



SICIT
Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017
Faculdade de Engenharia



Universidade de Itaúna

Estudos sobre a influência da umidade interna de fibras de bambu na resistência à tração das fibras de bambu e de compósitos de resina poliéster com fibras de bambu gigante

Luiz Henrique Marra da Silva Ribeiro¹

Lucas Misael de Aguiar²

Ewerton Augusto de Sousa Nogueira³

Oswaldo Sena Guimarães⁴

José Felipe Dias⁵

Resumo: Com o objetivo de se desenvolver um gerador eólico de pequeno porte, feito com material não convencional e em sua maioria biodegradável, a influência da umidade interna das fibras de bambu nas propriedades mecânicas e dimensões de três espécies de bambu foram estudadas. As espécies estudadas foram de bambu mossô, cana da Índia e gigante, e as propriedades observadas foram resistência à tração, compressão e cisalhamento. A resistência à tração de compósito de resina poliéster com fibras de bambu gigante, com proporções de 0%, 10%, 20% e 30% do volume da matriz foram verificados. Também foi verificada a influência da umidade interna na aderência, via cisalhamento nesses compósitos. Os objetivos do trabalho foram desenvolver um gerador eólico de pequeno porte feito em sua maioria de material não convencional e biodegradável. Para isso, foi necessário verificar a influência da umidade na resistência à tração de três diferentes espécies de bambu e compósito de resina poliéster com bambu, verificar a resistência à tração, compressão e cisalhamento das espécies de bambu em condições de umidade interna “ambiente”, e identificar qual a proporção de resina poliéster/fibra de bambu possibilita uma maior resistência à tração no compósito.

Palavras-chave: Fibras de bambu. Resina poliéster. Compósito. Umidade. Resistência à tração.

- ¹ Engenheiro Mecânico, Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna; Mestrando em Estatística Aplicada e Biometria, UNIFAL, luiz.marra@outlook.com.
- ² Engenheiro Mecânico, Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna; Especialista em Segurança do Trabalho, Universidade de Franca, lucas_misael@yahoo.com.br.
- ³ Professor, Mestre / Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna, labmetal@uit.br.
- ⁴ Professor, Mestre / Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna, chim.sena@gmail.com.
- ⁵ Professor, Doutor / Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna, jfelipe@uit.br.

1. Introdução

De acordo com Ghavami (2005) e Ghavami (2008), as fibras de bambu podem ser utilizadas na área estrutural com ou sem reforço de diferentes tipos de matrizes, como por exemplo terra e compósitos de cimento. Na era industrializada, os principais fatores de escolha de material são preço e aplicação. Porém, devido ao sistema educacional voltado para materiais convencionais, os países em desenvolvimento não utilizam os materiais disponíveis



por falta de informação técnica dos mesmos (Ghavami, 2005; Ghavami, 2008; Freire e Beraldo, 2003).

De acordo com Liese (1992) e Chung e Yu (2002), a seleção da espécie do bambu deve ser considerada para a aplicação, pois as dimensões e propriedades das espécies podem variar consideravelmente. Mesmo assim, as variações das propriedades das mais de 550 espécies e 30 gêneros de bambu (Freire e Beraldo, 2003) são menores do que madeiras em geral, pois suas estruturas são mais simples (Ghavami, 2005; Chung e Yu, 2002). Estudos de bambus como materiais de aplicação estrutural são restritos (Ghavami, 2005; Ghavami, 1995; Ghavami, 2008; Liese, 1992) e diferença metodológica nas obtenções das propriedades são comuns (Freire e Beraldo, 2003).

