

Propriedades tecnológicas do bambu em diferentes idades e posições no sentido longitudinal

Technological properties of bamboo at different ages and positions in the longitudinal direction

Carol Stochero¹  ; Luana Candaten^{2*}  ; Tauana de Souza Mangini³  ; Rômulo Trevisan⁴  ; Elder Eloy⁵ 

^{1,2,3,4,5} Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, Departamento de Engenharia Florestal.
*corresponding author: luana_candaten@outlook.com

Recebido 04/11/2022

Aceito 19/06/2023

Publicado: 21/12/2023

Resumo:

O consumo por produtos que possuam características sustentáveis vem ganhando espaço no mercado, sendo assim, é de suma importância o estudo e conhecimento das características dos mesmos, para que dessa forma seja possível sua correta aplicabilidade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e de flexão estática do bambu. Para a execução do experimento foram selecionados três indivíduos de um, dois e três anos de idade, sendo seccionados nas porções da base, meio e topo. Desses retiraram-se corpos de prova para as avaliações já citadas, em função da idade, das diferentes posições no sentido base-topo e em duas condições de umidade, sendo essas, seca ao ar a 15% de umidade e saturada. De acordo com os resultados obtidos, o teor de umidade apresentou uma tendência de decréscimo com aumento da idade e da base para o topo. Enquanto, a massa específica básica e a massa específica aparente saturada, nas idades de dois e três anos, tiveram uma tendência de aumento no sentido longitudinal. O inchamento e a contração no sentido radial, de modo geral, foram superiores ao tangencial. No ensaio de flexão estática, a condição de umidade seco ao ar apresentou as maiores médias para MOE (Módulo de Elasticidade), MOR (Módulo de Ruptura) e TLP (Tensão no Limite Proporcional) em relação as saturadas, em todas as posições e idades. Com isso, conclui-se que, a partir das propriedades estudadas o bambu apresenta uma alta resistência, principalmente quando empregado em condições seco ao ar e idade madura.

Palavras-chave: bambu; características tecnológicas; resistência mecânica.

Abstract:

The consumption of products that have sustainable characteristics has been gaining ground in the market, so it is extremely important to study and understand their characteristics, so that their correct applicability is possible. The present work aimed to evaluate the physical and static bending properties of bamboo. For the execution of the experiment, three individuals of one, two and three years of age were selected, being sectioned in the portions of the base, middle and top. From these,

specimens were removed for the aforementioned evaluations, depending on age, different positions in the base-top direction and in two humidity conditions, namely, air-dried at 15% humidity and saturated. According to the results obtained, the moisture content showed a decreasing trend with increasing age and from the bottom to the top. On the other hand, the basic density and the saturated apparent density, at the ages of two and three years, had a tendency to increase in the longitudinal direction. The swelling and contraction in the radial direction, in general, were superior to the tangential one. In the static bending test, the air-dried moisture condition presented the highest averages for MOE (Modulus of Elasticity), MOR (Modulus of Rupture) and TLP (Tension at Proportional Limit) in relation to saturated conditions, in all positions and ages. With this, it is concluded that, from the properties studied, bamboo has a high resistance, especially when used in air dry conditions and mature age.

Keywords: bamboo; technological characteristics; mechanical strength.

1. Introdução

O consumo de produtos madeireiros e não madeireiros estão em crescente demanda, por possuírem características sustentáveis – principalmente por ser um material renovável e de fácil obtenção – que contribuem para a preservação do ambiente (Rusch *et al.*, 2018). Infelizmente ainda existem obstáculos em se trabalhar com esse tipo de material, como a falta de conhecimento de seus parâmetros de trabalhabilidade, sendo assim, é de suma importância o estudo e conhecimento das características tecnológicas, para que dessa forma seja possível sua correta aplicabilidade (Barbosa *et al.*, 2020).

Dentre esses produtos, pode-se citar o bambu, o qual é um composto natural lignocelulósico de baixa a média massa específica, alta resistência mecânica e fácil manuseio, o que torna vantajosa sua utilização à medida que atinge a idade adulta, ou seja, aproximadamente aos 3 anos, esses podem ser selecionados ainda em função do comprimento das hastes, diâmetro e espessura da parede do colmo, apresentando boas propriedades tecnológicas (Rusch *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2021), como densidade elevada e alta resistência mecânica.

