



BAMBU: O DISCURSO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

Gustavo de Sousa^a, Bárbara Jordani^{a*}, Rossana Piccoli^a

a) FSG Centro Universitário

Informações de Submissão

*Autor correspondente (Orientador)
Bárbara Jordani, endereço: Rua Os Dezoito do
Forte, 2366 - Caxias do Sul - RS - CEP:
95020-472.

Palavras-chave:

Bambu. Sustentabilidade. Estrutura.
Construções. Propriedades..

Resumo

No presente momento, a construção civil utiliza muitos materiais que são agressivos ao meio ambiente. Portanto, vive-se em uma busca constante para se encontrar novas soluções construtivas que possam trazer sustentabilidade sem perder a sua função primordial. O bambu surge como uma tendência que se originou no oriente, que pode contribuir para a diminuição das emissões de carbono, além de apresentar ótimos condicionantes quanto as suas características gerais, ressaltando as suas prospectas propriedades físicas e mecânicas. Eventualmente, pode-se encontrar alguns autores o chamando de “o aço da natureza”, pois algumas espécies detêm-se de valores muito apreciativos em relação à tração, compressão e flexão. No entanto, apesar das possibilidades as quais se pode ter com este material, ainda se tem muito preconceito no que diz respeito à sua utilização. Um ponto positivo no qual concerne a este arbóreo é a possibilidade de adaptação em diversificados solos, além de apresentar taxas de crescimento muito elevadas. O respectivo trabalho busca em referenciais teóricos as características do bambu, suas propriedades físicas e mecânicas, e a sua utilização em projetos reais no Brasil e pelo mundo. Também se realizou uma pesquisa qualitativa com uma empresa nacional, com o objetivo de reafirmar e simplificar, ou não, a possibilidade da valorização do bambu pela construção civil no país. Com base na pesquisa desenvolvida, entende-se que este material pode trazer benesses sustentáveis para o ramo da construção civil.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a sustentabilidade vem oportunizando para todas as áreas do conhecimento novos desafios para reaver formas de minimizar os impactos ambientais. Por conseguinte, o setor da construção civil não seria diferente, já que este é responsável por 54% das emissões de carbono no mundo. Também, recorrentemente o setor gera

muitos resíduos que trazem sérios problemas ambientais em todas as partes do mundo. (WEI; JORDANI, 2018)

À vista disto, Sellers & Nawari (2016) mencionam que torna-se imprescindível buscar novas formas de abreviar os impactos negativos que o setor construtivo traz para o meio ambiente e pela utilização de alguns materiais como o aço e o concreto. Uma das formas é a procura por novas tecnologias e materiais alternativos sustentáveis, sendo um deles o bambu. Já que atualmente, a produção de concreto no mundo corresponde em 5 % a taxa de emissão de CO_2 total. Sendo esse composto por várias combinações mineralógicas – carbonato de cálcio, sílica, alumínio e minério de ferro –, onde todo esse material passa por um forno em torno de 1480 °C, transformando-os em clínquer – composto do cimento que é utilizado no concreto –, por conseguinte para cada 1 kg de clínquer produzido é emitido aproximadamente 0,55 kg de CO_2 na atmosfera. Já para a produção do aço, não há diretamente a emissão de CO_2 para sua produção, no entanto este necessita de um alto índice de eletricidade, normalmente com fontes de gás e carvão. No Brasil o setor da indústria de aço e ferro-gusa corresponde em cerca de 6,7 % do consumo final de energia elétrica em relação a todos os setores da economia (EPE, 2018).

Consequentemente, o bambu pode vir a ocupar um espaço de destaque para se ter construções ecológicas. Jara (1998) relata que o mesmo promove o desenvolvimento sustentável que tem presunções diretas na economia, na sociedade e na cultura, com o princípio que o ser humano deva gastar os recursos naturais de acordo com a sua capacidade de regeneração evitando seu esgotamento.

As principais utilizações do bambu atualmente, no Brasil são no meio rural. Sendo o seu emprego em: demarcação de curvas de níveis, cercas, forros, proteção de terrenos, controle de erosão, carvão, drenagem de água entre outros. No meio urbano é muito utilizado para o paisagismo ou em pequenas fabricações de móveis. (GHAVAMI; BARBOSA, 2010) Em outros lugares como na China, Japão, Colômbia etc., este material é muito valorizado sendo empregado muitas vezes como componente estrutural e arquitetônico. Sabe-se ainda, que em relação ao seu uso, já proporcionou grandes feitos ao longo da história, como a cúpula do *Taj Mahal* que foi executada em bambu, a estrutura do avião utilizada por Alberto Santos Dumont (1873-1932), que sobrevoou Paris em seu avião 14-Bis, também foi concebido de uma estrutura de bambu com juntas de alumínio, e por fim, Thomas Alves Edison (1847-1931) em suas primeiras bobinas utilizou filamentos carbonizados de bambu. (RIBAS, 2007)

O presente estudo busca investigar as características gerais, benefícios e propriedades físicas e mecânicas do bambu. Oportunizando situar projetos construtivos reais no Brasil e pelo mundo, e também visa integrar uma pesquisa qualitativa referente a uma empresa nacional que tem como premissa a utilização deste material sustentável, reafirmando ou não as benesses em seu uso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente, é estimado uma população em cerca de 7,3 bilhões de pessoas, as quais 50 % vive em grandes cidades. Logo, pesquisas descrevem que em 2050 é esperado uma população de 9,7 bilhões de pessoas, sendo 80 % dessas vivendo em áreas urbanas. Assim, a falta de moradia no mundo traz e trará sérios problemas sociais os quais podem e poderão ser evitados com o emprego de construções ecologicamente corretas (SELLERS & NAWARI, 2016). Um dos materiais alternativos que apresenta um enorme potencial para o seu uso, é o bambu.

