ANÁLISE DE COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO ENTRE ARGAMASSAS COM FIBRAS DE BAMBU E DAS ESPÉCIES *BAMBUSA VULGARIS* E *DENDROCALAMUS ASPER*.

DE LIMA, Glicia Alencar (1); MACÊDO NETO, Jaime Lôbo de. (2); SILVA, Gerlândio Pereira (3); MOREIRA, Bruno Sampaio (4); BARRETO, Aerson Moreira (5).

Engenharia Civil, (1) Universidade Federal do Cariri, e-mail: glicia.alencar@aluno.ufca.edu.br;

Engenharia Civil, (2) Universidade Federal do Cariri, e-mail: jaime.lobo@aluno.ufca.edu.br;

Engenharia Civil, (3) Universidade Federal do Cariri, e-mail: gerlandio.silva@aluno.ufca.edu.br;

Engenharia Civil, (4) Universidade Federal do Cariri, e-mail: bruno.moreira@aluno.ufca.edu.br;

Engenheiro Civil e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, (5) Universidade Federal do Cariri, e-mail: aerson.barreto@ufca.edu.br.

Resumo: *A argamassa é um composto com alto consumo na construção civil. Na exploração de suas matérias primas, ocorrem impactos ambientais principalmente com relação ao uso de Cimento Portland em suas composições. Por isso, alternativas para incremento de outros materiais mais "ecologicamente amigáveis" são necessárias para a diminuição destes impactos. Este trabalho tem como objetivo a análise de dois artigos: "Viabilidade para Implementação de Fibras de Bambu em Argamassas" e "Mechanical Properties and Flexural Behavior of Sustainable Bamboo Fiber-Reinforced Mortar" visando uma discussão sobre a análise comparativa de resistência à compressão entre as espécies Bambusa vulgaris e Dendrocalamus asper. Sendo assim, trabalhou-se em cima da abordagem dos artigos, comparando suas ideias e buscando semelhanças que contribuíssem para o estudo. Dessa forma, a partir das pesquisas, percebeu-se que o uso das fibras da Bambusa vulgaris causam uma menor perda de resistência à compressão.*

Palavras-chave: Argamassa, Bambu, *Bambusa vulgaris, Dendrocalamus asper.*

Área do Conhecimento: *Construção Civil, Materiais e Componentes de Construção, Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos.*

1 INTRODUÇÃO

A primeira aparição da argamassa foi em torno de 5600 a.c. na Sérvia. Após este acontecimento, foram relatadas copiosas aparições ao redor do mundo. Todavia, seu desenvolvimento acabou por ganhar força no império romano, cerca de 2000 a.c. onde acrescentou-se cinzas vulcânicas em sua composição — que, sozinha, não tem propriedades aglomerantes, mas ao adicionar água, reagia com hidróxido de cal à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes —, mais tarde denominada pozolana (SANDRE et al., 2019).

O bambu, segundo Barbosa, Torres e Júnior (2015), além de ecologicamente amigável, tem grande potencial na engenharia por suas propriedades físicas e mecânicas, tal qual sua forma geométrica peculiar, seu baixo custo e a facilidade de obtenção tornando-o largamente utilizado como material de construção em vários países nos

quais cresce com abundância, principalmente nas zonas tropicais e subtropicais da Ásia e em alguns países da América Latina.

Desde então, vários materiais têm sido adicionados à essa mistura com o objetivo de propriedades otimizadoras, como elasticidade, resistência, melhoramento ecológico entre outros. (SANDRE et al. 2019). O que o presente trabalho tem como objetivo, é realizar uma pesquisa exploratória acerca da comparação da resistência à compressão de dois materiais específicos a serem utilizados na argamassa: as fibras do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus asper*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil possui cerca de 230 espécies de bambu e cada uma possui suas próprias características (SANDRE et al. 2019). Outrossim, as vantagens da utilização das fibras do bambu no concreto são: a diminuição da retração e o aumento da resistência à flexão. Somando-se a isso, as fibras do bambu apresentam propriedades similares à dos materiais tradicionais, podendo substituí-los, obtendo-se assim vantagens não só econômicas, mas também de ordem técnica. (BARBOSA, JÚNIOR e TORRES. 2015).

