
CP9	300	34,66	689,38	7.196,27	195,05	207,62		
CP10	300	25,06	386,29	3.938,50	151,17	157,16		
CP11	300	22,47	34,73	451,50	15,16	20,09		
CP12	300	9,92	112,29	1.125,29	111,01	113,44		
CP13	300	24,10	323,96	3.320,29	131,82	137,77		
CP14	300	20,75	-	4.452,52	-	214,58		
CP15	300	26,94	285,34	2.834,05	103,87	105,20		
CP16	300	26,73	263,48	2.646,50	96,67	99,01		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Gráfico 01: Dispersão da espécie *Bambusa tuldoide*



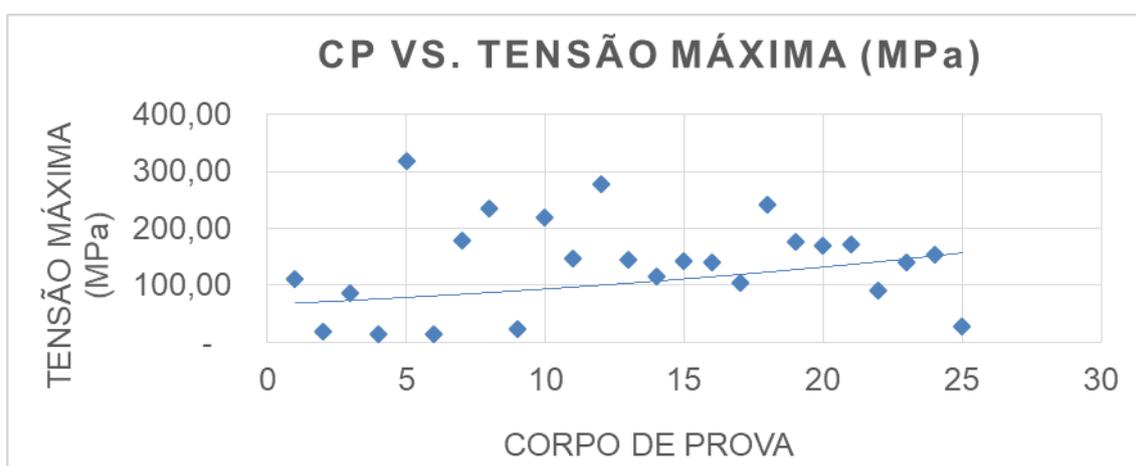
Fonte: arquivo dos autores, 2017

Tabela 03: Ensaio de tração na espécie *Dendrocalamus giganteus*

Resumo dos Ensaios de Tração na Espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i>								
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (MPa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (MPa)
CP1	300	38,88	385,71	4.278,86	97,29	110,05	138,58	80,44
CP2	300	30,68	-	576,53	-	18,79		
CP3	300	9,80	61,90	847,44	61,94	86,47		
CP4	300	36,27	35,07	514,02	9,48	14,17		
CP5	300	21,76	626,32	6.904,53	282,27	317,30		
CP6	300	36,68	34,44	486,23	9,21	13,26		
CP7	300	42,84	661,65	7.668,61	151,46	179,01		
CP8	300	22,99	472,73	5.404,15	201,65	235,07		
CP9	300	41,21	-	965,52	-	23,43		
CP10	300	36,00	679,18	7.897,83	185,01	219,38		
CP11	300	39,76	486,65	5.876,49	120,03	147,80		
CP12	300	34,92	898,02	9.710,79	252,19	278,09		
CP13	300	31,13	427,65	4.515,03	134,72	145,04		
CP14	300	23,21	258,40	2.702,07	109,18	116,42		
CP15	300	21,48	287,65	3.070,22	131,33	142,93		
CP16	300	31,68	424,01	4.459,56	131,25	140,77		
CP17	300	36,00	-	3.771,69	-	104,77		
CP18	300	24,50	558,57	5.925,11	223,58	241,84		
CP19	300	36,79	615,14	6.494,70	163,97	176,53		
CP20	300	27,28	447,50	4.633,12	160,87	169,84		
CP21	300	30,80	516,64	5.265,22	164,50	170,95		
CP22	300	40,08	2,12	3.660,65	0,52	91,33		
CP23	300	34,10	-	4.785,93	-	140,35		
CP24	300	32,89	-	5.022,11	-	152,69		
CP25	300	31,36	83,87	882,17	26,23	28,13		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Gráfico 02: Dispersão da espécie *Dendrocalamus Giganteus*