2.1 Características Gerais

Os bambus são classificados como *Bambusoideae*, fazendo parte da espécie vegetal da família das gramíneas arborescentes gigantes, na qual resume-se em uma série de discussões sobre o número de gêneros e de espécies conhecidas, onde seria previsto em torno 1000 espécies de 75 gêneros. Praticamente, grande parte dos gêneros encontrados no Brasil foram trazido por colonizadores portugueses e também por imigrantes asiáticos. Sendo algumas espécies nativas denominadas tabocas, as quais crescem em condições especiais de capoeira, apresentando pequenos diâmetros, dispendo de espinhos (AZZINI *et. al.*, 2003).

Ainda se tem muito preconceito com este tipo de material, muitas vezes sendo denominada “madeira de pobre” ou “*The poor man timber*” (PAUDEL, 2008). No entanto, Guimarães (2016) ressalta que ele protege o solo, retira carbono da atmosfera rapidamente, e pode ser utilizado na construção civil, contribuindo para evitar o corte de florestas nativas tropicais.

O bambu também é um material renovável, de baixo custo sendo encontrado em diversas regiões tropicais e subtropicais. Ainda no estudo de Guimarães (2016), o autor menciona que muitas espécies são suscetíveis a problemas em relação ao ataque de fungos

e insetos, sendo que para aumentar sua durabilidade deve-se fazer alguns procedimentos culturais – naturais –, ou por produtos químicos. Além disso, apresenta um rápido crescimento e alta taxa de produtividade, ao contrário de outras espécies arbóreas usadas na construção civil, podendo ainda ser cultivado em solos erodidos (DAMACENA *et. al*, 2017). A Figura 1 demonstra algumas espécies de bambus existentes ao redor do mundo.



Figura 1: Algumas espécies de bambus – da esquerda para direita na primeira fileira: *Bambusa SP.*, *Bambusa Textilis Var. Gracilis*, *Bambusa Vulgaris*, *Bambusa Vulgaris Vittata*, *Bambusa Tulda*, *Bambusa Tuldoises*, *Phyllostachys Aurea*; – da esquerda para direita na segunda fileira: *Dendrocalamus SP.*, *Dendrocalamus Giganteus*, *Gradua Angustifolia*, *Phyllostachys Bambusoides*, *Phyllostachys Edulis Heterocycla*, *Phyllostachys Nigra*, *Phyllostachys Purpurata*.

Fonte: MITRE (2018)

Sua produtividade média é muito variada, pois dependem da região geográfica e da espécie, sendo aproximadamente entre 20 e 30 t/ha. É importante destacar que com uma gestão eficiente do cultivo de florestas de bambus (desbaste, corte seletivo, tratamentos culturais) aumentaria o seu rendimento e permitiria que a qualidade dos colmos crescesse (AZZINI *et. al*, 2003). Alguns países, como a China, que desenvolveram a cultura do bambu milenarmente, detêm-se de um máximo aproveitamento do material em suas indústrias, conforme ilustrado na Figura 2.

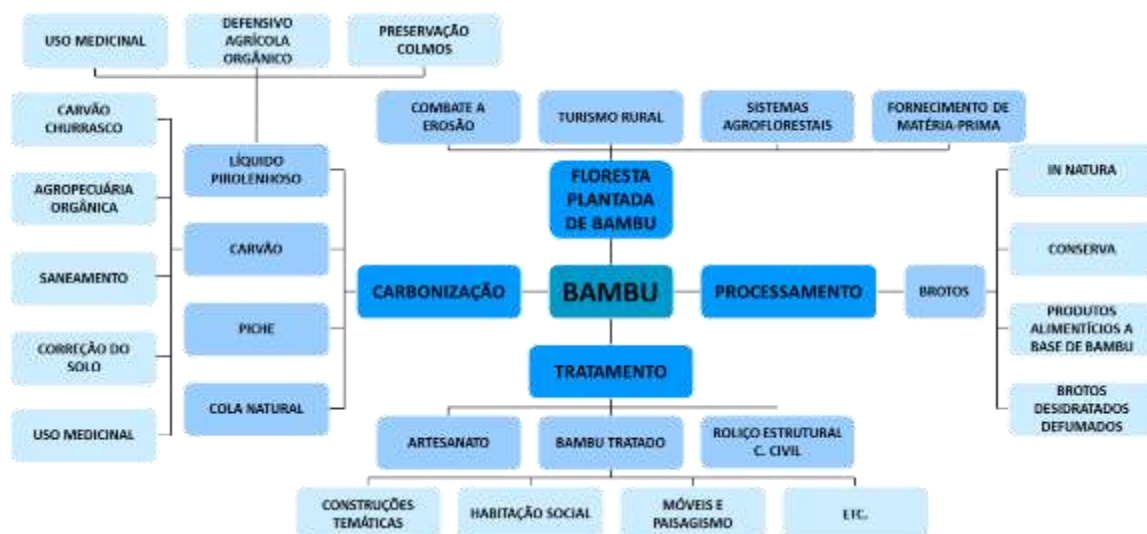


Figura 2: Esquema em relação ao uso industrial com aproveitamento máximo do bambu.

Fonte: adaptado de NETO (2018)

Ainda assim, vale ressaltar que em relação as suas desvantagens podem-se citar: grandes cuidados com tratamentos para preservação dos colmos, inflamabilidade, baixa resistência a esforços cortantes e poucos dados em relação a durabilidade das obras entre outros (WEI, 2017).