Sendo assim, o bambu tem demonstrado a eficiência ao ser utilizado na produção de painéis compensados, laminados, de partículas orientadas (Song *et al.*, 2018), podendo ainda ser considerado um complemento a diversos materiais, dentre esses, a madeira (Rusch *et al.*, 2018), contribuindo para redução da supressão de diversas espécies nativas (Mbamu *et al.*, 2020).

Assim, devem ser consideradas as inúmeras particularidades como, por exemplo, as características físico-mecânicas que compõem o material e que serão importantes para determinar o comportamento do mesmo (Barbosa *et al.*, 2020). Dentre essas, destacam-se os ensaios mecânicos, como, a flexão estática, que expressa a variabilidade do produto diante da associação existente entre a resposta ou deformação quando exposto a uma força ou estímulo (Sousa *et al.*, 2022), bem como as peculiaridades físicas, entre essas a massa específica, teor de umidade e a retratibilidade, as quais influenciam diretamente nos atributos que integram o material como, por exemplo, a resistência e a durabilidade (Junior *et al.*, 2019).

Desse modo, ainda que não seja uma solução específica dos problemas associados ao meio ambiente esse material deve ser analisado, em função da qualidade e do seu potencial tecnológico, como uma matéria-prima alternativa e de baixo custo a ser explorada, que gera inúmeras possibilidades de uso, renda, empregos e oportunidades (Silva *et al.*, 2021). Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar propriedades físicas e de flexão estática do bambu em diferentes idades e posições no sentido longitudinal.

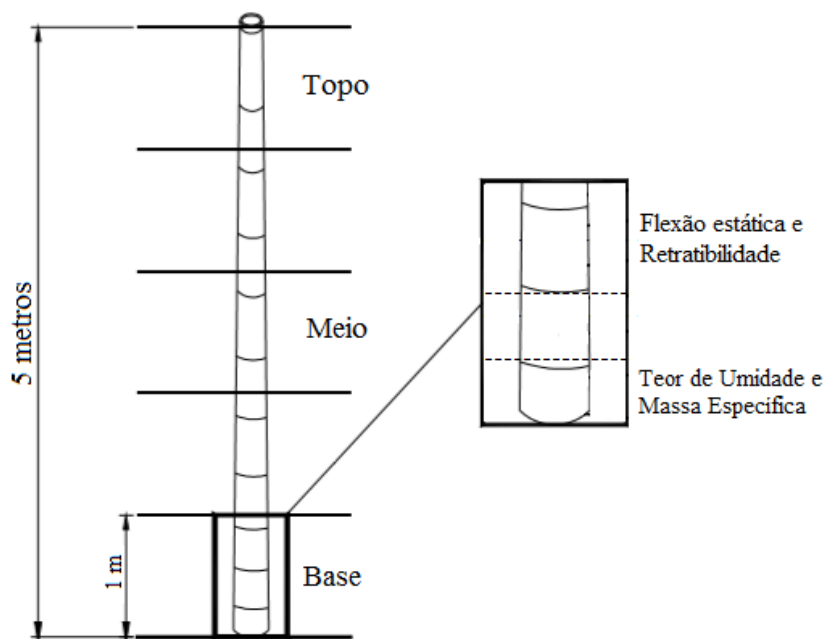
2. Material e Métodos

Para a execução do experimento foram selecionados três indivíduos de um, dois e três anos de idade, da espécie *Dendrocalamus giganteus*, provenientes de área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen (UFSM-FW), os quais apresentaram um diâmetro basal de 10 a 12 cm, mensurado à 1,3 m do solo. Após o abate dos exemplares, os mesmos foram acondicionados em sacos plásticos para conservação da umidade e transporte dos mesmos até o Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da UFSM-FW. Os corpos de prova foram armazenados em água a fim de se obter a completa saturação das fibras, para posterior confecção das amostras, utilizadas nos ensaios físicos e de flexão estática, sendo confeccionados de acordo com a norma ASTM – D143 06 (1996) com adaptações, onde o principal ajuste se deu nas dimensões dos corpos de prova.

Para tanto, foram utilizados os cinco primeiros metros dos bambus separados em “base, meio e topo”, tendo cada secção um metro de comprimento e alternância entre ambos de mesma dimensão (Figura 1).