A umidade interna dos bambus exerce influência nas propriedades mecânicas das madeiras em geral. A umidade interna das fibras de bambu varia para diferentes alturas do bambu, mesmo após sua colheita, e com período de secagem, as dimensões também variam com a umidade (Rapp, A. O. e Sailer, 2000; Freire e Beraldo, 2003; Wakchaure e Kute, 2012). O bambu recém-cortado apresenta normalmente umidade de 80%, e depois de 4 meses em condições ambientais, ele passa a apresentar umidade interna entre 10% e 15% (Freire e Beraldo, 2003). Esta umidade deve ser mantida para que a resistência mecânica seja otimizada, pois acima desta umidade a vida do material fica comprometida, pois há grandes chances de haver mofo (Ghavami, 2005; Freire e Beraldo, 2003; Wakchaure e Kute, 2012).

A maioria dos estudos sobre propriedades mecânicas dos bambus são realizadas nas seções sem nó, mesmo sabendo-se que os nós exercem influência na resistência mecânica dos bambus. Isto se deve ao fato de que para aplicações na indústria, estudando-se apenas as seções sem nó, é possível obter informações suficientes para sua aplicação (Shao, et al., 2010). No caso específico da resistência à tração, os nós fragilizam esta propriedade mecânica o que pode ser explicado pelo fato das fibras nos nós gerarem tensões transversais, ou devido as discontinuidades das fibras quando estas chegam aos nós (Freire e Beraldo, 2003; Shao, et al., 2010).

De acordo com Esteves e Pereira (2009), normalmente os tratamentos em madeiras são realizados entre 160°C e 260°C. Conforme o autor, existem vários métodos de tratamento, porém o processo da Thermowood que é a patente de tratamentos de madeiras mais extensa da Europa, realiza os tratamentos com temperaturas acima de 150°C por períodos entre duas a dez horas, e deve-se perder no mínimo 3% da massa no processo. Quando tratado a 200°C essa perda de massa é consideravelmente maior que qualquer outra temperatura para mesmos períodos de tratamento.

Conforme Yun et al. (2016), no intervalo entre 120°C e 180°C há um aumento do módulo de elasticidade, e redução na resistência à flexão. Considerando o tratamento com óleo de Manalo e Acda (2009), a tensão de ruptura é reduzida, bem como há uma menor absorção de água no pós-tratamento, quando o bambu é tratado a 200°C quando comparado a 160°C, e não houve significância entre tempos de 30 e 60 minutos. Os tratamentos realizados com ar e à pressão atmosférica causaram danos, porém insignificantes, à resistência à tração no estudo de Ochi, Takagi, e Niki (2002), os tratamentos entre temperaturas de 140°C e 160°C não interferiram na resistência à tração, bem como não houve diferença significativa no tempo de tratamento entre 0,5 e 2 horas. De acordo com Kim et al. (2001), no intervalo de 300°C a 340°C foi verificada degradação em regiões cristalinas no bambu, deve-se portanto evitar

tratamentos acima desta faixa.

Nas duas últimas décadas fibras naturais vêm substituindo as sintéticas em compósitos por terem menor densidade, ser mais baratas, renováveis e biodegradáveis, e possuírem propriedades aceitáveis. A desvantagem é que a fibra natural deve ter compatibilidade com a matriz polimérica para haver boa aderência (Prasad e Rao, 2011; Dhakal, et al., 2007). Para fibras de linho em matriz de resina poliéster, a aderência média foi verificada entre 14,2 e 16,4 MPa e entre 16,1 e 29,3 MPa para fibras de vidro em matriz de resina poliéster (Baley, et al., 2006). Como demonstrado por Araújo, et al. (2006), no compósito de fibra de vidro/resina poliéster, a partir de certa concentração de fibras na matriz, a resistência à tração tende a reduzir. Uma explicação se deve ao fato de que a resina, por ser de alta viscosidade, não consegue preencher completamente todos os espaços entre as fibras, que ficam sobrepostas umas sobre as outras na matriz (Okubo, et al., 2004). Os compósitos reforçados por fibras, além de compatibilidade dada pela estabilidade química e aderência entre a fibra e a matriz, também depende da resistência e módulo da fibra e da matriz (Naveen, et al., 2014).