Também, os bambus de acordo com Barros; Souza (2004) são as plantas que apresentam o maior crescimento na Terra, sendo o recorde de crescimento diário de 121 cm em 24h, para o bambu *Phyllostachys bambusoides*. Já no Brasil, o crescimento do *Dendrocalamus giganteus*, de 14 cm de diâmetro cresceu em 24h, em torno de 39 cm, na PUC – RJ. Logo, podem apresentar uma velocidade média de crescimento dos colmos entre 8 a 10 cm/dia. Após o período de crescimento, começa a amadurecer levando em torno de três a seis anos, até atingir o máximo de sua resistência (AZZINI *et. al*, 2003).

Em relação a sua constituição, basicamente, são formados de um rizoma subterrâneo e de um colmo lenhoso, oco, com feixes de fibras, vasos e células de parênquima dispostos longitudinalmente. Sendo que se pode considerá-lo um composto natural. Assim, o conjunto fibra-vasos são responsáveis pela resistência mecânica, e a matriz, que é constituída por células de parênquima, fornece flexibilidade a todo o conjunto (MARINHO, 2012). A Figura 3 apresenta a seção longitudinal de um colmo de bambu e os seus rizomas.

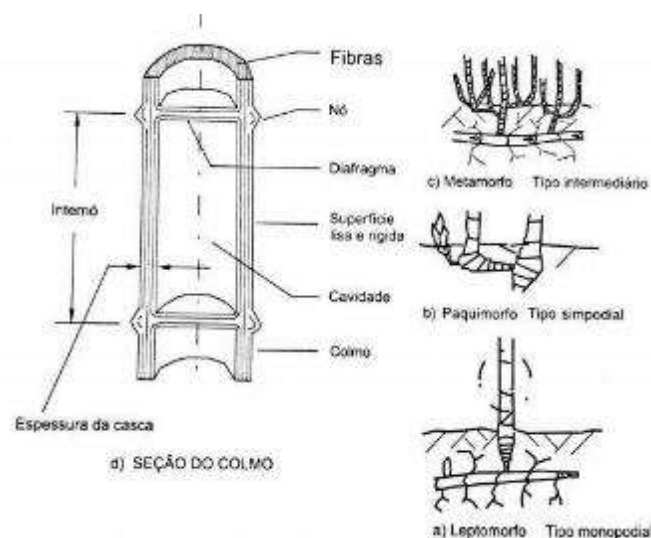


Figura 3: Seção longitudinal de um colmo de bambu e os seus rizomas.
Fonte: AZZINI *et. al*. (2003)

Sua principal forma de propagação é assexuada, através da ramificação dos seus caules subterrâneos. Sendo classificados em: *leptomorfo*, *paquiformo* e *metaformo*. O *leptomorfo* apresenta diâmetro menor que o do colmo correspondente, sendo sua forma

cilíndrica ou semicilíndrica, com seções interrompidas em seus nós, por um diafragma, formando um único colmo. O *paquimorfo* são de clima tropical, sendo curtos e grossos, de forma curva, com uma espessura normalmente maior que a do colmo. E o *metamorfo* não apresenta características nem do tipo *leptomorfo* nem do tipo *paquimorfo*, sua transformação é diferente dos demais. (OLIVEIRA, 2013)

2.2 Propriedades físicas e mecânicas

O bambu segundo estudos de Pereira (2012) apresenta um teor de umidade recém-cortado de 40 a 150 %, dependendo da época do ano em que foi efetuado o corte. Após é necessário um período de um a quatro meses de secagens ao ar, para o colmo atingir uma umidade relativa em cerca de 10 a 15 %. Sendo importante a redução da umidade, para reduzir a massa do colmo, melhorando também as suas propriedades mecânicas. Já em relação a sua massa específica aparente fica em torno de 500 a 800 kg/m³, dependendo da amostragem, umidade e da idade do colmo.

Quando se observa à energia de produção do bambu, nota-se um valor de aproximadamente 30 MJ/m²/MPa, enquanto que para a madeira fica em torno de 80 MJ/m²/MPa, para o concreto 240 MJ/m²/MPa, e para o Aço 1.500 MJ/m²/MPa. Fazendo uma análise superficial, percebe-se que o consumo de energia é de 50 vezes menor do bambu do que do aço. (GHAVAMI; TOLEDO FILHO, 1992 *apud*. MITRE, 2018)

Em relação as suas propriedades mecânicas, o bambu, entre outros materiais vegetais, o que lhe diferencia é a sua capacidade de resistência mecânica estrutural, passando-se apenas dois anos e meio após brotar do solo, salienta Pereira (2012). Assim, sua geometria transversal circular oca com uma baixa massa específica, trazem características favoráveis para serem utilizadas na construção civil. Desta maneira, Neto (2018) menciona que seu uso implica em um baixo custo de produção e facilidade de transporte, revertendo em uma diminuição dos custos em uma construção.

Eventualmente, o que influencia diretamente nas suas propriedades físicas e mecânicas são: a espécie, o tipo de solo, as condições climáticas, a época de colheita, a idade, o teor de umidade das amostras entre outras (BARROS; SOUZA, 2004). Alguns estudos evidenciam que a mesma espécie de bambu pode sofrer variações altas na sua resistência, sendo uma vantagem a sua utilização quando consideradas cargas dinâmicas nos cálculos estruturais, como em terremotos. Uma das dificuldades de se efetuar o ensaio no bambu para caracterizar os seus parâmetros é devido a sua geometria, que nem sempre

permite adotar as normas utilizadas em ensaio de madeira. Sendo importante uma normalização para se obter resultados mais consistentes (AZZINI *et. al*, 2003).

Contudo, já existe algumas formas para padronizar os valores de resistência mecânica dos bambus, as quais foram estudadas por alguns pesquisadores ao longo dos anos, conforme a figura 4 que apresenta uma esquematização desses.

