

Viabilidade para Implementação de Fibras de Bambu em Argamassas.

Viability For Implementation Of Bamboo Fibers In Mortars.

Viabilidad Para Implementación De Fibras De Bambu En Argamasas.

Dream Santos de Sandre

Estudante de Engenheiro Civil, UNIP, Brasil.
Dream.santos@hotmail.com

Gislaine Bianchi

Professora Especialista, UNIP, Brasil.
Gbianchi.arq@gmail.com

Thiago Francisco da Silva Trentin

Professor Mestre, UNIP, Brasil.
tfstrents@hotmail.com

Tarso Luis Cavazzana

Professor Mestre, UNIP, Brasil.
tarsocavazzana@yahoo.com.br

RESUMO

A argamassa é uma composição de aglomerante, agregado miúdo e água, que tem como função unir e revestir alvenarias. O objetivo desta pesquisa é testar a utilização de fibras de bambu no composto da argamassa utilizada para sistemas de fechamento de alvenaria, buscando o aumento da resistividade e a alteração de algumas propriedades que possam fazer com ela seja menos poluente. Após os estudos bibliográficos, realizamos experimentos em laboratório para assim averiguar se a adição de 10%, 20% e 30% de fibra de bambu na composição de argamassas realmente gera algum tipo de diferença quanto às características físico-mecânica da argamassa. Através dos resultados obtidos podemos notar que com o aumento da porcentagem das fibras de bambu a argamassa tende a demonstrar uma menor resistência a compressão, este fato provavelmente é devido a grande propriedade do bambu de absorção de água no seu tempo de cura, tornando assim os espaços vazios dentro dos corpos de prova maiores, o que ocorre em sua perca de resistividade a compressão, entretanto, analisando as imagens podemos notar que as fibras do bambu, mesmo após o rompimento, exerceram uma ação de ligamento entre os componentes da argamassa, fazendo com que a ruptura não tende a estilhaçar, criando apenas fissuras e de acordo com aumento da porcentagem das fibras de bambu esta característica se provou mais presente.

PALAVRAS-CHAVE: Argamassa, bambu e fibras.

RESUMEN

El mortero es un aglomerante, que tiene como principal función unir y revestir albañerías. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es probar la utilización de las fibras de bambú en el compuesto de los morteros. Después de los estudios bibliográficos, realizamos experimentos en laboratorio para así averiguar si la adición del 10%, 20% y 30% de fibra de bambú en la composición de morteros realmente genera algún tipo de diferencia en cuanto a las características físico-mecánica del mortero. Podemos notar que al aumentar el porcentaje de las fibras de bambú el mortero tiende a demostrar una disminución de su resistividad a la compresión de aproximadamente 10 MPa entre cada traza, este hecho probablemente es debido a que el mortero es un material compuesto, donde al sufrir una fuerza de compresión las partículas de arena y cemento tienden a crear fricción entre sí y con la adición de las fibras esta fricción tiende a aumentar, perdiendo la continuidad por cuenta de la fibra de bambú, provocando así una menor resistencia a la compresión, sin embargo, analizando los cuerpos de pruebas rotos, podemos notar que las fibras del bambú, incluso después de la ruptura, ejercieron una acción de unión entre los componentes del mortero, haciendo que la ruptura no destrozara, creando sólo fisuras; y de acuerdo con el aumento del porcentaje de las fibras de bambú esta característica se ha demostrado más presente. **PALABRA CLAVE:** Mortero, bambú y fibras.

RESUME

The mortar is a binder, whose main function is to join and coat masonry. Therefore, the objective of this research is to test the use of bamboo fibers in the composite of mortars or micro concrete, seeking to increase resistivity and change some properties that may make it less polluting. After the bibliographic studies, we conducted experiments in the laboratory to ascertain if the addition of 10%, 20% and 30% of bamboo fiber in the composition of mortars actually generates some kind of difference in the physical-mechanical characteristics of the mortar. It can be observed that when increasing the percentage of the bamboo fibers the mortar tends to demonstrate a decrease of its resistivity the compression of approximately 10 MPa between each trait, this fact probably is due to the mortar being a composite material, where when undergoing a compressive force the sand and cement particles tend to create friction between them and with the addition of the fibers this friction tends to increase, losing continuity due to the bamboo fiber, thus causing a lower resistance to compression, however, analyzing the bodies of ruptured evidence, we can observe that the fibers of the bamboo, even after the rupture, exerted a bonding action between the components of the mortar, causing that the rupture did not shatter, creating only cracks; and according to increasing percentage of bamboo fibers this characteristic has proved more present.

