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

Izabel de Oliveira da Mota¹, Michel de Azevedo Pereira², Pedro Coelho
Damacena³ e Luis Claudio Belmonte dos Santos⁴

Resumo: Neste artigo, as propriedades mecânicas da espécie *Bambusa vulgaris vittata* foram estudadas com o objetivo de analisar a possibilidade da utilização desses colmos na construção de sistemas hidráulicos alternativos de distribuição de água à baixa pressão. Determinaram-se a massa específica, as resistências à compressão, à tração e à flexão. Os resultados dos ensaios indicaram uma massa específica média de 0,74 g/cm³, uma resistência média à compressão de 49,36 MPa, uma resistência média à tração de 126 MPa, um módulo de ruptura médio igual à 136,33 MPa e um módulo de elasticidade médio de 13.089 MPa. Estes valores demonstram que o bambu brasileiro é um material renovável de baixa massa específica e alta resistência à compressão e à tração, características que confirmam seu potencial para uso em sistemas hidráulicos de distribuição de água a baixa pressão.

Palavras-chave: Material natural renovável. Ensaio mecânicos. Colmos.

1 Introdução

De acordo com Jara (1988) o desenvolvimento sustentável, que tem dimensões ambientais, econômicas, sociais e culturais, apresenta como base o princípio de que o homem deve gastar os recursos naturais de acordo com a sua capacidade de regeneração com o objetivo de evitar seu esgotamento. Assim, o bambu se apresenta como um material natural que pode ser cultivado, permitindo desde a construção de um sistema hidráulico para distribuição de água a baixa pressão ou até mesmo a estrutura de casas. Agronomicamente é uma planta de grande potencial de uso, consistindo em um material renovável que produz colmos anualmente sem uma constante necessidade de replantio, tendo centenas de outras aplicações, especialmente em meio rural, ou seja, possuir uma moita de bambu na propriedade equivale a possuir uma pequena “fábrica” de tubos para irrigação, escoras, entre outros usos (GOMES, 2009).

O bambu é uma espécie vegetal da família *graminae*, apresentando cerca de 45 gêneros e mais de 1000 espécies originárias em grande parte da Ásia e América. Ele é muito utilizado em países como China, Japão, Colômbia, Equador e Venezuela. No Brasil, sua utilização ainda é pequena frente a sua ampla capacidade de aproveitamento visto que a literatura nacional acerca da introdução de espécies, do manejo, do desenvolvimento e sobre as propriedades físico-mecânicas ainda é incipiente e geralmente restrita aos resultados de pesquisas apresentados em congressos científicos, tornando-o uma matéria prima geralmente destinada ao artesanato ou a estruturas de construção temporária (ROSA et al., 2016).

Cada espécie de bambu apresenta características diferentes como tamanho médio, cor, espessura e resistência. Trata-se de uma cultura perene, anatomicamente muito diferente das espécies arbóreas comumente cultivadas para fins construtivos. No Brasil, as espécies mais comuns são: *Bambusa vulgaris*, *Bambusa vulgaris*

¹E-mail: izabeldamota@yahoo.com.br

Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA). Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325, Três Poços, Volta Redonda - RJ. Cep: 27240-560

²E-mail: micheldeazevedo@gmail.com

³E-mail: pedrocoelho17@gmail.com

⁴E-mail: luis.santos@foa.org.br

variedade *vittata*, *Bambusa tuldoidea*, *Dendrocalamus giganteus* e algumas espécies de *Phyllostachys*. A espécie exótica *Bambusa vulgaris vittata* vulgarmente conhecida como bambu comum, ou verde-amarelo, ou imperial, ou brasileiro (devido a sua cor), apresenta porte médio e foi trazida para o Brasil por imigrantes portugueses, apresentando uma boa adaptação em quase todo o território nacional, com maior incidência nos estados do Acre, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (SALGADO et al, 1994).

De acordo com o INBAR (2015), estima-se que a área total brasileira de bambuzais gira em torno de oito milhões de hectares. E no nordeste brasileiro cultiva-se cerca de quarenta mil hectares de *Bambusa vulgaris* para produção de pasta celulósica.