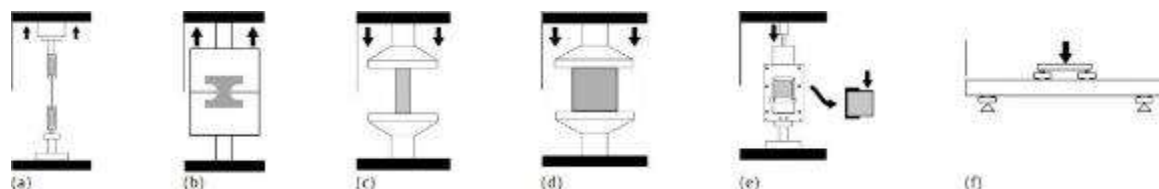


Figura 4: Métodos para ensaios de resistência mecânica dos bambus. Onde: (a) Tensão paralela as fibras; (b) Tensão perpendicular as fibras; (c) Compressão paralela as fibras; (d) Compressão perpendicular as fibras; (e) Corte paralela as fibras; (f) Flexão em quatro pontos em lâminas de bambu.

Fonte: SHARMA *et. al*. (2015)

Atualmente, não existe normas técnicas para a aplicação do bambu em construções no Brasil. Todavia, pode-se utilizar as normas ISO que viabilizam as construções com esse material sustentável em toda a América. Sendo elas: *ISO 22156: bamboo – structural design*; *ISO 22157: bamboo – determination of physical and mechanical properties*; *ISO/DIS 19624 – bamboo structures – granding of bamboo culms, basic principles and procedures*; *ISO/DIS 19624 – bamboo structures – determination of physical and mechanical properties of bamboo culms, test methods*; *ISO/TC 296 – bamboo and rattan*. (MITRE, 2018)

Em suma, a resistência do bambu em relação a compressão e à tração aumenta durante os primeiros seis anos, em vista que em oito anos aumenta a resistência a flexão. Sendo que é importante relacionar as suas propriedades com sua anatomia. (NOGUEIRA, 2009, *apud*. WEI, 2017)

Salienta-se que em relação a resistência à compressão paralela às fibras do bambu, em certas espécies, podem atingir uma carga de 20 a 40 t, podendo ultrapassar algumas máquinas de ensaio. Sendo que a presença de nós influencia na resistência à compressão de corpo-de-prova cilíndrico e ajuda a estruturar os colmos. Usualmente as camadas externas se deformam menos que as internas, devido a distribuição anatômica dos componentes dos bambus. Os valores que podem ser encontrados em ensaios de compressão foram na faixa de 20 a 120 MPa, e o módulo de elasticidade entre 2,6 e 20 GPa. (GHAVAMI; BARBOSA, 2010)

Ocasionalmente, para o ensaio de resistência à tração paralela foram encontrados resultados superiores aos de compressão em até 2,5 a 3,5 vezes. Ela pode chegar a 370 MPa para algumas espécies, mas normalmente, situa-se entre 40 e 215 MPa, e seu módulo de elasticidade entre 5,5 e 18 GPa. (AZZINI *et. al.*, 2003) Alguns outros autores encontraram valores entre 49 e 153 MPa em seus estudos para algumas espécies de bambus (SHARMA *et. al.*, 2015). A Tabela 1 apresenta uma comparação entre alguns tipos de metais e o bambu quanto a razão entre a tensão de tração e o peso específico. Desta maneira, nota-se que o bambu tem uma razão de 2,34 vezes maior que o aço, em relação a resistência à tração pelo peso específico.

Tabela 1: Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais

Tipo de Material	Resistência à Tração σ_t (N/mm ²)	Peso Específico γ (N/mm ³ x 10 ⁻²)	$R = \left(\frac{\sigma_t}{\gamma}\right) 10^{-2}$	$R/R_{aço}$
Aço (CA 50)	500	7,83	0,64	1,00
Bambu	120	0,80	1,5	2,34
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro Fundido	280	7,70	0,39	0,61

Fonte: BERALDO (2016) *apud.* WEI (2017)

Em ensaios de flexão observa-se valores entre 57 a 133 MPa, novamente, dependendo da espécie de bambu a qual foi submetida o teste, conforme a tabela 2 onde demonstra a resistência de algumas espécies de bambus a flexão. Sendo que, o módulo de elasticidade a flexão ficou entre 5 a 20 GPa (AZZINI *et. al.*, 2003). Outros autores, encontraram valores entre 67 a 137 MPa, com módulo de elasticidade a flexão entre 11 a 13 GPa (SHARMA *et. al.*, 2015). Sendo importante os resultados encontrados em bibliografias sobre a flexão, tração e compressão para se estabelecer parâmetros em uma prévia análise estrutural.

Tabela 2: Resistência de algumas espécies de bambus em ensaio de flexão

Nome botânico	Limite elástico (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
<i>B. tuldoides</i>	95	153	20
<i>B. vulgaris</i>	48	106	8
<i>B. v. Vittata</i>	40	75	5
<i>D. giganteus</i>	86	151	12
<i>P. purpuratta</i>	42	69	8

Fonte: AZZINI *et. al.* (2003)

Já em relação ao cisalhamento paralelo às fibras, podem variar entre 8 e 32 MPa (SHARMA *et. al.*, 2015). A Tabela 3 apresenta as propriedades mecânicas de algumas espécies estudadas na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-RJ, podendo notar que entre as espécies a resistência a tração é maior que de compressão em

todos os casos, e que os valores se aproximam entre elas. No entanto, em relação ao seu módulo de elasticidade e resistência à compressão, o bambu *Dendrocallamus giganteus giganteus* apresenta um valor maior devido a suas propriedades físicas serem diferentes das demais.