KEY WORDS: Mortar, bamboo and fibers.

INTRODUÇÃO:

A primeira aparição da argamassa foi em 5.600 A.C. em uma laje no pátio da Vila de Lepenske Loguslavia localizada na Servia próximo ao rio Danúbio. Após esse ocorrido foram relatadas diversas aparições da argamassa ao redor do mundo (SREJOVIC, 1997; SANTOS, 2015).

Entretanto, seu desenvolvimento acabou por ganhar força apenas no império romano, por volta de 2.000 A.C. onde acrescentou-se à composição cinzas vulcânicas, denominados mais tarde como pozolana, por serem de origem do vulcão Polzol (HEWLETT, 2004), que tinha como característica própria ser uma substância silicosa que sozinha não possuía nenhuma atividade aglomerante, porém, quando misturado com a água, reagia com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes (SANTOS, 2015).

Com o passar dos anos sua fórmula foi recriada e novos materiais foram adicionados a fim de produzir com mais rapidez, maior quantidade e melhor resistência. Materiais estes que recriam a composição básica do cimento e são utilizados com agregado miúdo e hidratados com água para criar a argamassa polimérica. A argamassa polimérica é “composta por resinas sintéticas, cargas minerais e diversos aditivos como espessantes e estabilizantes” (SILVA, A. AT ALL, 2013, p.3), sua grande vantagem perante a argamassa convencional é o alto rendimento que nos proporciona o aumento da produtividade da obra e não existe produção de resíduos (fato este devido ao material já vir pronto de fábrica, dispensando sua produção no canteiro da obra). Geralmente é utilizada na aplicação de alvenarias, revestimento e assentamento de pisos (SILVA, A. AT ALL, 2013).

Desde então, muitos materiais são adicionados a esta mistura no intuito de conferir mais elasticidade; e ou resistência ao material a fim de reduzir os custos com a composição, reduzir a pegada ecológica da produção. Podemos citar, por exemplo, a utilização de materiais inorgânicos como: de fibras de lã de vidro como demonstrado na pesquisa de (OKADA, 2013), fibras de borracha de pneu como demonstrado na pesquisa de (TRENTIN, 2015) entre outras. Porém a hipótese desta pesquisa é utilizar um material de origem orgânica com boas propriedades mecânicas: O Bambu.

Tendo em vista que o bambu é uma opção autossustentável, com um rápido crescimento e não necessita de replantio o mesmo se torna uma forte substância a ser empregada na construção civil (BERALDO, 2006).

O bambu é formado por dois eixos sendo um acima e o outro abaixo no nível do solo, o eixo subterrâneo é formado pelos rizomas, os brotos do rizoma e as raízes, já o eixo acima do nível do solo é formado pelos colmos, ramos, entrenós, folhas, nós, bainhas e os brotos (KIGOMO, 2007).

Morfologicamente, o bambu é constituído de tecido parenquimatoso, vasos e fibras. Numa estrutura bastante compacta, esses elementos anatômicos são dispostos longitudinalmente, com

relação ao eixo do colmo, numa completa ausência de raios, sendo a cavidade de ar restrita, principalmente aos lumens das fibras e dos vasos que formam o sistema capilar do bambu. As fibras e vasos são dispostos em forma de aglomerado de feixes fibrovasculares dispersos num tecido de células parenquimatosas. Estas são constituídas de paredes celulares finas e são de pequenas dimensões Gomide et al. Apud Junior, pag. 444, 2010.

O Brasil é hospedeiro de grande quantidade de espécies de bambu, possuindo cerca de 230 delas. Cada espécie de bambu possui sua própria característica morfológica e constituição química esta variação se dá devido à localização geográfica, idade, posição do colmo, etc. (JUNIOR, et al. 2010).

São de suma importância os conhecimentos das características morfológicas e constituição química de cada espécie, para utilizar com máxima eficiência desta matéria prima para a produção de compósitos, em especial compósitos poliméricos (JUNIOR, et al. 2010).