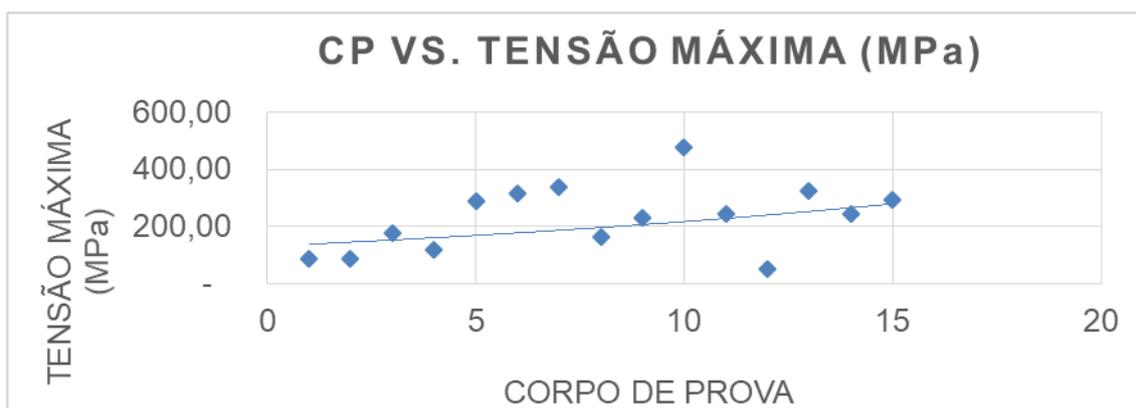
Fonte: arquivo dos autores, 2017

Tabela 04: Ensaio de tração na espécie *Bambusa vulgaris vittata*

Resumo dos Ensaio de Tração na Espécie <i>Bambusa vulgaris vittata</i>									
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	ESPESSURA (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (MPa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (MPa)
CP1	300	4,00	61,61	141,58	5.293,01	22,54	85,91	228,77	113,14
CP2	300	2,00	30,08	65,87	2.604,83	21,47	86,60		
CP3	300	4,00	49,00	818,91	8.543,83	163,89	174,36		
CP4	300	4,00	62,68	692,10	7.425,49	108,28	118,47		
CP5	300	2,00	28,56	220,11	8.259,04	75,58	289,18		
CP6	300	2,00	24,02	749,77	7.585,25	306,11	315,79		
CP7	300	2,00	30,86	403,36	10.377,63	128,18	336,28		
CP8	300	3,00	46,68	750,19	7.619,99	157,60	163,24		
CP9	300	2,00	34,40	743,23	7.981,19	211,88	232,01		
CP10	300	1,00	14,70	686,02	7.036,50	457,66	478,67		
CP11	300	2,00	20,14	487,40	4.869,29	237,33	241,77		
CP12	300	2,00	26,02	90,66	1.243,37	34,17	47,79		
CP13	300	2,00	20,64	573,37	6.730,87	272,42	326,11		
CP14	300	3,00	22,71	546,82	5.501,39	236,13	242,25		
CP15	300	2,00	27,14	199,42	7.953,40	72,06	293,05		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Gráfico 03: Dispersão da espécie *Bambusa vulgaris vittata*