Tabela 3: propriedades mecânicas de algumas espécies estudadas na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-RJ.

Espécie/local		TRAÇÃO				COMPRESSÃO			
		Resit. (MPa)		Módulo de Elast. (GPa)		Resit. (MPa)		Módulo de Elast. (GPa)	
		c/nó	s/nó	c/nó	s/nó	c/nó	s/nó	c/nó	s/nó
<i>Bambusa tuldoide</i> (RJ)	Base	112,0	140,5	9,99	12,66	30,20	37,80	2,97	3,24
	Interm	-	-	-	-	-	-	-	-
	Topo	95,80	98,0	8,55	11,19	30,00	38,3	2,83	2,78
	Média	103,9	119,2	9,27	11,92	30,10	38,05	2,90	3,01
<i>Bambusa vulgaris Schard</i> (RJ)	Base	131,6	176,4	8,46	10,02	37,50	53,0	2,59	2,86
	Interm	106,1	153,5	8,5	10,22	39,5	46,0	2,36	3,19
	Topo	145,6	182,0	9,45	12,67	42,0	59,0	2,80	3,67
	Média	127,7	170,6	8,80	10,97	39,66	52,66	2,58	3,24
<i>Dendrocallamus giganteus</i> (RJ)	Base	106,8	147,0	12,98	19,11	58,66	56,61	12,07	15,29
	Interm	143,6	188,1	16,73	15,70	53,96	63,77	15,15	11,26
	Topo	114,0	157,6	13,44	10,71	54,04	72,87	9,79	10,41
	Média	121,5	164,2	14,38	15,17	55,55	64,42	12,34	12,32

Fonte: adaptado de GHAVAMI & BARBOSA (2010)

Prontamente, a Tabela 4 apresenta resultados obtidos nos ensaios em relação a compressão e tração, de algumas madeiras utilizadas na construção civil, onde pode-se observar que os valores encontrados são menores, muitas vezes, que de algumas espécies de bambus.

Tabela 4: Resultado de ensaios de tração e compressão para algumas madeiras

Espécie	Resistência à tração	Resistência a compressão
<i>Pinus ssp.</i>	76,5 MPa	39,5 MPa
Ipé-Amarelo (<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson)	107,68 MPa	76,42 MPa
Itaúba (<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taubert ex Mez.)	96,62 MPa	61,71 MPa
Maçaranduba (<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Cheval.)	82,48 MPa	67,57 MPa

Fonte: Adaptado de MORESCHI (2014) e JESUS *et. al.* (2015).

Já a Figura 5 apresenta a relação entre o módulo de elasticidade *versus* a densidade específica, onde a linha que corta o gráfico é constante, no qual, materiais que

estão acima se comportam melhor que o bambu em relação a flexão e compressão, e os que estão abaixo são menos efetivos.

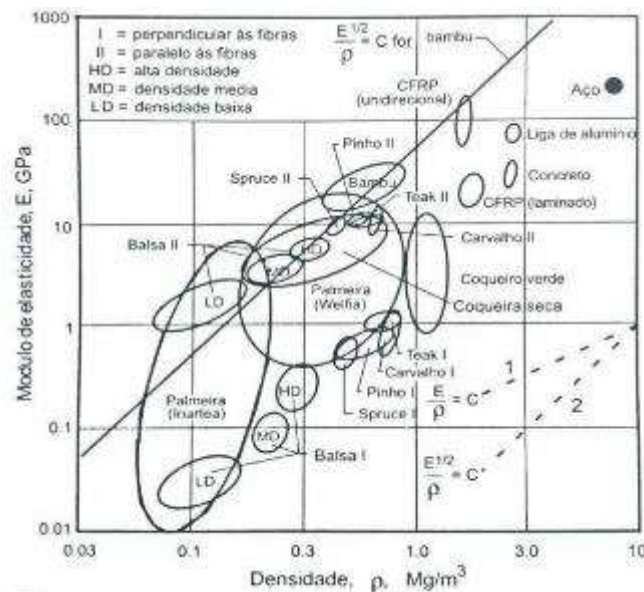


Figura 5: Módulo de Elasticidade *versus* densidade Fonte: AZZINI *et. al.* (2003)

2.3 Projetos executados em bambu

Sem qualquer indagação, verifica-se a importância do bambu para a formação e concretização de obras com um respaldo ecológico. Podendo assim, citar algumas personalidades que trazem em suas construções a consolidação sustentável, pela qual orienta-se as futuras edificações. Sendo: o arquiteto colombiano *Simón Vélez*, o arquiteto vietnamita *Vo Thong Nghia* entre outros. A Figura 6 demonstra algumas obras dos arquitetos recém citados.





Figura 6: da Esquerda para Direita – ponte sobre o rio *Kali Pepe* (Indonésia); Capela de Pereira (Colômbia); *Nocenco Café* (Vietnã); Sala de Conferências *Naman Retreat* (Vietnã)
Fonte: Simón Vélez Design (2019) e Vo Thong Nghia Architects (2019)

No Brasil, pode-se citar a empresa Bambutec como referência em projetos utilizando o bambu como componente estrutural principal. A empresa que tem sede no Rio de Janeiro, já realizou diversas obras sustentáveis para empresas conhecidas como a Fundação Getúlio Vargas entre outras. A Figura 7 mostra a obra do anfiteatro produzida pela empresa para a Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