Composto polimérico é a ligação entre os átomos em certo padrão de repetição, tais ligações dão origem a diversas cadeias, quando estas atingem um determinado tamanho as moléculas começam a criar características próprias e ocorre um ganho de resistência quando comparado ao seu estado natural (POLÍMEROS, 200?).

CARACTERÍSTICA FÍSICA DO BAMBU:

Existem vários fatores que interferem nas características e propriedades do bambu, entre eles estão à espécie, idade, tempo de corte, região do talo, umidade, solo e clima local (MURAD, 2011).

A diferenciação do bambu para os demais materiais estruturais está relacionada com a alta resistência mecânica e a baixa massa específica que o bambu possui, fatos estes que acabam por fazer com que a estrutura se torne mais leve, assim não adicionando uma carga mais elevadas em suas bases de apoio (MURAD, 2011).

A densidade dos bambus varia entre 500 a 800 kg/m³, dependendo principalmente do tamanho, quantidade e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares (PEREIRA, 2001). Assim, na base do colmo a resistência à flexão é 2 a 3 vezes maior na parte externa do que na interna. Estas diferenças são menores à medida que se aproxima do topo, devido ao aumento da densidade na parte interna e redução na espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquima e mais fibras (MURAD, 2011).

O bambu possui propriedades higroscópicas. Devido a esta propriedade o bambu tende a absorver a umidade do ar e com isso acaba por sofrer uma variação em seu tamanho natural. Se o bambu permanecer submerso em um meio aquoso durante 24 horas este tende a absorver 20% de água em peso, se o mesmo mantiver-se submerso este apresentaria um aumento gradual de 40% ao longo de 07 dias (MURAD, 2011).

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO BAMBU:

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 diminuam consideravelmente.

O ótimo desempenho estrutural dos bambus quanto à compressão, torção, flexão e, sobretudo quanto à tração é conferido pela sua volumetria tubular e pelos arranjos longitudinais de suas fibras que formam feixes de micro tubos (GHAVAMI, 2003).

Estudos mostram que mesmo entre bambu da mesma espécie existe uma grande variação na resistência, todavia, essa diferença se torna uma vantagem quando são consideradas cargas dinâmicas, como em terremotos e ciclones. Essa vantagem pode ser melhor visualizada em curvas de Distribuição Normal de Gauss(DNG) para o aço e bambu. No caso do aço o desvio padrão da DNG é bem menor em comparação ao bambu podendo gerar um colapso em toda a estrutura ao menor erro existente, já o bambu aceita uma margem de erro maior não colapsando a estrutura de imediato (MARÇAL, 2008).

Segundo um estudo elaborado por Liese (1987), em um período de seis anos o bambu tem uma resistência á tração e a compressão muito elevada, já com oito anos o bambu apresenta uma resistência maior à flexão.

As fibras do bambu em geral tem uma alta capacidade de resistir à tração axial, entretanto, raramente veremos um bambu romper devido à tração. Geralmente os rompimentos ocorrem devido aos nós existentes no bambu, nesta área as fibras são quebradas gerando algumas tensões de compressão normal, cisalhamento e fendilhamento, as quais o material oferece menor resistência (GHAVAMI, 2003).

Através de diversos estudos realizados por JANSSEN (1980), a resistência do bambu à compressão é de aproximadamente apenas 8% do valor que o material resiste à tração. Segundo GROSSER e LIESE (1974) a resistência de cisalhamento natural do bambu é inversamente proporcional à largura da seção transversal, portanto quanto menor a seção maior será a resistência de cisalhamento do bambu, tendo como argumento que a porcentagem de esclerênquima (tecido de sustentação do bambu) aumenta com a diminuição da espessura da parede.

FIBRAS

Analisando a estrutura anatômica da seção transversal do colmo do bambu, Marino, 2012 pag.43 pondera que:

“as paredes do bambu dividem-se em: epiderme (camada externa); derme (próximo a camada externa); tecido base (camada intermediária); feixes vasculares e parede da cavidade (parede da medula) (YUMING; CHAOMAO, 2010). Sua constituição é formada por 50% de parênquima, 40% de fibras e 10% de tecidos, vasos e tubos perfurados (LIESE; GROSSER, 1972)”.