Segundo Sandre et al. (2019), o bambu tem diversos pontos positivos em sua estrutura tais como baixa densidade, uma forma acabada estruturalmente tubular, alta resistência à tração e ao cisalhamento entre outras qualidades, tais características implicam em baixo custo de produção, facilidade no transporte e seu manuseio durante o trabalho, fazendo com que o custo e tempo da obra diminuem consideravelmente. Esta densidade citada acima varia em torno de 500 a 800 kg/m³. Ademais, o bambu possui propriedade higroscópica, isto é, tende a absorver a umidade do ar e, com isso, alterar seu tamanho natural. Por exemplo: se o bambu permanecer 24 horas submerso em meio aquoso, este tende a absorver 20% da água em seu peso.

Um dos objetos de estudo deste artigo são as fibras da *Dendrocalamus asper,* que, segundo Costa (2015), é uma espécie de bambu originado no Sudeste da Ásia. Conhecido vulgarmente por bambu gigante ou bambu balde, devido ao comprimento de altura podendo atingir 30 metros e o diâmetro da base de seus colmos de 30 centímetros. A valorização dessa espécie é devido a seus brotos comestíveis, a qualidade e durabilidade de sua "madeira". Devido a essas suas características o *Dendrocalamus asper* é comumente utilizado para a construção civil, movelaria, fabricação de papel e celulose, alimentação e utensílios domésticos.

O outro objeto são as fibras da *Bambusa vulgaris,* que é uma variedade de bambu conhecida, popularmente, como bambu "gigante" verde. Isso se deve ao fato de ser uma planta de grande porte, atingindo até 12 metros de altura com um crescimento de 1 metro por ano. Podendo ser cultivado tanto a pleno sol, quanto a meia sombra. A espécie é encontrada em todo o mundo, sendo mais comum na China, Madagascar, Ásia, Austrália, África e Américas Central e do Sul. Dentre suas inúmeras características e utilidades, vale ressaltar sua ampla utilização na construção civil, como matéria-prima na fabricação de papel e na produção de biomassa e energia. (BRANCO et al. 2020).

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias.

Tomando como princípio a convergência na comparação dos artigos, a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho foi a pesquisa exploratória, uma vez que, através de artigos pré-selecionados serviram como embasamento para os assuntos desenvolvidos ao longo da atividade, comparando teses de diferentes autores que falam de assuntos complementares, e levando em consideração os dados e variáveis relacionadas ao tema. (GIL. 2007).

Dessa forma, decidiu-se fazer uma análise comparativa em relação aos estudos de Sandre et al. (2019), e Maier et al. (2020) relacionados à resistência à compressão desses materiais adicionados à argamassa, os dados

foram coletados e projetados de acordo com o entendimento dos integrantes. Por fim, os integrantes desta pesquisa chegaram às conclusões e análises acerca do tema proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para Sandre et al. (2019), foi obtido bambu da espécie pertencente à espécie *Bambusa vulgaris* nativa da região de Araçatuba-SP. Para extração das fibras, utilizou-se um moedor de galhos onde o bambu foi inserido em varas já secas e triturado pelo equipamento. As fibras foram separadas (Figura 1) em peneiras e tiveram diâmetro adotado de 3 mm para elaboração da argamassa.

Para o estudo de Maier et al. (2020), foi obtido bambu da espécie pertencente à espécie *Dendrocalamus asper*, conhecido como bambu Petung Putih, foi selecionado de uma floresta de bambu na ilha de Java, na Indonésia. As fibras de bambu foram moídas e peneiradas em peneiras de 1 mm e 500, 300 e 125 µm. As fibras finais de bambu utilizadas neste estudo foram aquelas que permaneceram nas peneiras de 500 µm e 300 µm — Entretanto, para efeitos de comparação, esta revisão utilizou apenas os dados das fibras de 300 µm, isto é 0,3 mm. (Figura 2).



Figura 1 – Separação das fibras. (Fonte: Sandre et al. (2019))



Figura 2 – Fibras de bambu. (a) Resíduos de matérias-primas; (b) fibras de 300 µm de diâmetro após trituração e peneiração; e (c) fibras de 500 µm de diâmetro após trituração e peneiração. (Fonte: Maier et al. (2020))

Ao traço do estudo de Sandre et al. (2019), adicionou-se fibras de bambu in natura em um compósito de argamassa cimentícia. As adições da fibra de bambu foram feitas em teor de 0%, 10%, 20% e 30% com base na massa total da argamassa.

Ao traço do estudo de Maier et al. (2020), adicionou-se fibras de bambu com 4%, 6% e 8% por volume do concreto. Além disso, outros elementos foram adicionados como mostrado na tabela 1.