Com os problemas gerados pelos materiais mais utilizados na construção civil, como o consumo de energia, a devastação, a poluição e a inviabilidade econômica, surge a necessidade de alternativas que unam o conceito de fonte renovável ao de sustentabilidade. Assim, o bambu se apresenta como uma alternativa ecologicamente viável, pois além de apresentar um rápido crescimento e alta produtividade, ao contrário do que acontece com muitas espécies florestais dedicadas à construção e à industrialização, a supressão dos colmos não configura a morte da planta, não gera erosão no local, podendo inclusive ser cultivado em solos erodidos, pastos danificados ou como agricultura comercial (SÁ RIBEIRO et al, 2006; GUIMARÃES JÚNIOR; NOVACK; BOTARO, 2010; LEE; ODLIN; YIN, 2014).

Segundo Yuen, Fung e Ziegler (2017) e Pereira (2001), o bambu constitui ainda uma espécie com um potencial de fixação de carbono superior a muitas espécies arbóreas, contribuindo eficazmente no combate ao efeito estufa, podendo ser cultivado em terrenos acidentados e na recuperação de áreas degradadas, visto que se trata de uma cultura agronomicamente pouco exigente, podendo ser plantado com êxito na região a ser utilizado, economizando-se assim com o transporte do material (TORRES, 2015).

Para a transformação de um colmo de bambu em um tubo de condução de água é necessária uma operação preliminar de limpeza e acabamento interno dos colmos para uma máxima retirada dos diafragmas internos garantindo-se assim um escoamento com baixa perda de carga. Essa

retirada geralmente é feita por meio do impacto de vergalhões ou ponteiros afiados, que podem ser associadas ou não a ferramentas elétricas giratórias (NETO; TESTEZLAF; MATSURA, 2000). Já a união entre os tubos de bambu pode ser feita com borracha de câmara de ar de pneus, através da adaptação de pedaços de tubo ou conexões de PVC, como uma luva, por exemplo, caso se queira trabalhar com pressões ligeiramente mais elevadas, ou até mesmo por meio de colagem (PEREIRA, 1997).

Por se tratar de um material biológico sujeito à deterioração por fungos, brocas ou cupins, diversos autores sugerem um tratamento dos colmos para torná-los mais duráveis e economicamente competitivos (PEREIRA, 1997; TIBURTINO et al., 2016). Há o tratamento de cura natural, no qual o bambu é deixado na moita na posição vertical com suas ramas e folhas por cerca de 30 dias. Neste período, a transpiração das folhas continua ocorrendo, diminuindo a quantidade de seiva nos colmos. De acordo com Pereira (1997) este método é simples e barato, aumenta a resistência contra as brocas, mas não contra fungos e cupins.

Existem também os métodos que utilizam preservativos químicos. Trata-se de um processo básico de substituição de seiva (capilaridade) ou de difusão, sendo os métodos de imersão prolongada e o de Boucherie modificado, exemplos destes processos. São mais eficientes que os tratamentos tradicionais e geralmente empregam produtos à base de cobre, cromo e boro (CCB), pois são considerados menos nocivos à saúde do operador e ao ambiente, quando comparados com produtos que possuem arsênico em sua formulação (TIBURTINO et al., 2016).

Há também o tratamento térmico, que segundo Colla (2010) pode oferecer uma melhor resposta que tratamento químico, visto que a estrutura anatômica do bambu possui menor quantidade de feixes vasculares que outros tipos de madeira, dificultando o tratamento tradicional. Este método apresenta como vantagem a homogeneidade do tratamento, porém pode conferir rachaduras na estrutura dos colmos.

A segurança, a durabilidade e a resistência são os fatores determinantes na escolha de um material a ser usado em um projeto. Lipangile (1998) afirma que colmos destinados condução de água enterrados no solo podem alcançar uma vida útil entre 15 e 20 anos e, se preservados corretamente e

prevenidos do contato com o solo, podem alcançar de 20 a 30 anos.

Para o uso do bambu em grande escala como um material de construção tecnicamente viável e com possibilidade de industrialização, faz-se necessário um estudo sistemático, desde o processo de plantação, manejo, tratamento e pós-tratamento, além de uma robusta análise das propriedades físicas e mecânicas do colmo do bambu, e é nesse último contexto que o presente trabalho destaca-se, tendo em vista a falta de estudos e pesquisas que possibilitem o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento do bambu brasileiro.

Assim, o objetivo do presente artigo é verificar se as principais características mecânicas do *Bambusa vulgaris vittata* atendem aos propósitos de um sistema hidráulico alternativo, ou seja, além de se tratar de um material renovável, apresenta baixa massa específica, conferindo leveza ao sistema, e considerável resistência à compressão e à tração.