Notamos diversos feixes fibrovasculares que são envolvidos por um tecido parenquimático o qual é constituído por vasos, elementos crivados com células companheiras, cordões de esclerênquima (que formam os feixes fibrovasculares) e as fibras (TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1987). Destacado através da figura 02

Os principais fatores que auxiliam na capacidade de crescimento e função biomecânica dos feixes vasculares do colmo do bambu são xilema, floema e tampas de fibra esclerenquimatosas (bainhas). Destes, o xilema e o floema tem como objetivo fornecer um canal para transporte da água e nutrientes e as tampas de fibra esclerenquimatosas têm por finalidade exercer a função estrutural. Aproximadamente 40% das fibras estão localizadas próximo das tampas de fibra que por sua vez envolve os elementos condutores (WANG, ET AL. 2011).

As fibras são os principais fatores que determinam as características mecânicas do bambu, isto é, devido ao seu tecido unidirecional e sua parede celular única. As paredes do bambu são divididas em diversas camadas que se alternam entre estreitas e largas (WANG, ET AL. 2011).

As camadas estreitas têm um grande ângulo de microfibrilha que indica fibrilas de celulose orientadas quase perpendiculares ao eixo da célula principal, enquanto as camadas largas mostram um ângulo de microfibrilidade bastante baixo, o que significa que as fibrilas de celulose são basicamente orientadas em paralelo ao eixo da célula. O grau de lignificação varia notavelmente na parede da fibra, com um maior teor de lignina presente nas camadas estreitas (WANG, ET AL. 2011).

Os feixes vasculares tem uma característica de possuir um maior diâmetro no sentido transversal e menor numero de camada mais interna, conseqüentemente as camadas externas tende a ser mais numerosas e com uma quantidade de feixes vasculares maiores. No sentido longitudinal, o numero de feixes vasculares decresce da base para o ápice dos colmos (TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1987).

A parte do bambu que exerce maior resistência mecânica são as fibras que por sua vez constituem cerca de 40 a 50% do tecido e consiste em 60 a 70% do peso total do colmo, variando de acordo com a espécie e gênero. As características da fibra variam de acordo com o comprimento, espessura e a posição que ocupam dentro do feixe no colmo (MARINHO, 2012).

Através de diversos estudos realizados por Salgado et al.(1994) e Azzini e Beraldo (2000) com o foco na espécie *Dendrocalamus giganteus*, foi elaborado uma tabela com os valores médios das fibras retiradas desta espécie (Tabela 2).

Tabela 1 - Dimensões das fibras da espécie *Dendrocalamus giganteus*

Comprimento (mm)	Largura (μm)	Espessura da Parede (μm)	Autores/Ano
3,08	19,10	5,66	SALGADO et al (1994)
2,86	19,70	7,71	AZZINI e BERARDO (2000)
3,25	19,80	5,00	SEETHALASKSHMI et al. (1998)
3,49	17,68	2,5 a 7,5	LWIN et. al. (2000)

Fonte: Marinho, 2012

Tem sido observado que o aumento da espessura das paredes celulares está diretamente ligado com a função das camadas lamelares. Através de estudos realizados por LIESE (1998) com base na espécie *Phyllostachys viridiglaucescens*, foi diagnosticado que nas paredes dos colmos de 01 ano de idade possuía apenas 03 lamelas na base, cerca de 2,6 μm de espessura e nos colmos de 12 anos encontraram 08 lamelas com cerca de 8 μm de espessura. Portanto, o espaçamento das paredes das células das fibras ocorre durante toda a vida do bambu e não apenas no período de maturação (LIESE, 1998).

Foi encontrada uma grande oscilação na quantidade de lamelas achadas nas camadas constituintes das paredes celular das fibras, tal variação ocorre devido à posição em que a fibra se encontra dentro da bainha ou feixe (LIESE, 1998).

Através do corte transversal realizado, podemos observar as alterações irregulares de lamelas largas e estreitas, onde apresenta diferentes graus de lignificação, sendo as lamelas estreitas com contraste mais denso e as largas com contraste mais suave, o que indica um maior teor de lignina nas paredes mais antigas (LIESE, 1998).