Nas duas tabelas a seguir, temos, respectivamente, os valores referentes aos materiais utilizados para a confecção das argamassas (Tabelas 1 e 2) e suas resistências à compressão (para o estudo de Maier et al. (2020), foi feito apenas um único teste) (Tabelas 3 e 4) de ambos os estudos:

Tabela 1 – Quantidade de materiais usados para cada amostra do traço de Sandre et al. (2019)

	CIMENTO (L)	AREIA (L)	AREIA FINA (L)	ÁGUA (L)	BAMBU (L) kg/m³			SÍLICA ATIVA (L)	ADITIVO (L)
PROPORÇÃO	1	2	1	0,4	10	20	30	10% x Massa do Cimento	1,88%x Massa do Cimento
QUANTIDADE EM MASSA (kg)	532,2751065	1064,550213	532,2751065	212,9100426	10	20	30	-	-

Fonte: Sandre et al, 2019.

Tabela 2 – Quantidade de materiais usados para amostra do traço de Maier et al (2020).

	CIMENTO (L)	CINZAS VOLANTES (L)	AGREGADOS FINOS (L)	ÁGUA (L)	BAMBU (L) kg/m³			SUPERPLASTIFICANTE (%)		
PROPORÇÃO	1	1,99	0,989	0,66	32,6	48,9	65,2	-	-	-
QUANTIDADE EM MASSA (kg)	547	656	541	361	32,6	48,9	62,5	0,53	0,61	0,70

Fonte: Maier et al, 2020.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de resistência à compressão de Sandre et al. (2019).

Denominação	Adição (%)	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)	Média da Resistência	Coeficiente de Variação	Desvio Padrão

		CP1	CP2	CP3	(MPa)		
Traço 01	0	49,46	54,16	42,72	48,78	11,79	5,75
Traço 02	10	33,52	43,17	32,45	36,38	16,22	5,90
Traço 03	20	33,02	45,91	23,28	34,07	33,31	11,35
Traço 04	30	16,04	19,68	17,84	17,85	10,20	1,820

Fonte: Sandre et al, 2019.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de resistência à compressão amostras de Maier, et al (2020).

Denominação	Adição (%)	Resistência (MPa)
Traço 01	0	75,1
Traço 02	4	69,3
Traço 03	6	63,9
Traço 04	8	60,2

Fonte: Maier et al. 2020.

A tabela 5 e o gráfico 1 comparam os resultados dos estudos apresentados por Sandre et al. (2019), onde nesse caso foram representados os dados referentes à média da resistência à compressão, e Meier et al. (2020). Sendo assim, com base nessas informações, foi realizada uma análise comparativa e, também, uma simulação dos prováveis resultados por intermédio de uma análise estatística com o software Excel.

As equações obtidas pela regressão linear foram: $F(x) = -0,951x + 48,535$, onde apresentou um $R^2 = 0,933$ para a equação de Sander et al. (2019); e $F(x) = -1,8871x + 75,617$, com $R^2 = 0,9839$ para a equação de Meier et al. (2020). R^2 ou R-quadrado sendo o quão próximo, em porcentagem, os valores reais estão da linha de regressão.

Tabela 5 – Resultados da análise comparativa das amostras de Sandre et al. (2019) e Maier et al (2020) com resultados simulados.

	Resultados SANDRE (Simulação)		Resultados MEIER	
	ADIÇÃO (%)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	ADIÇÃO (%)	RESISTÊNCIA (Mpa)
TRAÇO 1	0	48,78	0	75,1
TRAÇO 2	4	44,731	4	69,3
TRAÇO 3	6	42,829	6	63,9
TRAÇO 4	8	40,927	8	60,2
	Resultados SANDRE		Resultados MEIER (Simulação)	
	ADIÇÃO (%)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	ADIÇÃO (%)	RESISTÊNCIA (Mpa)
TRAÇO 1	0	48,7	0	75,10
TRAÇO 2	10	36,38	10	56,75

TRAÇO 3	20	34,07	20	37,88
TRAÇO 4	30	17,85	30	19,00

Fonte: Sandre et al, 2019; Maier et al, 2020 e Autores.