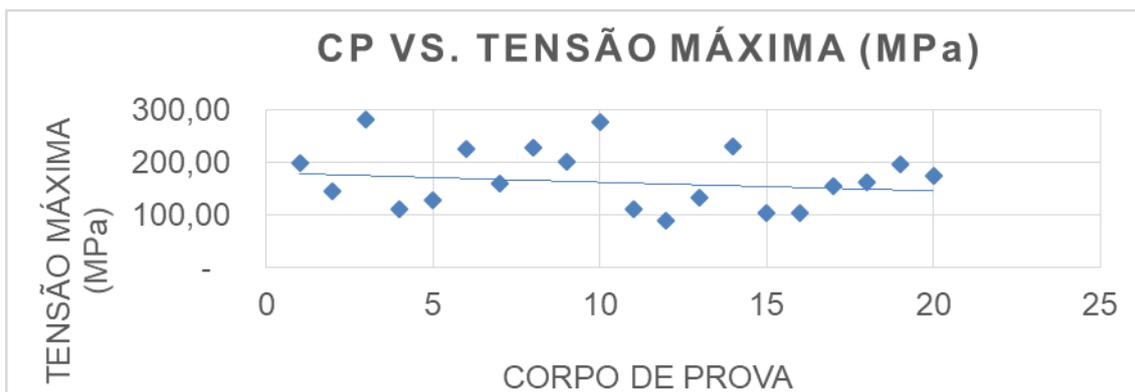
Fonte: arquivo dos autores, 2017

Tabela 05: Ensaio de tração na espécie *Phyllostachys Pubescens*

Resumo dos Ensaios de Tração na Espécie <i>Phyllostachys pubescens</i>									
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	ESPESSURA (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (Mpa)	TENSÃO MÁXIMA (Mpa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (Mpa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (Mpa)
CP1	300	2,00	23,28	159,89	4.633,12	67,35	199,02	170,37	56,37
CP2	300	3,00	42,06	127,76	6.050,14	29,79	143,85		
CP3	300	3,00	25,35	199,69	7.161,54	77,25	282,51		
CP4	300	4,00	49,00	118,97	5.404,15	23,81	110,29		
CP5	300	3,00	47,64	133,87	6.081,82	27,56	127,66		
CP6	300	3,00	50,82	287,81	11.426,51	55,54	224,84		
CP7	300	4,00	60,92	237,29	9.773,81	38,20	160,44		
CP8	300	3,00	39,87	228,75	9.057,85	56,26	227,18		
CP9	300	3,00	42,06	194,89	8.474,37	45,44	201,48		
CP10	300	2,00	15,95	128,24	4.410,84	78,85	276,54		
CP11	300	3,00	33,90	127,40	3.730,11	36,85	110,03		
CP12	300	3,00	21,96	183,10	1.931,04	81,77	87,93		
CP13	300	2,00	18,50	223,47	2.458,96	118,46	132,92		
CP14	300	3,00	27,90	184,73	6.425,24	64,93	230,30		
CP15	300	2,00	23,90	235,70	2.458,96	96,71	102,89		
CP16	300	2,00	23,90	235,70	2.458,96	96,71	102,89		
CP17	300	3,00	32,97	127,90	5.140,19	38,04	155,91		
CP18	300	3,00	28,95	434,26	4.660,90	147,10	161,00		
CP19	300	3,00	27,90	157,04	5.459,72	55,20	195,69		
CP20	300	3,00	33,93	554,58	5.904,27	160,29	174,01		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Gráfico 04: Dispersão da espécie *Phyllostachys Pubescens*



Fonte: Arquivo dos autores, 2017

Para a espécie *Bambusa tuldoide* (tabela 05), foram retirados os corpos de prova 1,2,4,8,11, 14 e 16, que apresentavam valores fora da reta central da dispersão. Para essa espécie, obteve-se uma tensão máxima média de 79,64 MPa.

Da espécie *Dendrocalamus giganteus*, foram retirados os corpos de prova 2,3,4,5,8,9,12,18,22 e 25, tendo apresentado, ao final, tensão máxima de 84,66 MPa.

Quanto à espécie *Bambusa vulgaris vittata*, expurgou-se os corpos de prova 1,2,3,4,6,7,8,10,12 e 13 e a tensão máxima apresentada foi de 86,55 MPa

A espécie *Phyllostachys pubescens*, por fim, apresentou tensão máxima de 103,69 Mpa, e da amostra foram retirados os corpos de prova 3,4,5,10,11,12,13,15 e 16.