A absorção de água pela resina poliéster pode ser danosa à matriz pois a água prejudica a ação do catalisador (Naveen, et al., 2014). A umidade também pode danificar a aderência de contato matriz/fibras (Dhakal, et al., 2007), e interferir no cisalhamento superficial, visto que as dimensões da fibra de bambu variam em função da sua umidade. Este aumento da área de seção transversal gera uma tensão de compressão, o que melhora a fixação fibra/resina (Tsenoglou, et al., 2006; Sabnani, et al., 2013). A absorção de umidade também interfere negativamente na aderência superficial da matriz às fibras (Dhakal, et al., 2007). Aditivos podem ser utilizados na matriz para evitar tais danos (Naveen, et al., 2014).

Com o objetivo de se desenvolver um gerador eólico de pequeno porte, foi verificar a resistência a tração dos materiais que serviriam para fabricar o suporte e hélices do gerador para espécies bastante diferentes entre si: bambu mossô, gigante e cana da Índia, e também de compósitos de resina poliéster com fibras de bambu gigante, para várias proporções de fibras, e determinar a maior eficiência da matriz. Para tal, ensaios de tração foram realizados para diferentes espécies e compósitos com diferentes proporções de fibras de bambu gigante foram testados. Também foi verificada a influência da umidade interna das fibras para as diferentes espécies de bambu e da umidade interna da fibra de bambu gigante na resistência dos compósitos, por ensaios de cisalhamento puro, em seções entre resina e fibra.

2. Metodologia

2.1 Fibras de bambu

Para considerar a variação das propriedades entre as diversas espécies de bambu, foram selecionadas três espécies de diferentes portes, melhores descritos na Tabela 1 e Tabela 2. Estes bambus foram obtidos em uma empresa brasileira especializada na produção de bambus para aplicação estrutural, pois assim teríamos um melhor controle sobre aspectos importantes como: idade, data de colheita e altura da seção utilizada. As seções utilizadas foram as partes inferiores dos bambus, por terem maior retilidade, sendo de até 5 metros acima do solo para o bambu gigante, 3 metros para mossô e 2 para o cana da Índia. Além disso, adquiriram-se bambus tratados pela empresa, os quais foram removidos a seiva, tratados termicamente em autoclave, e quimicamente com ACC (Arseniato de Cobre Cromatado). Com esses bambus foram confeccionados os corpos de prova considerados o



grupo de controle, pois são menos susceptíveis a alterações de umidade e ataques de fungos e insetos.

As umidades dos corpos de prova foram adquiridas logo antes de cada um dos ensaios destrutivos e seus dados estão descritos na Tabela 4. Um instrumento Testo 606 foi utilizado para estas verificações. Para os ensaios de tração, foi utilizada uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL-20000. Já as densidades e variações nas dimensões foram obtidas com amostras de diferentes bambus com dimensões pré-estabelecidas. Onde o volume foi verificado com a imersão das amostras em tubos volumétricos e massa obtida com uma balança de precisão da marca Marte, modelo AD2000.

TABELA 1 – Especificações dos bambus estudados.

Nome Popular	Nome Científico	Idade (anos)	Distância entre nós (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura (mm)
Bambu gigante	Dendrocalamus giganteus	7	518,8	118,91	10,40
Bambu mossô	Phyllostachy pubescens	7	354,1	70,03	6,54
Bambu cana da Índia	Phyllostachys aurea	7	196,4	32,73	4,15

TABELA 2 – Dimensões médias de propriedades geométricas dos bambus.

Espécie	Distância entre nós (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura (mm)	Densidade (g/cm ³)
Bambu gigante	518,8	118,91	10,40	0,73
Bambu mossô	354,1	70,03	6,54	0,85
Bambu cana da Índia	196,4	32,73	4,15	0,78

Os corpos de prova foram confeccionados de acordo com a Figura 1 e Tabela 3. A Figura 2 exibe algumas fraturas de corpos de prova. As dimensões D1, D, t, L, L1 e L2 foram selecionada depois de vários testes, de forma que o corpo de prova não trincasse e as fraturas fossem similares às encontradas na literatura.