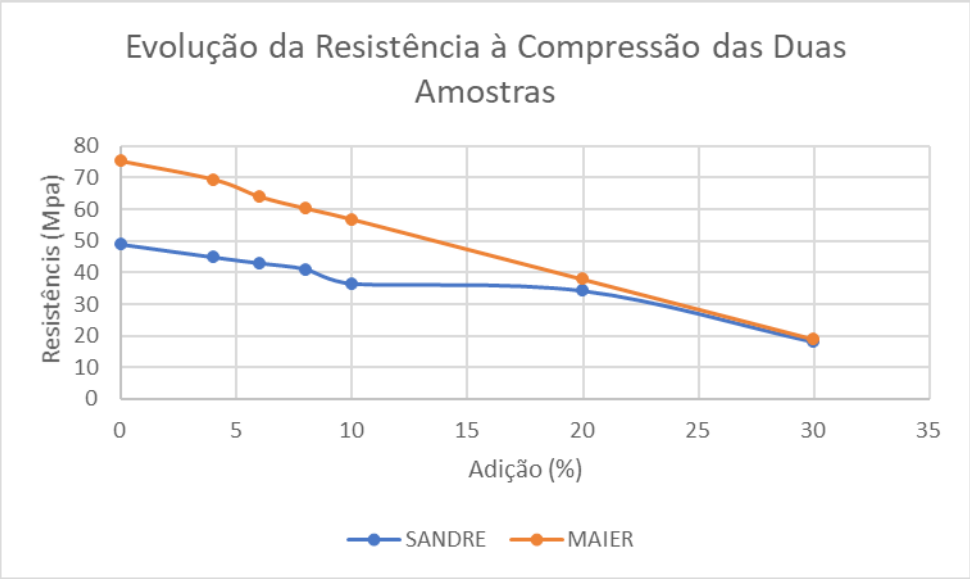

Grafico 1 – Evolução da resistência à compressão das duas amostras.
(Fonte: Autores.)

O gráfico acima mostra, a partir da simulação, como se comportaram as duas amostras com a adição de fibras de bambu de cada espécie em relação às resistências respectivas de cada traço.

5 CONCLUSÕES

Ao analisar a argamassa pura, percebe-se que a referente à tabela 4 tem resistência aproximadamente 54% maior que a da média da tabela 3, mas, ao adicionar gradativamente a fibra de cada espécie às duas amostras (até os 30%), nota-se que ambas chegam a valores muito próximos, sinalizando efeitos menos contrativos ao traço da tabela 3.

Portanto, observa-se pelo gráfico 1 que, colocando a amostra de Meier et al. (2020) e a média das amostras de Sandre et al. (2019) em paridade, o uso das fibras da *Bambusa vulgaris* causam uma menor perda de resistência à compressão em relação à adição das fibras da *Dendrocalamus asper*.

Entretanto, é importante observar que as duas análises tiveram tamanhos de fibras diferentes (Sandre et al (2019) usou o tamanho da fibra de 3,0mm e o tamanho usado em Maier et al(2020) foi de 0,3mm, podendo isso ter causado mudanças positivas ou negativas na resistência da argamassa.

6 REFERÊNCIAS

BRANCO, L. M. C.; LACERDA, C. F. de; MARINHO, A. B; SOUSA. C. H. C. de; CALVET, A. S. F.; OLIVEIRA, E. G. de. Production of bambusa vulgaris seedlings from rhizomes under brackish water irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v.24, n.5, p.337-342, 2020.

COSTA, A. M. TRATAMENTO TÉRMICO DE DENDROCALAMUS ASPER PARA CONFECÇÃO DE BAMBU LAMINADO COLADO (BLC). 2015. 17f. **Trabalho de Conclusão de Curso** - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, p.41, 2002.

JUNIOR, A.da S. S.; TORRES, S. M.; BARBOSA, N. P.. RESISTÊNCIA MECÂNICA DE PAINÉIS DE BAMBU E ARGAMASSA COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS PARA CONSTRUÇÕES DE INTERESSE SOCIAL. **InterScientia**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 194-206, jan./jun. 2015.

MAIER, M.; JAVADIAN, A;SAEIDI, N; UNLUER, C; TAYLOR, H. K.; OSTERTAG, C. P. Mechanical Properties and Flexural Behavior of Sustainable Bamboo Fiber-Reinforced Mortar. **Applied sciences, MDPI.** ago./set. 2020.

SANDRE, D. S. de. BIANCHI G.; TRENTIN T. F. da S.; CAVAZZANA T. L.. VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FIBRAS DE BAMBU EM ARGAMASSAS. **Revista Científica ANAP Brasil**. v. 12, n. 24, p. 86-100, 2019.