2 Metodologia

Para verificação das propriedades mecânicas foram utilizados os 5,0 primeiros metros de colmos de *Bambusa vulgaris vittata* colhidos em Bananal/SP, pois de acordo com Li (2004), as propriedades mecânicas não sofrem significativas variações acima dessa altura. Os colmos foram selecionados quanto à adequação do

seu diâmetro aos propósitos de uma futura unidade experimental de irrigação, dando-se preferência aos que apresentaram menor variação em sua axialidade. Os cortes das peças foram realizados próximo à base, acima do primeiro nó, com o auxílio de ferramentas manuais (facão e machado).

Apesar de Gomes (2009) indicar que colheita dos colmos seja realizada em clima seco, a colheita do bambu foi realizada no mês de março de 2017, no qual, em Bananal/SP, foi registrada uma temperatura média de 25°C e pluviosidade de 180 mm (INPE, 2017).

A confecção dos corpos de prova e os ensaios foram realizados nos laboratórios do Centro Integrado de Tecnologia do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) e nos Laboratórios do Departamento de Ciências Ambientais e do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Foi utilizada uma Máquina Universal de Ensaio Mecânico (marca EMIC modelo DL 10.000), a 23°C, com velocidade de 0,01 mm/s com o auxílio de célula de carga 5 kN. Os colmos foram estudados em três partes distintas: base, meio e topo (Figura 1). Como o objetivo principal deste artigo é a verificação das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileiro para eventual construção de um sistema para condução de água, os septos existentes na região dos nós dos colmos foram removidos com o auxílio de um vergalhão de doze milímetros associado a uma furadeira de uso doméstico.

Figura 1 - Divisões dos colmos de bambu

Fonte: Berndsen et al. (2013)

2.1 Ensaios para determinação da massa específica

A massa específica do bambu foi previamente determinada pelo método estereométrico, correspondente à relação entre o quociente da massa pelo volume dos corpos de prova (CPs) construídos para os ensaios de compressão, considerando 3 CPs da base, meio e topo, após a estabilização em câmara climatizada à 20°C e 65% de umidade.

2.2 Ensaios de resistência à compressão

Para os ensaios de resistência à compressão, utilizou-se a norma ISO/TC165 N314 (1999). Nesses ensaios, os CPs de bambu foram cortados com uma altura aproximadamente igual ao seu diâmetro externo, em formato de cilindros ocos sem nós. As superfícies superiores e inferiores foram completamente lixadas para torná-las lisas e paralelas, garantindo uma distribuição uniforme das tensões normais às paredes dos CPs.

Os CPs foram colocados, um a um, na máquina de ensaios mecânicos, de modo que o centro da cabeça móvel coincidissem com o centro geométrico da seção transversal. Foram utilizados três CPs para cada parte do colmo (base, meio e topo) de um mesmo colmo.

2.3 Ensaios de resistência à tração

A norma ISO/TC165 N314 (1999) também foi utilizada nos ensaios de resistência à tração, para os quais foram construídos CPs a partir de cilindros de bambu de 20 cm, a cada 2 m do colmo, onde foram extraídas tiras paralelas às fibras com largura de 12 mm e espessura da parede do colmo. As tiras foram lixadas até apresentarem espessura uniforme de 2 mm. Foram demarcadas regiões de 5 cm de comprimento que permitiram fixar os mordentes da prensa. A parte central da tira, possuía 5 cm de comprimento, 2 mm de espessura e 3 mm de largura. A parte de transição da tira apresentou 2,5 cm de comprimento com largura variável. Os ensaios foram realizados na máquina de ensaios mecânicos nos quais foram utilizados quatro CPs para cada parte do colmo (base, meio e topo), dos quais dois CPs serviram para avaliar a resistência à tração da região interna e 2 CPs para avaliar a resistência da região externa.