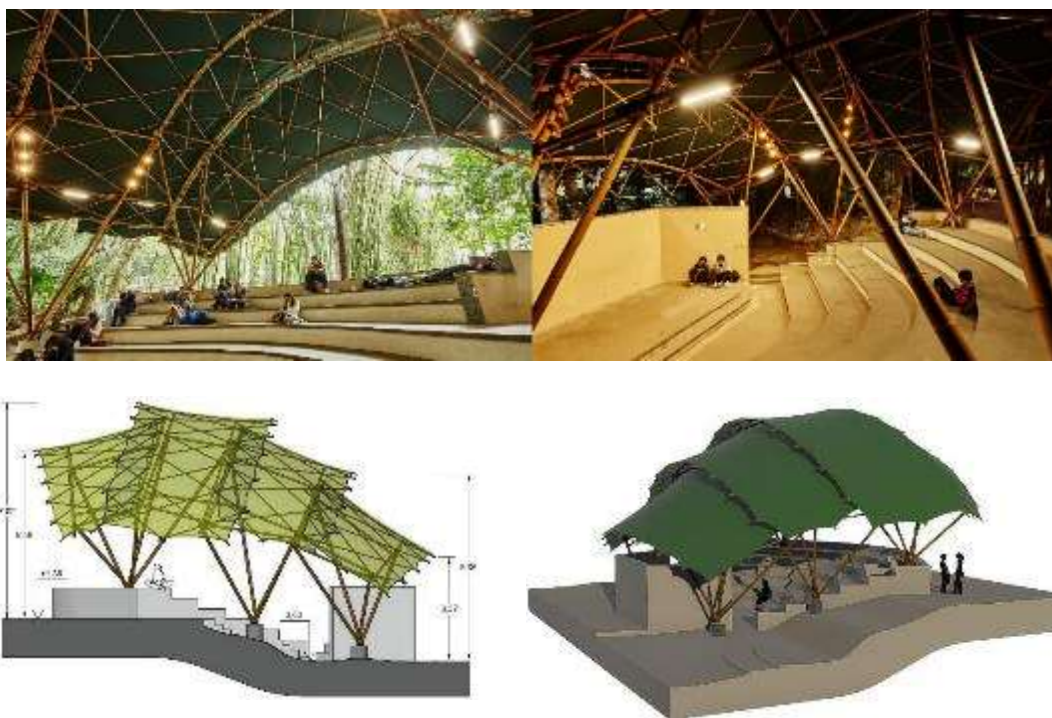


Figura 7: Anfiteatro Prof. Junito Brandão (PUC-RJ), imagens reais, corte e vista isométrica.
Fonte: BAMBUTEC (2019)

A cúpula tem uma área coberta de 200 m², ao qual projetou a partir de referências inspiradas na natureza, o arquiteto *Carlos Pingarrilho*. Sendo que, sua forma foi desenvolvida por modelos computadorizados e maquetes para a concretização do modelo

físico. O anfiteatro tem em seu emprego cascas treliçadas de bambu, arcos de flexão ativos e estrutura de bambus autoportantes, que permitem que aja a iluminação natural e ventilação cruzada em todo o espaço. A estrutura foi montada em apenas 25 dias, utilizando-se também de módulos pré-fabricados, sistemas tensionados etc. Por fim, pode-se concluir que toda a estrutura tem apenas 1,4 toneladas, sendo 7 kgf/m², sendo que sua leveza e resistência pode ser comparada às estruturas modernas de polímeros e compósitos avançados. (BAMBUTEC, 2019)

Ainda pode-se citar a obra Centro Comunitário Camburi, no qual foi concebido pelos arquitetos *Sven Mouton, Jan Detavernier, Britt Christiaense e Reintje Jacobs*, na cidade de Ubatuba no interior de São Paulo, utilizando como principal material construtivo o bambu. A presente obra contou com o auxílio dos moradores descendentes quilombolas, onde esses receberam auxílio financeiro e técnico dos arquitetos para a construção de suas obras, tornando-se uma cooperativa de bioconstrução. Essas construções trouxeram benefícios para a comunidade que vive distante dos grandes centros urbanos, proporcionando qualidade de vida a toda uma comunidade, graças as potencialidades e possibilidades dos bambus (VITRUVIUS, 2019). A Figura 8 demonstra imagens do Centro Comunitário Camburi.



Figura 8: Centro Comunitário Camburi (Ubatuba -SP) Fonte: VITRUVIUS (2019)

3 METODOLOGIA

O presente estudo teve como fundamento uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa qualitativa. Com a pesquisa bibliográfica buscou-se em artigos, monografias, dissertações, teses, livros etc., informações e estudos científicos sobre o bambu como material construtivo sustentável, exemplificando seus usos, e propriedades físicas e mecânicas.

Em relação à pesquisa qualitativa, buscou-se contato com a empresa Bambutec, para a formalização de um questionário aberto, contendo perguntas relacionadas com a

utilização do bambu como material componente principal em suas obras, sendo esse questionário uma criação a partir do estudo sobre o respectivo tema. Sendo que, João Bina Machado Neto, sócio diretor da empresa, graduado em Desenho Industrial pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RJ, foi o responsável pelas respostas. O roteiro das perguntas foi enviado por e-mail, e suas respostas foram utilizadas como parâmetro para a resolução da possibilidade do uso do bambu como material aplicável ao mercado construtivo. O questionário encontra-se em anexo.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Atualmente, o bambu vem se tornando um assunto recorrente em pesquisas para sua utilização na construção civil, contribuindo para uma visão mais otimista e ecológica do setor. Quando questionado, sobre os motivos que levaram a Bambutec a trabalhar com o bambu e seus desafios quanto a usabilidade do material, Neto frisou que a empresa nasceu dentro da universidade PUC-RJ, no LILD (Laboratório de Investigação em *Living Design*) – esse laboratório tem foco em pesquisas de materiais naturais alternativos e processos para projetos de design e bioarquitetura –, e que dentro da variabilidade das possibilidades e estudos de materiais naturais (areia, fibras, polímeros vegetais), o bambu chamou atenção devido as suas excepcionais propriedades estruturais e devido a acessibilidade do material dentro do campus. Também recorre que os maiores desafios em trabalhar com o material é em relação a durabilidade, apresentando "características muito peculiares de muita troca com o ambiente".