Tabela 06: Tabela manipulada de Resumo dos Ensaio de tração na Espécie Bambusa Tuldoide

Resumo dos Ensaios de Tração na Espécie Bambusa tuldoide								
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (Mpa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (Mpa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (Mpa)
CP3	300	37,49	0,71	4.605,33	0,19	122,84	79,64	31,49
CP5	300	28,01	485,13	4.994,32	169,85	178,30		
CP6	300	32,06	-	4.070,48	-	126,96		
CP7	300	43,68	-	5.459,72	-	124,99		
CP9	300	34,66	689,38	7.196,27	195,05	207,62		
CP10	300	25,06	386,29	3.938,50	151,17	157,16		
CP12	300	9,92	112,29	1.125,29	111,01	113,44		
CP13	300	24,10	323,96	3.320,29	131,82	137,77		
CP15	300	26,94	285,34	2.834,05	103,87	105,20		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Tabela 7: Tabela manipulada de resumo dos ensaios de tração na espécie *Dendrocalamus giganteus*

Resumo dos Ensaios de Tração na Espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i>								
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (MPa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (MPa)
CP1	300,00	38,88	385,71	4278,86	97,29	110,05	84,66	29,53
CP7	300,00	42,84	661,65	7668,61	151,46	179,01		
CP10	300,00	36,00	679,18	7897,83	185,01	219,38		
CP11	300,00	39,76	486,65	5876,49	120,03	147,80		
CP13	300,00	31,13	427,65	4515,03	134,72	145,04		
CP14	300,00	23,21	258,40	2702,07	109,18	116,42		
CP15	300,00	21,48	287,65	3070,22	131,33	142,93		
CP16	300,00	31,68	424,01	4459,56	131,25	140,77		
CP17	300,00	36,00	0,00	3771,69	0,00	104,77		
CP19	300,00	36,79	615,14	6494,70	163,97	176,53		
CP20	300,00	27,28	447,50	4633,12	160,87	169,84		
CP21	300,00	30,80	516,64	5265,22	164,50	170,95		
CP23	300,00	34,10	0,00	4785,93	0,00	140,35		
CP24	300,00	32,89	0,00	5022,11	0,00	152,69		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Tabela 08: Tabela manipulada do resultado dos Ensaios de tração na espécie *Bambusa vulgaris vittata*

Resumo dos Ensaios de Tração na Espécie <i>Bambusa vulgaris vittata</i>									
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	ESPESSURA (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (MPa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (MPa)
								86,55	25,98
CP5	300	2,00	28,56	220,11	8.259,04	75,58	289,18		
CP9	300	2,00	34,40	743,23	7.981,19	211,88	232,01		
CP11	300	2,00	20,14	487,40	4.869,29	237,33	241,77		
CP14	300	3,00	22,71	546,82	5.501,39	236,13	242,25		
CP15	300	2,00	27,14	199,42	7.953,40	72,06	293,05		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

Tabela 09: Tabela manipulada dos resultados dos ensaios de tração na espécie *Phyllostachys pubescens*

Resumo dos Ensaios de Tração na Especie <i>Phyllostachys pubescens</i>									
CORPO DE PROVA	COMPRIMENTO (mm)	ESPESSURA (mm)	SEÇÃO (mm <sup>2</sup> )	FORÇA NO ESCOAMENTO (kgf)	FORÇA MÁXIMA (N)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (Mpa)	TENSÃO MÁXIMA (Mpa)	TENSÃO MÁXIMA MÉDIA (Mpa)	DESVIO PADRÃO TENSÃO MÁXIMA (Mpa)
CP1	300	2,00	23,28	159,89	4633,12	67,35	199,02	103,69	29,70
CP2	300	3,00	42,06	127,76	6050,14	29,79	143,85		
CP6	300	3,00	50,82	287,81	11426,51	55,54	224,84		
CP7	300	4,00	60,92	237,29	9773,81	38,20	160,44		
CP8	300	3,00	39,87	228,75	9057,85	56,26	227,18		
CP9	300	3,00	42,06	194,89	8474,37	45,44	201,48		
CP14	300	3,00	27,90	184,73	6425,24	64,93	230,30		
CP17	300	3,00	32,97	127,90	5140,19	38,04	155,91		
CP18	300	3,00	28,95	434,26	4660,90	147,10	161,00		
CP19	300	3,00	27,90	157,04	5459,72	55,20	195,69		
CP20	300	3,00	33,93	554,58	5904,27	160,29	174,01		

Fonte: SILVA, 2017 (adaptado pelos autores).