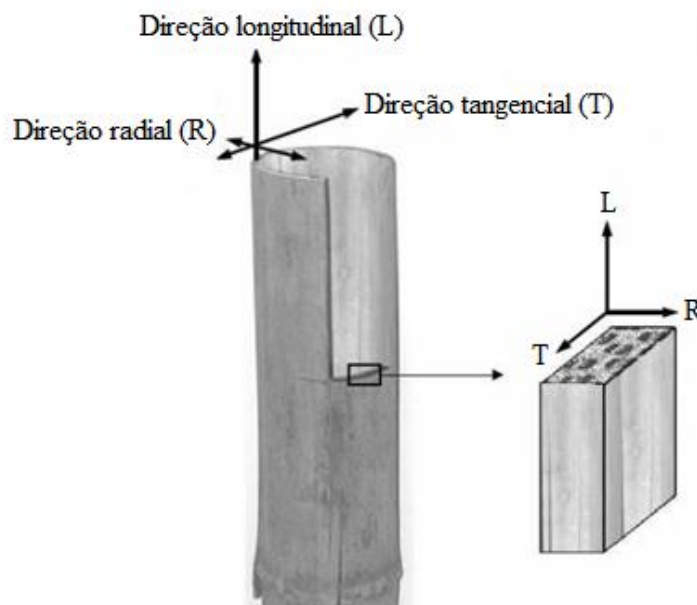
Figura 1. Esquema da retirada dos corpos de prova para avaliação das propriedades físicas e mecânica de *Dendrocalamus giganteus*

Figure 1. Scheme of specimen removal to evaluate the physical and mechanical properties of *Dendrocalamus giganteus*



Fonte: Berndsen modificado (2013)

Posteriormente, selecionou-se porções sem presença de nós, para que assim, fossem desdobradas em fasquias, e dessas confeccionadas os corpos de prova. Uma vez que o bambu não exibe anéis de crescimento e raios como na madeira, as dimensões dos corpos de prova foram realizadas de acordo com o esquema sugerido por Ahmad (2000), em que a espessura correspondeu ao sentido radial e a largura ao tangencial (Figura 2).

Figura 2. Esquema do dimensionamento dos corpos de prova confeccionados dos colmos de *Dendrocalamus giganteus***Figure 2.** Scheme of sizing of specimens made from *Dendrocalamus giganteus* culms

Fonte: Ahmad modificado (2000)

Os corpos de prova para determinação do teor de umidade inicial, massa específica básica e aparente saturada, bem como a retratibilidade (contração e inchamento) tiveram suas dimensões adaptadas para 1 x 1 x 10 cm (radial, tangencial e longitudinal, respectivamente), com 11 repetições por posição e idade.

Para o teste de flexão estática, Módulo de Elasticidade (MOE), Módulo de Muptura (MOR) e Tensão no Limite Proporcional (TLP), foi utilizado corpos de prova em duas condições, secos ao ar à 12% de umidade e saturados em água, ambas com 11 repetições, levando em consideração as posições e idades estudadas. As amostras foram dimensionadas em 1 x 1 x 20 cm (radial, tangencial e longitudinal, respectivamente) e este teste foi conduzido na máquina universal de ensaios (EMIC), utilizando um vão entre os apoios de 140 mm e velocidade de 0,52 mm/min.

Os dados das propriedades físicas e de flexão estática amostrados foram submetidos a análise de variância em ensaio fatorial ao nível de 5% de probabilidade de erro e, no caso de rejeição da hipótese de igualdade, ao teste DMS (Diferença Mínima Significativa). Nas características mecânicas avaliadas houve a combinação de dois fatores: posição em três níveis (fator A), umidade em duas condições (fator D), além da possível interação. As demais propriedades físicas foram analisadas em função da posição (A) e idade (D), com três fontes de variação para ambos, e a eventual interação.

3. Resultados e Discussão

A análise de variância evidenciou a interação entre idade e a posição longitudinal do material para as propriedades físicas de teor de umidade inicial, massa específica básica e massa específica aparente saturada (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) para teor de umidade inicial, massa específica básica e massa específica aparente saturada em função da idade e posição de *Dendrocalamus giganteus***Table 1.** Analysis of variance (ANOVA) for initial moisture content, basic density and saturated apparent density as a function of age and position of *Dendrocalamus giganteus*

FV	Gl	Quadrado médio		
		TU	ME básica	ME aparente saturada
Idade	2	50952,8**	0,40**	0,03**
Posição	2	24763,5**	0,20**	0,01**
Interação	4	5194,1**	0,12**	0,02**
CV		29,5	17,9	3,3

Em que: FV = Fonte de variação; Gl = Graus de liberdade; TU = Teor de umidade inicial; ME = Massa específica básica; CV = Coeficiente de variação, (%); ** = Significativo a 1% de probabilidade de erro.