As microfibrilas com suas diversas orientações estão presentes, especialmente nas paredes das fibras da região da parte externa dos colmos. Essas microestruturas contribuem para a elevada elasticidade das fibras e dos colmos, ela também influencia no aparecimento de fraturas nos colmos após a quebra (MARINHO, 2012).

OBJETIVO:

Verificar as características da argamassa, no estado fresco e no estado endurecido, com a adição de fibras de bambu.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Foi obtido o bambu (Fig.1) na chácara arco íris, localizada na rodovia Dr. Elieser Montenegro Magalhães, cidade de Araçatuba, o bambu em questão pertence à espécie *Bambusa Vulgaris*,

nativa desta região, a colheita do bambu para o estudo foi realizada de forma empírica sem nenhum critério de seleção.

Figura 1: Bambusa Vulgaris



Fonte: Publica

Figura 2: Extração das Fibras



Fonte: Própria (2018)

Para a extração das fibras foi utilizado um moedor de galhos (fig2) localizado no Aterro Sanitário de Araçatuba, onde o bambu foi inserido em varas já secas e triturado pelo equipamento, as fibras foram coletadas através de saco plástico acoplado na saída do moedor. Após a extração das fibras as mesmas foram separadas em peneiras graduadas (fig.3). O diâmetro adotado para a elaboração da argamassa foi de 3mm, pois o material nesta espessura se adequava melhor as necessidades físicas da argamassa e corpos de prova escolhidos (5cmx10cm).

Figura 3: Separação das fibras



Fonte: Própria (2018)

Figura 4: Massa das fibras



Fonte: Própria (2018)

Escolhido o diâmetro das fibras utilizadas foi determinado-se sua massa específica, para a dosagem correta no traço. Utilizando o próprio corpo de prova como base para o cálculo (fig.4), pesou-se as fibras as quais tiveram uma massa equivalente a 0,0429kg, o procedimento foi repetido por três vezes, após foram elaborados os cálculos e determinado a massa específica de 218,49kg/m³.

O traço escolhido foi demonstrado na tabela 2 onde adicionou-se fibras de bambu in natura em um compósito de argamassa cimentício, as adições foram feitas em teor de 0% 10% , 20% e

30% com base na massa total da argamassa. A definição da composição implicou uma relação água/cimento de 0,4 para cada amostra, demonstradas na tabela 2.

Tabela 2- Quantidade de materiais utilizados para cada amostra

	Cimento (L)	Areia (L)	Areia fina (L)	Água (L)	Bambu (L)			Silica Ativa (L)	Aditivo (L)
					10kg/m ³	20kg/m ³	30kg/m ³		
Proporção	1	2	1	0,4				10% x massa cimento	1,88% x massa cimento
Quantidade em Massa (kg)	532,275 1065	1064,55 2129	532,275 1065	212,9 425,8	10	20	30		
Absorção %	-	0,3 5,45454	0,3 5,45454	-				-	
Umidade %	-	5455	5455	-				-	
Absorção - umidade	-	5,15454	5,15454	-				-	
Acrescentar ou ret água	-	54,8727 2462	27,4363 6231	82,30 164,6				-	
Traço Final (p/ 1 m³)	532,275 1065	1119,42 2238,84	559,711 1119,42	130,6 261,2	10	20	30	53,22751065	10,006772
Traço Final (p/ 0,001m³)	0,53227 5107	1,11942 2938	0,55971 1469	0,130 601	0,01	0,02	0,03	0,053227511	0,010006772

Fonte: Próprio autor.

Com isso iniciou-se a elaboração da argamassa, colocando primeiramente toda a areia e metade da água na batedeira e ligando-a por 2 minutos (Figura 5), ao término desta etapa foi adicionado a sílica ativa junto com o cimento, misturado manualmente e simultaneamente inserindo o restante da água com o aditivo (Figura 6), esta etapa teve uma duração de 10 minutos com a batedeira ligada, ao fim desta etapa adicionou-se a fibra do bambu e ligou a batedeira por um período de 1 minuto (Figura 7), entretanto ao adicionarmos as fibras de bambu, notou-se que as fibras absorviam a água prejudicando imediatamente a trabalhabilidade do concreto, necessitando de um acréscimo de água imediato, nos três traços com a adição de bambu foi aumento a quantidade de água utilizada em 50 gramas.