2.4 Ensaios de resistência à flexão estática

Para os ensaios de resistência à flexão estática, foi utilizada a norma D143-96 (ASTM, 2004) devidamente adaptada (BERNSEN et al., 2013), visto que se trata de uma norma para madeira. Para cada parte do colmo foram utilizados 3 corpos de prova com dimensões de 4x16x64 mm. O vão entre os apoios foi de 56 mm. Este ensaio consistiu na aplicação de cargas na metade do comprimento dos CPs, que repousavam sobre dois apoios, causando tensões e deformações até a sua ruptura. O Módulo de Ruptura (MOR) e o Módulo de Elasticidade (MOE) foram determinados em MPa, por meio das equações 1 e 2, respectivamente.

$$MOR = \frac{1,5PL}{bH^2} \quad (1)$$

$$MOE = \frac{P \cdot L^3}{4DbH^3} \quad (2)$$

Em que:

P é a carga de ruptura (N);

P' é a carga no limite de proporcionalidade (N);

L é a distância entre os suportes (mm);

D é a deformação no limite de proporcionalidade (mm);

b é a largura do corpo de prova;

H é a altura do corpo de prova (mm).

3 Resultados e discussões

A idade dos colmos foi estimada em aproximadamente 3 anos, de acordo com as observações inferidas por Barboza, Barbitato e Silva (2008), afirmando que até 1 ano, os colmos não possuem folhas nem ramos e têm cor mais esverdeada. Os colmos mais velhos, entre 1 e 2 anos, possuem folhas, ramos e ramificações, e uma coloração pouco amarelada, podendo conter algumas estruturas foliáceas (brácteas). Já os colmos com 3 ou mais anos não apresentam mais brácteas e possuem manchas provocadas por fungos e musgos nos internós.

3.1 Massa específica e resistência à compressão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios obtidos para os ensaios

de determinação da massa específica (ρ) dos colmos de bambu brasileiro.

As propriedades mecânicas do bambu estão diretamente relacionadas com sua estrutura atômica e de forma macroscópica, essas propriedades apresentam relação direta com a massa específica do material. Logo, este parâmetro depende principalmente do conteúdo, diâmetro das fibras e espessura da parede das células e por isso, geralmente, varia dependendo da posição do colmo e entre as diferentes espécies de bambu (ALMEIDA et al, 2017).

A quantidade, o tamanho e a distribuição dos feixes de fibras ao redor dos vasos influenciam diretamente na densidade do bambu que se apresenta mais denso perto da casca devido a existência de feixes vasculares menores e mais pesados, com menor quantidade de células parenquimáticas e maior quantidade de fibras (ZAKIKHANI et al, 2017). A literatura relata que a massa específica varia também na direção do comprimento do colmo, aumentando geralmente da base para o topo (BERNDSSEN et al, 2010), conforme os resultados obtidos.

Tabela 1 - Massa específica dos colmos de bambu brasileiro

ρ (g/cm ³)			$\bar{\rho}$ (g/cm ³)
Base	Meio	Topo	0,74
0,72	0,75	0,76	

Fonte: Autores (2017)

De acordo com Berndsen et al. (2010) os valores de densidade para as diversas espécies de bambu podem variar entre 0,5 e 0,90 g/cm³, inclusive dentro da mesma espécie. Verifica-se, portanto, que os valores obtidos na presente pesquisa estão de acordo com Berndsen et al. (2010) assim como com os resultados médios apresentados na pesquisa de ZHOU (2000), para espécie *Bambusa vulgaris*.

A massa específica é uma propriedade física importante não somente para avaliar o peso das estruturas, mas também na relação entre as propriedades mecânicas, como a de resistência a tração, o que pode indicar possibilidades de aplicação direta ou em conjunto com materiais convencionais da construção civil, sem perder a resistência final pretendida (BERALDO; AZZINI, 2004).

Com relação à resistência a compressão, o valor médio obtido no presente trabalho foi de 49,36 MPa, não havendo diferenças significativas entre a base, o meio e o topo do colmo (diferenças inferiores a 2%).

Segundo Hidalgo-López (2003), a parte superior do colmo apresenta vasos condutores menores, porém em maior número recobertos por uma cobertura crescente de fibras o que reflete uma maior massa específica aparente para esta porção. O mesmo autor afirma que para a maioria das espécies de bambu, a parte superior do colmo tem apresentado maior resistência a compressão. Este resultado não foi

observado na presente pesquisa, e a provável explicação é a retirada dos nós, que enrijecem os colmos, aumentando à resistência a compressão dos corpos de prova.

Dunkelberg (1985) afirma que nos testes de compressão, os nós têm influência maior quando as cargas são concentradas na direção perpendicular às fibras do colmo, sendo possível um aumento na resistência em até 45% em relação às seções sem nós. Já quando uma carga de compressão é aplicada paralelamente à fibra, a resistência das seções do colmo com os nós podem ser cerca de 8% superiores às resistências das seções dos colmos sem os nós.