#### 4. Conclusão

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que: a substituição de materiais não renováveis por bambu ainda não é viável, conforme apresentado no empenho das amostras; o bambu apresenta resistência à tração considerável, mas ainda não apta a substituição, por apresentar tensão muito inferior ao aço e não ter homogeneidade no resultado das amostras. É necessário aprimorar as técnicas preventivas para sua melhor performance e a execução de ensaio com uma outra campanha. Além disso, para a troca de material ser possível, uma adaptação a NBR 6118 deverá ser feita. Para que essa revisão seja feita, muitas pesquisas devem ser realizadas ainda.

## Referências

BARROS, Bruna Rosa de; SOUZA, Flávio Antônio Miranda de. **Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental**. 2004. 12p. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável – Universidade Federal de Alagoas. São Paulo, 2004.

CARLESSI, Andrei Scussel. **Avaliação da substituição de fibra de aço por fibra de bambu em piso de concreto não armado**. 2010. 67p Trabalho de conclusão de Curso (apresentado ao curso de Engenharia civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina 2010.

LIMA JUNIOR, H C; MESQUITA, L P; FABRO, G; WILLRICH, F L; CZARNIESKI, C J **Vigas de Concreto Reforçado com Bambu Dendrocalamus Giganteus I: análise experimental**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental. Campina Grande, v 9, n 4 out./dez. 2005.

LIMA JUNIOR, H C; WILLRICH, F L; FABRO, G **Vigas de Concreto Reforçado com Bambu Dendrocalamus Giganteus II: modelagem e critérios de dimensionamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental. Campina Grande, v 9, n 4 out./dez. 2005.

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**. 2002. 504-510. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3. Campina Grande, PB, 2002.

MURAD, José Roberto de Lima. **As Propriedades físicas, mecânicas e meso-estrutural do bambu Guadua weberbaueri do Acre**. 2007. 124p. Trabalho de conclusão de Curso (Dissertação apresentado ao mestrado em Engenharia Civil) – Centro técnico Científico da PUC- Rio. Rio de Janeiro 2007.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA, Technology, Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC). Government of India, 2004.

NOGUEIRA, Fernanda de Melo. **Bambucon, bambu reforçado com microconcreto armado**. 2009. 40p. Trabalho de Conclusão de curso (Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

OLIVEIRA, Claiton Sommariva de; VITO, Márcio. **Substituição total do aço, usando bambu como armadura de combate a flexão em vigas de concreto**. 2012.12p Trabalho de conclusão de Curso (Artigo apresentado ao curso de Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina 2012.

OLIVEIRA, Luiz Fernando A. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013. 90p. Monografia (Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

PEIXOTO, Luciana Kaviski. **Sistema construtivo em bambu laminado colado: Proposição e ensaio do desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo Warren**. 2008. 205p Trabalho de conclusão de Curso (Dissertação apresentada ao Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília 2008.

SILVA, Marcilene Bernardo; SANTOS, Renata Fabiana Santana de Souza. **TIRANTE DE BAMBU: uma alternativa ambiental.** 2016-2017. 77 f. Dissertação (Pós Graduação PROPPg em Geotecnia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **Os diversos usos do bambu na construção civil.** 2014. 103p Trabalho de conclusão de Curso (apresentado ao curso de Engenharia civil) – Universidade tecnológica federal do Paraná. Campo Mourão 2014.

SPOLIDORO, Pedro V. **Características dendrométricas e propriedades físicas dos colmos de Bambusa vulgaris e Bambusa tuldoides.** 2008. 68p. Monografia (Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.