Where: FV = Source of variation; Gl = Degrees of freedom; TU = Initial moisture content; Basic ME = Basic specific mass; Saturated apparent ME = Saturated apparent specific mass; CV = Coefficient of variation, (%); ** = Significant at 1% probability of error.

Os valores médios obtidos para as características físicas estudadas podem ser observados na Tabela 2. De modo geral, quando avaliado o teor de umidade, os resultados permitiram evidenciar uma tendência de decréscimo com aumento da idade e com as posições da base para o topo.

Tabela 2. Valores médios para teor de umidade inicial, massa específica básica e massa específica aparente saturada em função da idade e posição para *Dendrocalamus giganteus***Table 2.** Mean values for initial moisture content, basic density and saturated apparent density as a function of age and position for *Dendrocalamus giganteus*

Idade	Teor de umidade (%)			Massa específica básica (g/cm ³)			Massa específica aparente saturada (g/cm ³)		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
1	153,0 Aa ¹	136,6 Ba	139,7Ba	0,50 Ab	0,48 Abc	0,46 Bc	1,15 Aa	1,14 Abc	1,12 Bc
2	134,9 Ab	81,6 Bb	60,7 Cc	0,48 Cb	0,66 Ba	0,76 Aa	1,13 Cb	1,20 Ba	1,22 Aa
3	109,7 Ac	85,9 Bb	82,7 Cb	0,55 Ca	0,64 Bb	0,65 Ab	1,15 Ba	1,18 Ab	1,18 Ab

¹ Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si de acordo com o teste DMS (Diferença Mínima Significativa) a 95% de probabilidade.

¹ Means followed by the same letters, lowercase in the column and uppercase in the row, do not differ according to the DMS (Minimum Significant Difference) test at 95% probability.

Os valores mais elevados de teor de umidade inicial das amostras foram provenientes da base, sendo dos corpos de prova de 1 ano de idade e o menor resultado no topo aos 2 anos, com valores de 153,0 e 60,7%, respectivamente. A tendência informada para o teor de umidade corroborou com as encontradas por Brito (2018), Librelotto e Osapiv (2019), os quais afirmaram que a umidade tende a diminuir com o aumento da idade e no sentido base-topo das hastes, isso se explica pois a medida que

o colmo envelhece (amadurece), o lúmen das fibras se estreita e os vasos se tornam esclerosados, dificultando a absorção ou a perda de água.

Essas condições podem ser responsáveis ainda pela variação da propriedade massa específica básica, a qual, na espécie estudada constatou-se valores de 0,46 a 0,76 g/cm³, observando uma tendência de acréscimo no sentido da base para o topo das idades analisadas, com exceção apenas do material com 1 ano de idade (Tabela 2).

Concomitantemente aos resultados obtidos no presente estudo, Rosa et al. (2016) ao analisarem a mesma espécie, observaram valores de 0,40 a 0,80 g/cm³. Silva et al. (2021) ao estudarem a espécie *Bambusa Vulgaris* encontraram para as posições da base, meio e topo médias iguais a 0,46; 0,49 e 0,50 g/cm³, respectivamente. Essa variabilidade nas médias de massa específica pode ser explicada também pelas características anatômicas do bambu, pela concentração dos feixes fibrovasculares no topo das hastes e pela redução das células parenquimáticas nessa região (Luis et al., 2017).

Com isso, fazendo analogia com os valores comumente relatados para a madeira, por exemplo, essa propriedade pode ser classificada como intermediária e indicar boas propriedades mecânicas (Rusch et al., 2018).

Da mesma forma, a massa específica aparente saturada apresentou comportamento semelhante, identificando um aumento quando relacionado a posição amostrada nas idades de dois e três anos. As médias observadas de massa específica aparente saturada apresentaram uma amplitude de 1,12 g/cm³ a 1,22 g/cm³.

Morais (2011), estudou três espécies de bambu, sendo: *Dendrocalamus giganteus*, *Bambusa tuldoides* e *Phyllostachys pubecens*, em que foi possível observar valores de 1,11; 1,10 e 1,08 g/cm³, respectivamente, estando em conformidade com os resultados do presente estudo.