3.2 Resistência à tração

Assim como nos ensaios de compressão, não houve diferenças significativas dos valores de resistência à tração (σ_t) entre os CPs ao longo do colmo. Apenas houve diferença nos resultados dos ensaios de tração entre o material lignocelulósico da região interna e externa dos colmos, conforme os resultados médios apresentados na Tabela 2.

Apesar de a resistência à tração não ter apresentado variação com a região do colmo, Lopez (1981) afirma que essa resistência pode ser reduzida consideravelmente pela presença de nós. Em regiões com nós ocorre uma concentração de tensões durante os ensaios

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.18-26, jan./jun. 2017

de tração, pois os feixes de fibras ao sofrerem um desvio lateral conferem regiões de menor resistência. Já de acordo com Ghavami e Marinho (2005), os maiores valores de resistência à tração são encontrados nas regiões internodais, visto

que nos nós há descontinuidade das fibras, ou seja, quando as regiões nodais são submetidas ao carregamento, formam-se zonas de concentração de tensões que provocam a ruptura da peça.

Tabela 2 - Valores médios de resistência à tração

σ_t (MPa)		$\bar{\sigma}_t$ (MPa)
Região Interna	Região Externa	126
111	141	

Fonte: Autores (2017)

De acordo com Lima, Willrich e Fabro Jr (2005), as fibras são as principais responsáveis pela resistência dos bambus, tendo em geral uma distribuição de 40 a 90% na parte externa e de 15 a 30% na parte interna. As fibras do bambu são orientadas no sentido paralelo ao eixo do colmo, por isso, a resistência à tração longitudinal às fibras é sempre bem expressiva e é elevada se comparada a outros materiais podendo para algumas espécies atingir até 370 MPa.

Isso o torna um atrativo material substituto para o aço, especialmente quando for considerada a razão entre sua resistência à tração e sua massa específica.

Segundo Beraldo e Azzini (2004) é comum a comparação das razões entre as resistência à tração dos materiais e suas respectivas massas específicas, conforme a Tabela 3, na qual são apresentados, a título de comparação, outros materiais, como aço, ferro e PVC.

Tabela 3 - Comparação entre as eficiências dos materiais

Material	Resistência a tração (MPa)	Massa específica (g/cm ³)	Razão
Aço 303 ^(a)	500	7,86	63,61
Ferro fundido ^(a)	280	7,70	36,36
Fibras de PVC ^(b)	70	1,45	48,28
Bambu brasileiro ^(c)	126	0,74	170,27

Fonte: (a) Perry (1999); (b) Titow (1984); (c) Autores (2017)

Verifica-se por meio dos valores obtidos que para o bambu a relação entre a resistência à tração e sua massa específica resultou em um valor muito superior às eficiências do ferro, do aço e até mesmo do PVC que é um material comumente empregado em instalações hidráulicas.

3.3 Resistência à flexão

Os resultados médios dos ensaios de resistência à flexão estática são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que para essas propriedades mecânicas houve diferença considerando as respectivas diferentes partes do colmo.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de MOR e MOE

	Posição			Média
	Base	Meio	Topo	
MOR (MPa)	112	146	151	136,33
MOE (MPa)	11.255	13.879	14.132	13.089

Fonte: Autores (2017)

Comparando o resultado da presente pesquisa com os apresentados por Lima Jr, Willrich e Fabro (2005), com relação à flexão

estática para a espécie *Bambusa vulgaris* (MOR=131 MPa), verifica-se que para esta

propriedade mecânica, os valores são bastante próximos.

Segundo Beraldo e Azzini (2004) trabalhos experimentais estão sendo desenvolvidos para estabelecer a resistência à flexão estática de diferentes espécies de bambu e em geral, os resultados observados na literatura disponível situam esse tipo de resistência entre 30 e 170 MPa. Já Janssen (2000) afirma que em colmos inteiros, foram encontrados valores oscilando entre 62 MPa e 170 MPa, e para o módulo de elasticidade os valores variaram entre 6.000 MPa e 14.000 MPa.

Os resultados dos testes de flexão estática geralmente variam em razão de diversos fatores tais como a metodologia adotada para realização dos ensaios, forma irregular dos CPs que podem lembrar troncos de cone e espessura desuniforme dos CPs entre outros.