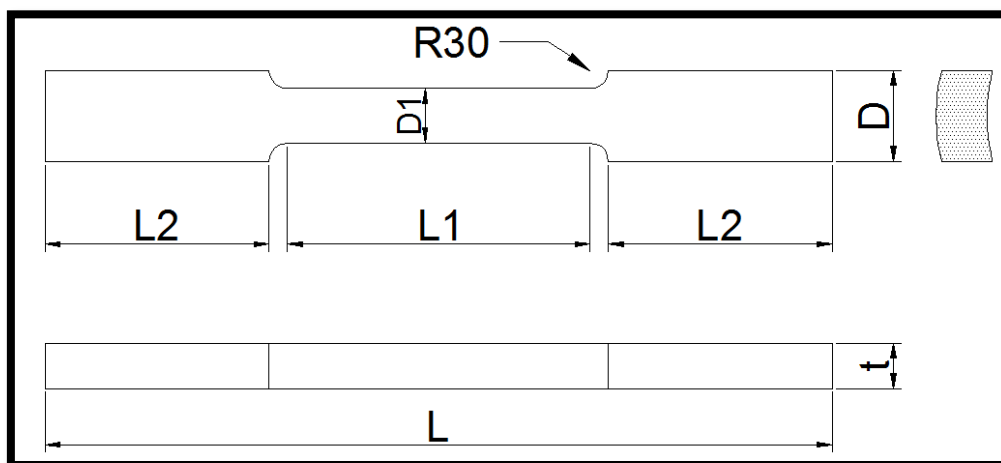


FIGURA 1 – Representação dos corpos de prova.



FIGURA 2 – Fraturas observadas nos corpos de prova fabricados de bambu gigante com e sem nó, mossô com e sem nó, e cana da Índia com e sem nó, da esquerda para direita.

TABELA 3 – Dimensões gerais dos corpos de prova para as diferentes espécies.

Espécie	D (mm)	D1 (mm)	L (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
Gigante	~ 20	~ 10	~ 200	~ 60	~ 70
Mossô	~ 16	~ 8	~ 180	~ 60	~ 60
Cana da Índia	~ 12	~ 6	~ 160	~ 60	~ 50

TABELA 4 – Estatísticas das umidades internas dos corpos de prova para as diferentes espécies e condições com e sem nó.

Espécie	Condição	Estatísticas			Espécie	Condição	Estatísticas		
		\bar{x} (%)	S	n			\bar{x} (%)	S	N
Gigante sem nó	Ambiente	18,60	2,67	6	Mossô com nó	Ambiente	14,86	0,38	6
	Tratado em ar	8,62	3,02	6		Tratado em ar	9,00	1,79	6
	Saturado	38,67	3,39	6		Saturado	35,87	4,05	6
	Controle	20,57	1,99	6		Controle	13,83	0,41	6
Gigante com nó	Ambiente	17,50	2,51	6	Cana da Índia sem nó	Ambiente	15,89	0,93	6
	Tratado em ar	8,67	2,80	6		Tratado em ar	6,33	0,52	6
	Saturado	32,14	6,64	6		Saturado	25,62	0,92	6
	Controle	20,00	2,62	6		Controle	15,22	0,44	6
Mossô sem nó	Ambiente	15,00	0,00	6	Cana da Índia com nó	Ambiente	15,43	0,53	6
	Tratado em ar	8,00	2,93	6		Tratado em ar	10,83	0,75	6
	Saturado	30,29	5,99	6		Saturado	22,57	2,44	6
	Controle	13,50	0,53	6		Controle	15,44	0,73	6

Os corpos de prova “saturados” foram imersos em água por 48 horas, então deixou-se retirar o excesso da umidade em ambiente por 120 minutos, e todos os ensaios foram realizados em até 40 minutos após isso. As umidades internas foram verificadas logo antes do