Já a análise de variância para a propriedade física retratibilidade demonstrou interação entre idade e posição, para inchamento e contração nos sentidos tangencial, radial e, para retratibilidade volumétrica (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) para inchamento e contração em função da idade e posição para *Dendrocalamus giganteus*

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for swelling and contraction as a function of age and position for *Dendrocalamus giganteus*

FV	GI	Quadrado médio					
		Inchamento (%)			Contração (%)		
		Tg	Rd	Volumétrica	Tg	Rd	Volumétrica
Idade	2	15,33**	104,21**	189,54**	60,49**	190,68**	437,8**
Posição	2	2,56 ns	16,98**	7,79 ns	88,81**	19,58**	181,1**
Interação	4	10,55**	5,31**	24,31**	13,51**	6,14**	35,31**
CV		28	31,6	24,9	25,7	26,3	37,8

Em que: FV = Fonte de variação; GI = Graus de liberdade; Tg = Tangencial; Rd = Radial; Volumétrica = Retrabilidade Volumétrica; CV = Coeficiente de variação, (%); ** = Significativo a 1% de probabilidade de erro; ns = Não significativo. Where: FV = Source of variation; GI = Degrees of freedom; Tg = Tangential; Rd = Radial; Volumetric = Volumetric Shrinkage; CV = Coefficient of variation, (%); ** = Significant at 1% probability of error; ns = Not significant.

Na Tabela 4 estão destacados os resultados médios observados para a propriedade retratibilidade em função da idade e posição da espécie *Dendrocalamus giganteus*.

Tabela 4. Valores médios para inchamento e contração em função da idade e posição para *Dendrocalamus giganteus*
Table 4. Mean values for swelling and contraction as a function of age and position for *Dendrocalamus giganteus*

Idade	Inchamento (%)								
	Tangencial			Radial			Volumétrica		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
1	5,4 Ba ¹	7,1 Aa	5,8 ABa	6,6 Ba	8,9 Aa	9,4 Aa	12,1 Ba	16,0 Aa	15,3 Aa
2	5,5 Aa	5,5 Ab	5,6 Aa	5,1 Ab	5,3 Ab	5,6 Ab	10,7 Aa	11,0 Ab	11,2 Ab
3	6,1 Aa	4,1 Bc	4,0 Bb	4,7 Bb	4,9 Bb	5,7 Ab	10,8 Aa	9,1 Ac	9,7 Ab

Idade	Contração (%)								
	Tangencial			Radial			Volumétrica		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
1	12,0 Aa	10,8 Aa	7,2 Ba	12,4 Aa	13,0 Aa	10,3 Ba	24,5 Aa	23,9 Aa	17,6 Ba
2	9,1 Ab	8,3 ABb	7,8 Ba	7,9 ABb	8,2 Ab	7,1 Bb	17,2 Ab	16,7 ABb	15,0 Bb
3	9,5 Ab	6,5 Bc	5,8 Bb	8,6 Ab	7,2 Bc	7,3 Bb	18,3 Ab	14,0 Bc	13,3 Bb

¹ Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si de acordo com o teste DMS (Diferença Mínima Significativa) a 95% de probabilidade.

¹ Means followed by the same letters, lowercase in the column and uppercase in the row, do not differ according to the DMS (Minimum Significant Difference) test at 95% probability.

De maneira geral, é possível observar um decréscimo nos valores de inchamento e contração com aumento da idade, podendo estar relacionado a maturação da espécie e contribuindo assim para a estabilidade dimensional do bambu.

Em relação a variação dos resultados nos sentidos tangenciais e radiais, foi possível observar que os maiores valores ocorreram no sentido radial, principalmente nas amostras provenientes de um ano de idade. Os dados mensurados para o inchamento tangencial, variaram de 4,0% aos 3 anos de idade e 7,1% com 1 ano, enquanto que, para a direção radial, os valores foram de 4,7% até 9,4%, aos 3 e 1 ano de idade, respectivamente, comportamento distinto do que é visto em espécies madeireiras, que possui contração tangencial sempre maior que a radial. Rusch et al. (2018) explicaram esse fenômeno em função da ausência de raios, por isso os colmos podem apresentar maior variação nessa direção anatômica.