Figura 5: Etapa 1



Figura 6: Etapa 2



Figura 7: Etapa 3



Fonte: Própria (2018)

As etapas foram repetidas quatro vezes, sendo a primeira diferente das demais por não ter adicionado as fibras de bambu, este foi utilizado como referência para a comparação entre os traços com a adição das fibras. Foram moldados três corpos de prova para cada traço e esperado um período de 24 horas para assim inseri-los no tanque de imersão para hidratação e ganho de resistência por um tempo de 07 dias.

Materiais:

Agregado Miúdo: O agregado miúdo utilizado na pesquisa será a Areia Média Natural proveniente do Porto de Areia Tubarão, do rio Tiete de Santo Antonio do Aracanguá – SP.

Aglomerante: É do Tipo V (chamado CP V – ARI) é um cimento Portland de alta resistência inicial que tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. Isto ocorre devido a uma dosagem diferenciada de calcário e argila na composição do clínquer, bem como uma moagem mais fina do cimento, logo ao reagir com a água o mesmo consegue ganhar resistência com maior velocidade.

Água: A água a ser utilizada na amostra é proveniente do abastecimento de água potável da cidade de Araçatuba, seu tratamento é feito pela empresa Soluções Ambientais de Araçatuba (SAMAR).

Sílica Ativa: A sílica utilizada nos experimentos possui padrão normal e foi gentilmente cedida pelo laboratório da (Universidade Estadual Julio Mesquita campus de Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia Civil (UNESP/ FEIS)).

FIBRAS: As mesmas foram obtidas através do processo de moagem do bambu com o auxílio de um triturador de galhos localizado no aterro sanitário de Araçatuba. A matéria prima para a confecção da fibra foi retirada da Chácara Arco Iris, e se denomina Bambusa Vulgaris, que é o tipo de bambu mais comum na região de Araçatuba.

Aditivo Superplastificante: O aditivo superplastificante utilizado será o ViscoCret 20HE da fabricante SIKA, através da adsorção superficial e do efeito estérico age promovendo a separação das partículas de aglomerante, proporcionando um aumento significativo na resistência em um curto período de cura, reduz a permeabilidade da água nos corpos de prova e auxilia na trabalhabilidade da argamassa gerando uma argamassa mais fluida.

Ensaio De Resistência À Compressão Axial: Após o tempo de cura de cada corpo de prova, foi realizados ensaios de resistência à compressão axial (NBR 5739 - ABNT, 2007). O número de amostras foi definido em um por traço em estudo.

RESULTADOS

Após o período de 07 dias iniciou-se o teste de tensão à compressão e os resultados obtidos foram listado na tabela 6.

Tabela 2- Resultados do ensaio de resistência à compressão

Denominação	Adição (%)	Resistência (MPa) CP1	Resistência (MPa) CP2	Resistência (MPa) CP3	Média da resistência (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Desvio Padrão
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	1,82

Fonte: Próprio autor, 2018.

Devido aos valores acima apresentarem uma variação muito elevada entre as resistências encontradas, foi necessário a exclusão dos valores com uma discrepância muito grande com o intuito de diminuir o coeficiente de variação e eliminar possíveis resultados duvidosos. Logo, elaborou se a tabela abaixo.

Tabela 3- Resultados do ensaio de resistência à compressão

Denominação	Adição (%)	Resistência (MPa) CP1	Resistência (MPa) CP2	Média da resistência (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Desvio Padrão
Traço 01	0	49,46	54,16	51,81	6,41	3,32
Traço 02	10	33,52	32,45	32,98	2,29	0,76
Traço 03	20	33,02	23,28	28,15	24,46	6,89
Traço 04	30	16,04	17,84	16,94	7,51	1,27

Fonte: Própria (2018).

Podemos notar (tab.3) que ao aumentar a porcentagem das fibras de bambu, a argamassa tende a demonstrar uma diminuição de sua resistividade a compressão de aproximadamente 10 MPa entre cada traço, este fato provavelmente é devido a argamassa ser um material compósito, onde ao sofrer uma força de compressão as partículas de areia e cimento tendem a criar atrito entre si e com a adição das fibras este atrito tende a aumentar, perdendo assim a continuidade por conta da fibra de bambu, provocando assim uma menor resistência a compressão.