Além disso, em relação aos dados encontrados na pesquisa, nota-se que o bambu possui alta taxa de produtividade, sendo um material alternativo altamente ecológico, com uma alta taxa de crescimento, se adaptando em diversos solos. Sendo que esse, encontra-se em climas tropicais e subtropicais, aos quais predominam o território brasileiro. Além de ser economicamente viável, como o caso apresentado do Centro Comunitário Camburi.

No entanto, apesar de ser um material favorável para a sua utilização deve-se tomar medidas preventivas contra-ataques de fungos e insetos que podem diminuir a sua durabilidade, tanto com produtos químicos ou com procedimentos naturais. Como a Bambutec, tem como premissa construir gerando o menor impacto possível, Neto reitera que não utiliza químicos para conservação dos bambus e que somente "passam por um tratamento de têmpera, que consiste em aquecer as varas maduras coletadas em uma

fornalha em contato rápido com a chama, ou numa queima com maçarico ou por uma defumação, com baixa caloria por 24 horas". Logo, a durabilidade de um galpão em bambu, construídos por eles, ficou em torno de 6 anos, após foi realizado troca e manutenção de algumas peças, visto que são constantemente feitas pesquisas para a descoberta de novos métodos de conservação e aumento da durabilidade de forma menos agressiva ao meio ambiente.

Algumas espécies utilizadas em suas obras, segundo Neto são: "variedades de *Phyllostachys Aurea*, o bambu de "Caniço" comum, também chamado popularmente de "Mirim" ou "Cana da Índia" e a variedade *Phyllostachys Pubescens*, conhecido como bambu "Mossô", esse em grandes proporções". Assim, se houvesse a produção de florestas de bambus, ela traria benefícios para o meio ambiente, pois contribui para a captação de carbono, ajudando a diminuir o efeito estufa, além de ajudar na preservação das atuais florestas nativas tropicais.

Em relação a seus dados de resistências à tração, compressão, e flexão, algumas espécies de bambus apresentam valores condizentes para serem utilizados como material estrutural em edificações, sendo maiores que muitas outras espécies de madeiras utilizadas no dia a dia das construções no Brasil e pelo mundo, podendo assim ser considerado "o aço da natureza" como alguns autores o denominam. Em suma, obras como as construídas pelos arquitetos colombiano e vietnamita podem sair do papel para outros arquitetos e engenheiro civis, consolidando a formação de uma arquitetura com referência em sustentabilidade.

Pode-se ainda, verificar na Figura 7, que muitos materiais - como o concreto, a madeira Pinho entre outros-, apresentam características menos apreciáveis em relação ao módulo de elasticidade pela densidade que o bambu. Contudo, questionou-se Neto sobre as normas regulamentadoras utilizadas para a construção em bambu, e se eram feitos ensaios mecânicos para verificar as propriedades das espécies que utilizavam em suas obras. Como resposta, tem-se que as normas ainda estão sendo desenvolvidas no Brasil, sendo que suas construções têm assessoria técnica de laboratórios parceiros, e que toda concepção estrutural é "intuitiva e experimental, com metodologia de modelos físicos em escala reduzida e protótipos em escala real."

Ainda por fim, norteou-se uma questão envolto da aceitação de obras com o bambu, e Neto viabilizou que seus clientes têm uma boa relação de assentimento quanto suas obras com este material ecológico. E que a tecnologia utilizada por eles, requer

poucos insumos e manutenção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de indiscutível os malefícios que alguns materiais convencionais como o concreto e o uso do aço trazem para um todo, não se tem como objetivo descartar estes. Contudo, não é de hoje que se busca soluções de materiais alternativos sustentáveis, como o bambu. Sendo, imprescindível que todos se conscientizem da importância da utilização dele na construção civil, pois este material é viável, gerando novas formas de se pensar em bioconstruções, viabilizando construções sustentáveis.

Apesar da indiscutível falta de padronização em alguns ensaios, os quais pode gerar incertezas e insegurança em sua propagação, deve-se pensar abertamente sobre como este material pode influenciar de forma positiva em relação as suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, caso haja o emprego do bambu em obras, pode-se utilizar as normas *ISO* como base e a assistência de laboratórios técnicos especializados, até a formalização das suas normas técnicas brasileiras, como no caso da Bambutec.

Contudo, apesar dos benefícios de suas propriedades físicas, mecânicas, econômicas, sociais e para o meio ambiente, tem de se notar que é um material que precisa de mão de obra especializada, tanto quanto arquitetos e engenheiros civis com uma boa preparação para trabalhar com este material, pois apesar de ser um simples material, esse requer algumas técnicas diferenciadas.

Alguns arquitetos já consolidaram as suas obras com o emprego do bambu, aplicando desde as comunidades ao redor do mundo, proporcionando geração de empregos e fortalecendo os laços comunitários e a ideia de trabalho em equipe, como o caso de Camborí. Por outro lado, outros utilizaram o bambu em grandes obras com um grau de sofisticação os projetando em cafés, bares, restaurantes, entre outros, os tornando pontos turísticos. Em todos os casos, o bambu vem para somar e tornar as obras acessíveis e sustentáveis.

Por fim, deve-se ter um menor preconceito com seu emprego, sendo mais uma opção ao mercado construtivo. Assim, fortalecendo a sua ideia haverá a sua propagação, aumentando a cada dia, o número de empresas como a Bambutec no Brasil, que reafirmam a possibilidade do seu uso.