Com relação a contração, o maior valor observado no sentido tangencial foi de 12,0%, sendo superior ao apresentado por Rosa et al. (2016), os quais para a mesma espécie, encontraram resultado de 7,8%. Para a contração radial a amplitude verificada foi de 7,1 a 13,0%, esses valores estão de acordo com os citados por Brito et al. (2015), os quais obtiveram resultados de 5,8 a 14,0% para a espécie *Dendrocalamus giganteus*. Observar-se ainda que os valores médios das variações nas duas direções (radial e tangencial) geralmente são menores que os valores encontrados para madeira.

A contração volumétrica média encontrada, com valor de 17,8%, foi inferior àquela obtida por Mbamu et al. (2020), para a espécie *Phyllostachys aurea*, igual 18,2% e superior em relação os resultados de Rosa et al., (2016), sendo de 15,7% para a espécie de *Dendrocalamus giganteus* e 16,9% para *Bambusa vulgaris*. De acordo com Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1985), se compararmos o bambu com a madeira a contração volumétrica entre 12,3 e 19,4% são consideradas de média retração e inferiores a isto, de pouca retração, a partir dos resultados apresentados o *Dendrocalamus giganteus*, pode ser classificado como média retração.

Sendo assim, quando observado os resultados obtidos pela análise de variância para flexão estática a mesma demonstrou interação as diferentes condições de umidade e posições, somente no material com 3 anos (Tabela 5). Enquanto que, aos 2 anos o fator interação não mostrou diferença estatística, já para o bambu com 1 ano, a única propriedade que não se verificou diferença foi o MOR quando relacionado a posição.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para flexão estática em função da umidade e posição para *Dendrocalamus giganteus***Table 5.** Analysis of variance (ANOVA) for static bending as a function of humidity and position for *Dendrocalamus giganteus*

FV	G I	Quadrado médio								
		Idade 1			Idade 2			Idade 3		
		MOE	MOR	TLP	MOE	MOR	TLP	MOE	MOR	TLP
U	1	1,25E10**	2,33E6**	780764**	1,53E10**	1,92E6**	803564**	2,37E10**	3,09E6**	1,17E6**
P	2	1,19E7ns	111254**	15439,6**	2,19E9**	301842**	186426**	4,42E8*	5398,98ns	22199,1**
I	2	1,10E7ns	1906,19ns	3669,03ns	2,23E6ns	4723,8ns	16945,8ns	6,38E8**	37600,2**	10390,4*
CV		23,3	29	35,6	19,9	18,8	30,7	20,1	20,9	25,2

Em que: U = Umidade; P = Posição; I = Interação; FV = Fonte de variação; GI = Graus de liberdade; MOE = Módulo de elasticidade; MOR = Módulo de ruptura; TLP = Tensão do limite proporcional; CV = Coeficiente de variação, %; ** = Significativo a 1% de probabilidade de erro; * = Significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = Não significativo.

Where: U = Humidity; P = Position; I = Interaction; FV = Source of variation; GI = Degrees of freedom; MOE = Modulus of elasticity; MOR = Modulus of rupture; TLP = Proportional limit voltage; CV = Coefficient of variation, %; ** = Significant at 1% probability of error; * = Significant at 5% error probability; ns = Not significant.

A partir dos dados observados na Tabela 6 pode-se evidenciar que conforme o aumento da idade, maior foi a influência dos resultados nas propriedades mecânicas do material, indicando que em bambus mais jovens, a resistência mecânica, pode ser inferior, levando em consideração a posição e o teor de umidade encontrado nas amostras. Quando realizado uma analogia com espécies madeireiras esse fato também é observado, como relatado no estudo de Sala et al. (2020).

Tabela 6. Valores médios de MOE, MOR e TLP de flexão estática em função da posição e umidade nas idades observadas de *Dendrocalamus giganteus***Table 6.** Mean values of MOE, MOR and TLP of static bending as a function of position and humidity in the observed ages of *Dendrocalamus giganteus*