De acordo com Ghavami e Marinho (2005), as características mecânicas do bambu são influenciadas por diversos fatores tais como a espécie, o tipo de solo, as condições climáticas, a época de colheita, a idade, sua localização ao longo do colmo, pela presença ou ausência de nós nas amostras testadas e pelo tipo de teste aplicado, e essas são possíveis explicações

para variações entre os resultados obtidos nos ensaios e os encontrados na literatura.

4 Conclusões

Por meio dos resultados obtidos para os ensaios mecânicos foi possível verificar que a metodologia adotada foi satisfatória e ajudou a suprir, de certa forma, a diminuta variedade de informações sobre a espécie *Bambusa vulgaris* var. *vittata*.

Nos ensaios de resistência à compressão e à tração, os resultados obtidos não apresentaram interação entre a posição do colmo e os valores obtidos. Porém, com relação aos ensaios de flexão estática, os resultados mostraram uma tendência de aumento da resistência com o aumento na posição do colmo, em relação à base. Esses resultados indicam que para uma maior durabilidade do sistema hidráulico, recomenda-se a utilização das frações superiores do colmo de bambu brasileiro.

A baixa massa específica e a considerável resistência à compressão e à tração sugerem que a espécie *Bambusa vulgaris* var. *vittata* apresenta propriedades mecânicas interessantes para a construções de sistemas hidráulicos sustentáveis para distribuição de água à baixa pressão.

5 Study of the Physical and Mechanical Properties of the Brazilian Bamboo (*Bambusa vulgaris vittata*) for Application in the Construction of Alternative Hydraulic Systems for Distribution of Water at Low Pressure

Abstract: In this paper, the mechanical properties of the *Bambusa vulgaris vittata* specie were studied aiming analyze the possibility of using these stalks in the construction of alternative hydraulic systems for distributing water at low pressure. The specific mass and the compressive, tensile and flexural strengths were determined. The results of the tests indicated an average specific mass of 0.74 g/cm³, a mean compressive strength of 49.36 MPa, a mean tensile strength of 126 MPa, an average rupture modulus of 136.33 MPa and an elasticity modulus of 13,089 MPa. These values show that the Brazilian bamboo is a renewable material with low specific mass and high resistance to compression and traction, characteristics that confirm its potential for use in hydraulic systems of distribution of water at low pressure.

Keywords: Renewable natural material. Mechanical testing. Stalks.

6 Referências

ALMEIDA, A. C.; ARAUJO, V. A.; MORALES, E. A. M.; GAVA, M.; MUNIS, R. A.; GARCIA, J. N.; CORTEZ-BARBOSA, J. Wood-bamboo Particleboard: Mechanical Properties. *BioResources*, v. 12, n. 4, p. 7784-7793, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard Test Methods**

for Small Clear Specimens of Timber. D-143-94. Vol. 04.10 on Wood. Annual Book of ASTM Standards, ASTM. West Conshohocken, PA, 2004.

BARBOZA, A. S. R; BARBITATO, J. C. C.; SILVA, M. M. C. P. Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 115-129, 2008.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.18-26, jan./jun. 2017

- BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: Características e aplicações**. Guaíba: Livraria Editora Agropecuária, 2004. 180p.
- BERNDSEN, R. S. KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. C. NASCIMENTO, E. M. OSTAPIV, F. Propriedades físicas do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*) em diferentes idades e posições do tronco. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n.1, p. 183-192, 2010.
- BERNDSEN, R. S. KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. C. NASCIMENTO, E. M. OSTAPIV, F. Resistência à flexão estática e à compressão paralela do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*). **Floresta**, Curitiba, v. 43, n.3, p. 485-494, 2013.
- COLLA, W. A. **Efeito do tratamento térmico nas características físicas e mecânicas do bambu (*Dendrocalamus giganteus* Munro)**. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas - Unicamp. Campinas - SP, p. 97. 2010.
- DUNKELBERG, K., IL-31: **Bamboo as a building material**. Institut für Leicht Flächentragwerke (IL), Universität Stuttgart, 1985.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.107-114, 2005.
- GOMES, D. S. Estudo da Utilização da Espécie *Bambusa vulgaris* na Montagem de Sistemas de Irrigação por Aspersão. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.
- GUIMARÃES JÚNIOR, M.; NOVACK, K. M.; BOTARO, V. R. Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos. **Revista Ibero-americana de Polímeros**, v. 11, n. 7, p. 442-456, 2010.
- HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo the gift of the Gods**. D'Vinni, Bogota, Colombia, 2003, 553 p.
- INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN.- IMBAR. **Evaluation of Bamboo Resources in Latin America**, 2015. Disponível em: < <http://www.inbar.int/#1>>. Acesso em: abr. 2017.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: out. 2017.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. ISO/TC165 N314 - **Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo**, 1999, 20p.
- JARA, C. A. **A sustentabilidade do desenvolvimento local**. Recife: SEPLAN, 1998.
- JANSSEN, J. J. A. Designing and building with bamboo. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR). **Technical report n. 20**. Beijing, China. 2000, 203p.
- LEE P.H; ODLIN M.; YIN H. Development of a hollow cylinder test for the elastic modulus distribution and the ultimate strength of bamboo. **Construction & building materials**, v. 51, p. 235–243, 2014.
- LI, X. **Physical, chemical and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing**. Dissertation, The School of Renewable Natural Resources, Louisiana, 2004, 76p.
- LIMA Jr, 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 e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 652-659, 2005.
- LIPANGILE, T.N. **Manufacture and construction of bamboo water supply systems**. Tanzania: Wood-Bamboo Division Report. 1998. p.42.
- LOPEZ, O. H. **Manual de construccion con bambu**. Estudios Tecnicos Colombianos LTDA. Universidad Nacional de Colombia. Cali, 1981, 71p.
- NETO, J. A. A.; TESTEZLAF, R.; MATSURA E. E. Características hidráulicas de tubos de bambu gigante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.1-7, 2000.
- PEREIRA, M. A. R. **Bambu, espécies, características e aplicações**. UNESP, Bauru, 2001.
- PEREIRA, M. A. R. O uso do bambu na irrigação montagem de um sistema de irrigação por aspersão de pequeno porte, utilizando tubulação de bambu. In SBEA, Congresso Brasileiro de Engenharia, **Anais CONBEA**, Campina Grande, Brasil, 1997.
- PERRY, J.H. **Chemical Engineers Handbook**, McGraw-Hill, Nova York, 3ª ed., 1999.
- ROSA, R. A.; PAES, J. B.; SEGUNDINHO, P. G. A.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, A. K. F. Influência da espécie, tratamento preservativo e adesivo nas propriedades físicas do bambu laminado colado. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 913-924, 2016.
- SÁ RIBEIRO, M.G; SÁ RIBEIRO, R.A.; VETTER, R.E.; ROCHA, J.S.; BESSA, T.M.F.; PONTES, C.L.F. Protótipo de vila ecológica na Amazônia. In: Conferência Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais: Materiais e Tecnologias para Construções Sustentáveis.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.18-26, jan./jun. 2017

BRASIL NOCMAT 2006, Salvador, Bahia, Brasil, 1-10p.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; MACEDO, E.L.; SALGADO, A.L. **Instruções técnicas sobre o bambu**. Boletim Técnico No. 143 do Instituto Agronômico, Campinas, SP, 1994. 43 p.

TIBURTINO, R. F.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; ROSA, R. A. Influência do diafragma no tratamento preservativo de duas espécies de bambu, por substituição de seiva. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 925-938, 2016.

TITOW, W. V. **PVC technology**. 4. Ed. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1984.

TORRES, V. S. M. Uso del bambú como material de construcción en estructuras no convencionales en la ciudad de Huancayo. **Apuntes de Ciencia e Sociedad**, v. 5, n. 1, 2015.

YUEN, J. Q. ; FUNG, T.; ZIEGLER, A. D. Carbon stocks in bamboo ecosystems worldwide:

Estimates and uncertainties. **Forest Ecology and Management**, v. 393, p. 113-138, 2017.

ZAKIKHANI, P.; ZAHARI, R.; SULTAN, M.T.H. ; MAJID, D. L. Morphological, Mechanical, and Physical Properties of Four Bamboo Species. **BioResources**, v.12, n. 2, p. 2479-2496, 2017.

ZHOU, F. **Selected Works of Bamboo Research**. Nanjiing, China: Research Editorial Committee. Nanjiing Forestry University, 2000, 164p.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Núcleo de Pesquisa (NUPE) do Centro Universitário de Volta Redonda pelo apoio financeiro, material e institucional concedidos para o desenvolvimento da presente pesquisa e à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelos apoios material, institucional e recursos humanos concedidos.