6 REFERÊNCIAS

AZZINI, A.; BERALDO, A. L.; GHAVAMI, K.; PEREIRA, M. A. R. P. **Tecnologias e materiais alternativos de construção: Bambu: características e aplicações.** Campinas, SP: Editora Unicamp, 2003.

BARROS, B. R.; SOUZA, F. A. M. **Bambu: alternativa construtiva de baixo impacto ambiental.** I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2004. **X Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído.** São Paulo, 2004.

BAMBUTEC. **Anfiteatro Prof. Junito Brandão, PUC-RJ.** Disponível em: <<http://bambutec.com.br/>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017.** Rio de Janeiro: EPE, 2018

DAMACENA, P. C. MOTA, I. O., PEREIRA, M. A., SANTOS, L. C. B. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileiro (*bambusa vulgaris vittata*) para aplicação na construção de sistemas hidráulicos alternativos de distribuição de água à baixa pressão.** Revista REA – FURB. (Online) v.19, n. 1, p.18-26, jan./jun. 2017.

GUIMARÃES, R. M. **Propriedades físicas, mecânicas e biológicas de compensado *Dendrocalamus asper* tratado quimicamente.** Brasília: UnB, 2016. Projeto de Monografia – Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, 2016.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Construções Rurais e Ambiência propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, On-line version ISSN 1807-1929. vol.9 no.1 Campina Grande, PB. Jan/Mar. 2005.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P. **Bambu.** In: ISAIA, G. C. (Org./Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais.** 2.ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 1619-1649

GHAVAMI, K.; TOLEDO FILHO, R. D. **Desenvolvimento de materiais de construção de baixo consumo de energia usando fibras naturais, terra e bambu.** Revista

Engenharia Agrícola. Publicação Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Vol.2, p. 1-19, 1992.

JARA, C. A. **A sustentabilidade do desenvolvimento local**. Recife: SEPLAN, 1998.

JESUS, J. M. H.; LOGSDON, N. B.; FINGER, Z. **Classes de Resistência de Algumas Madeiras de Mato Grosso**. E&S - Engineering and Science, (2015), vol. 1 ed. 3. 2015

MARINHO, N. P. **Características das fibras do bambu (*dendrocalamus giganteus*) e potencial de aplicação em painéis de fibra de média densidade (mdf)**. 2012. 144 pgs. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica e Materiais, Departamento de Pesquisa e Pós-graduação - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais – PPGEM, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MITRE, J. M. **Núcleo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em bambu**. Viçosa: UFV, 2018. Monografia – Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Viçosa, 2018.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2014.

NETO, F. S. S.. **Análise Mecânica e Microestrutural da Interação do Bambu com o Concreto**. 2018. 119 pgs. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

OLIVEIRA, L. F. A. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. Belo Horizonte: UFMG, 2013. Monografia (Especialização em Construção Civil) Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

PEREIRA, M. A. R. **Projeto bambu: Introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações**. Bauru: UNESP, 2012. Tese - Faculdade de Engenharia de Bauru. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2012.

PAUDEL, S. K. **Engineered bamboo as a building material**. In: XIAO, Y. INOUE, M. PAUDEL, S.K. (Ed.). Modern bamboo structure. 1.ed. CHANGSHA: CRC PRESS, 2008. p. 33-40.

RIBAS, R. P. **Bambu: planta de grande potencial no desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/bambu-desenvolvimento-sustentavel.pdf>>. Acesso em: 05 de Abr. de 2019.

SELLER, M.; NAWARI, N. O. **Bamboo fibre-reinforced composites for tall buildings.**

Journal of Construction and Building Material, vol. 01. ed. 1. pgs. 1–11. 2016.

SHARMA, B.; GATOÓ, A.; BOCK, M.; RAMAGE, M. **Engineered bamboo for structural applications.** Constructions and Building Materials. Vol. 81. pgs 66-73. 2015

.

SIMÓN VÉLEZ DESING. **Projects.** Disponível em: < <http://www.simonvelez.net/>>.

Acesso em: 18 mar. 2019.

VITRUVIUS. **Edifício Institucional: Centro Comunitário Camburi, 2019.** Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/18.215/7186>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

VO THONG NGHIA ARCHITECTS. **Projects.** Disponível em: < votrongnghia.com>.

Acesso em: 18 mar. 2019.

WEI, W.W; JORDANI, B. **Construção civil sustentável: estudo de viabilidade construtiva do bambu.** 3º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS, 2018. Coimbra, 2018.

WEI, W. W. **Construção civil sustentável: estudo de viabilidade construtiva do bambu.** Caxias do Sul: FSG, 2017. Monografia (Departamento de Engenharia Civil). Centro Universitário da Serra Gaúcha, 2017.

7 ANEXO

QUESTIONÁRIO SOBRE BAMBU

Nome:

Função dentro da Bambutec:

OBS: PERMITE QUE ESTE QUESTIONÁRIO SEJA UTILIZADO “APENAS”
PARA FINS ACADÊMICOS:

() SIM () NÃO

- 1) Quais os motivos que levaram a Bambutec trabalhar com o bambu? E quais são os desafios de trabalhar com este material?
- 2) Quais as espécies de bambus que são utilizados em suas obras? E a produção do material é terceirizada ou produzida pela própria Bambutec?
- 3) Existe alguma norma regulamentadora, ou regulamentação, no qual a Bambutec utiliza para os cálculos estruturas de suas obras? E qual o software utilizado para os cálculos? Se não, quais as bases utilizadas para a concepção estrutural?
- 4) Como os clientes lidam em relação a utilização e aceitação do bambu em suas construções?
- 5) É feito algum ensaio com os bambus para verificar suas propriedades mecânicas e físicas?
- 6) Qual a durabilidade de uma obra feita de bambu?