Módulo de Elasticidade (MPa)									
Umidade	Idade 1			Idade 2			Idade 3		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
Seco	8769,9	8854,7	8670,8	10854,2	12763,2	12373,3	12873,3	12705,9	12738,3
	Aa ¹	Aa	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
Saturado	6189,7	6003,1	6004,2	7932,9	9749,3	9332,9	7953,0	97713,7	9437,8
	Ab	Ab	Ab	Bb	Ab	Ab	Bb	Ab	Ab
Módulo de Ruptura (MPa)									
Umidade	Idade 1			Idade 2			Idade 3		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
Seco	98,7	92,7	85,1	117,6	139,9	138,4	132,2	128,2	134,0
	Aa	Aba	Ba	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
Saturado	63,2	53,7	48,9	86,3	103,1	106,0	85,0	95,1	87,0
	Ab	Bb	Bb	Bb	Ab	Ab	Bb	Ab	Bb
Tensão no limite proporcional (MPa)									
Umidade	Idade 1			Idade 2			Idade 3		
	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo	Base	Meio	Topo
Seco	48,7	42,5	43,1	55,8	67,5	70,4	68,9	69,6	74,2
	Aa	Ba	Ba	Ba	Aba	Aa	Ba	Ba	Aa
Saturado	25,0	20,9	24,5	35,4	50,6	49,0	39,7	48,3	46,2
	Ab	Ab	Ab	Bb	Ab	Ab	Bb	Ab	Ab

¹ Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si de acordo com o teste DMS (Diferença Mínima Significativa) a 95% de probabilidade.

¹ Means followed by the same letters, lowercase in the column and uppercase in the row, do not differ according to the DMS (Minimum Significant Difference) test at 95% probability.

Quando analisada a propriedade de flexão estática (Tabela 6) os valores de MOE, MOR e TLP apresentaram as maiores médias em condição de umidade seco ao ar quando relacionada com as amostras saturadas, em todas as posições e idades avaliadas. Rusch et al. (2018) observaram que o teor de umidade no bambu pode afetar algumas propriedades físicas e mecânicas e interferir na resistência, durabilidade e trabalhabilidade do mesmo.

Com relação ao MOE, verificou-se aos 2 anos de idade, que os menores resultados foram provenientes da posição basal, os quais variaram de 10854,2 à 12373,3 MPa, na condição seco ar, no sentido longitudinal. Esses valores estão em conformidade com os apresentados por Berndsen et al., (2013), os quais da mesma forma observaram um acréscimo no sentido base-topo, resultando em médias iguais a 12289,0 e 14559,0 MPa, respectivamente.

Esses fatos se explicam, pois, a resistência mecânica desse gênero é influenciada principalmente, pelo teor de fibras, o qual atinge seu valor máximo com a maturidade, e em geral, no sentido longitudinal, a base é menos resistente, pois nessa posição ocorre maior teor de parênquima (reduzindo proporcionalmente o teor de fibras) (Rusch et al., 2018).

Já quando estudado a propriedade MOR, no primeiro ano de idade evidenciou uma tendência decrescente em função da posição do colmo em ambas as condições de umidade, diferentemente da variação apresentada aos dois anos onde houve um aumento dos valores conforme a posição, enquanto que, aos três anos, não houve uma tendência definida.

A variação com relação à idade para MOR, também foi observada por Berndsen et al. (2013), os quais obtiveram valores do MOR na idade de um, três e cinco anos, para a espécie *Phyllostachys pubescens* de 160, 166 e 176 Mpa, respectivamente.

No entanto, a partir dos resultados de TLP, observou-se que, com exceção do primeiro ano, as demais idades apresentaram uma tendência crescente em função da posição base-topo para ambas as condições de umidade submetidas. Os dados observados para a propriedade em condição saturadas observou-se valores de 20,9 à 50,6 MPa, enquanto que ao se analisar a situação seca ao ar os valores superiores, variando entre 42,5 à 74,2 MPa.

As características mecânicas do bambu podem ser influenciadas por diversos fatores tais como espécie, tipo de solo, condições climáticas, idade, localização ao longo do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras, metodologia adotada para realização dos testes e forma irregular dos corpos de prova, sendo essas possíveis explicações para as variações entre os resultados obtidos nos ensaios e os encontrados na literatura (Rusch et al., 2018).

4. Conclusão

As massas específicas nas idades de dois e três anos apresentam uma tendência crescente no sentido longitudinal, enquanto o teor de umidade tende a diminuir em ambas as situações. Já quanto a propriedade de retratibilidade, observa-se um decréscimo nos valores com aumento da idade, o que contribui com a estabilidade dimensional da espécie. No ensaio de flexão estática, a condição de umidade seco ao ar evidencia as maiores médias para MOE, MOR e TLP em relação as saturadas, em todas as posições e idades.

Com isso, é possível compreender que, o bambu apresenta uma alta resistência, principalmente quando empregado em condições seco ao ar e com idades superiores, ou seja, quando atingem a maturação.

Referências

- AHMAD, M. **Analysis of calcutta bamboo for structural composite materials**. Virginia, Blacksburg: Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2000. 210 p. Dissertação de Mestrado.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber**. D-143-96. Vol. 04.10 on Wood. Annual Book of ASTM Standards, ASTM.
- BARBOSA, F. G.; SILVA, M. A. A. M.; DE OLIVEIRA, M. B. O uso do bambu como elemento estrutural em moradias. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 6, n. 1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v6n1a14>.
- BERNDSSEN, 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**, v. 43, n. 3, p. 485-494, 2013. DOI: 10.5380/rf.v43i3.29319.
- BRITO, F. M. S. **Produção e avaliação da qualidade de painéis aglomerados constituídos por partículas de bagaço de cana-de-açúcar e bambu**. Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo, 2018.
- BRITO, F. M. S.; PAES, J. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C.; NETO, H. F. Caracterização Anatômica e Física do Bambu Gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro). **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 559-566, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.033913>.
- SILVA, W. K. D. DA.; RUBENS, T. D. M.; CABRAL, A. E. B. Caracterização das propriedades físicas da espécie de bambu *Bambusa Vulgaris* cultivada em Redenção, Ceará-Brasil. **XVII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.068>.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo, p. 189, 1985.
- JUNIOR, L. S.; MELO, R. R.; DE CASTRO, V. G.; DE SOUZA, M. J. C.; BATISTA, F. G. Qualidade da madeira juvenil de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*-H13). **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 523-527, 2019. DOI: 10.34062/afs.v6i1.6488.
- LIBRELOTTO, L. I.; OSTAPIV, F. **Bambu: Caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. Florianópolis - Grupo de Pesquisa Virtuhab/UFSC, 2019.
- LUIS, Z. G. L.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (*Poaceae, Bambusoideae*). **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1084615/caracterizacao-anatomica-dos-orgaos-vegetativos-de-bambu-poaceae-bambusoideae>>. Acesso em: 20 junho 2022.
- MORAIS, W. W. C. **Propriedades físico-mecânicas de chapas aglomeradas produzidas com bambu, pinus e eucalipto**. Dissertação Mestrado, Santa Maria, 2011.
- NUNES, G. DA M.; SOBRINHO JUNIOR, A. DA S.; PASTOR, J. DOS S. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. Revista Principia. **Instituto Federal Paraíba**, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4366>.
- ROSA, R. A.; PAES, J.B.; SEGUNDINHO, P.G.A.; VIDAURRE, G.B.; OLIVEIRA, A.K.F. Influências da espécie, tratamento preservativo e adesivos nas propriedades físicas do bambu laminado colado. **Ciência Floresta**, v. 26, n. 3, p. 913-924, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509824220>.

RUSCH, F.; HILLIG, É.; CEOLIN, G.B. Anatomia de hastes adultas de bambu: uma revisão. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201701530>.

SALA, C.M.; ROBLES, E.; GUMOWSKA, A.; KOWALUK, G. Influence of moisture content on the mechanical properties of selected wood-based composites. **BioResources**, v. 15, n. 3, p. 5503–5513, 2020. DOI: <http://doi.org/10.15376/biores.15.3.5503-5513>.

SONG, W.; ZHU, M.; ZHANG, S. Comparison of the properties of fiberboard composites with bamboo green, wood, or their combination as the fibrous raw material. **BioResource**, v. 13, n. 2, p. 3315-3334, 2018. DOI: [10.15376/biores.13.2.3315-3334](https://doi.org/10.15376/biores.13.2.3315-3334).

SOUSA, P. M. L. G.; COSTA, J. A.; SILVA, L. C.; CASTRO, C. H. C.; DE SOUSA MACHADO, V.; DUARTE, F. R. L.; DIAS, J. M. S. Metodologia de baixo custo para determinação do módulo de elasticidade a flexão estática de vigas de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*). **Research, Society and Development**, v.11, n. 10, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32633>.

Author contribution:

Todos os autores contribuíram para a realização do presente trabalho. Rômulo Trevisan e Elder Eloy atuaram principalmente no planejamento, estatísticas e revisões finais do trabalho; Carol Stochero executou as atividades práticas e fez o esboço inicial; Luana Candaten e Tauana Mangini desenvolveram as versões finais da parte escrita, resultados e discussão.

Financing Sources

There was no source of funding.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Associate Editor

Gledson Luiz Salgado de Castro

ORIGINAL ARTICLE