Figura 8: Traço 01



Figura 9: Traço 02



Figura 10: Traço 03



Figura 21: Traço 04



Fonte: Própria (2018)

Entretanto, analisando as imagens 8,9,10 e 11 podemos notar que as fibras do bambu, mesmo após o rompimento, exerceram uma ação de ligamento entre os componentes da argamassa, fazendo com que a ruptura não estilhaçassem, criando apenas fissuras; e de acordo com aumento da porcentagem das fibras de bambu esta característica se provou mais presente,

isto infere que a argamassa com a adição das fibras de bambu pode ter um maior modulo de resistência a tração.

Figura 12 - Corpos de Prova



Figura 13 - Ligação da Fibra de Bambu



Fonte: Própria (2018)

Geralmente em corpos rígidos, as rupturas acontecem das bases para fora do corpo de prova em ângulos de 45 a 60°. No caso, as tensões se propagaram por igual ao longo do corpo de prova, até que o mesmo sofra flexão e rompa, entretanto, como podemos ver nas imagens 22 e 23 os corpos de provas demonstraram rupturas colunares e de topo ou pé, que geralmente ocorre devido a pequenas influências da preparação do topo do corpo de prova, necessitando de avaliações na qualidade das retificadoras, capeadores e até mesmo no processo de teste. Nota-se a importância de futuros teste de tração por compressão a diametral, absorção de água, modulo de elasticidade, durabilidade aos ataques de ácidos, tenacidade e a reavaliação dos testes a compressão axial.

CONCLUSÃO

Foi verificado que a adição de fibras de bambu na argamassa é viável no estado fresco, uma vez que, ao adicionar as fibras no final da mistura não houve problemas para a moldagem dos corpos de prova. Os resultados de resistência a compressão axial mostraram que o bambu causa uma diminuição de resistência de cerca de 37% para cada teor de fibra adicionado. No entanto nota-se que o padrão de fissuração mudou nos corpos de prova com adição de fibra de bambu, mostrando que, a argamassa possui um comportamento diferente na presença das fibras. Através das fotos pós ruptura é possível identificar que as fibras costuraram as fissuras, porém, por possuírem baixo modulo de elasticidade e pequena densidade causaram uma redução da resistência a compressão. Portanto, fica evidente, que é necessário a realização de uma quantidade superior de ensaios para investigar a interface fibra-argamassa e concluir se ela pode oferecer outras características positivas no estado endurecido da argamassa.

REFERÊNCIAS

ARGAMASSAS E CONCRETOS. Disponível em: paginapessoal.utfpr.edu.br/wmazer/argamassas-e-concretos/ARGAMASSAS.../file. Acesso dia 28 de março de 2017.

BERALDO, A. L.: **Construções de Bambu.** 2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo286055-1.aspx>. Acessado dia 28 março de 2017.

CARVALHO, L.C.: **PRODUÇÃO DE FIBRAS DE BAMBU PARA A FABRICAÇÃO DE COMPÓSITA POLIURETANA DE MAMONA.** ?. Disponível em: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/civ/civ_leila_carvalho.pdf. Acessado dia 16 março de 2018.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C. S.; PACIORNIK, S.: **Bamboo: Functionally Graded Composite Material.** Asian Engineering (building and housing), Irã, v. 4, n. 1, p. 1- 10, 2003.

GROSSER D.; LIESE, W. **On the Anatomy of Asian Bamboo's, with Special Reference to their Vascular Bundles.** Wood Science and Technology, N. 5, p. 290–312, 1974.

HEWLETT, P. C.: **Lea's Chemistry of Cement and Concrete.** 04. ed. Inglaterra: Elsevier Science & Technology Books, 2004.

KIGOMO, B. **Guidelines for growing bamboo.** Guideline, Series: n.4. Kenya Forestry Research Institute - KEFRI. 2007; Nairobi, Kenya.

LIESE, W.: **The anatomy of bamboo culms.** Technical Report. International network of bamboo and Rattan, Beijing. Peoples Republic of China, 1998.

MARÇAL, V. H. S.: **Uso do Bambu na Construção Civil.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília. Disponível em: http://bamusc.org.br/wp-content/uploads/2009/05/tratamentobambu_vitor_hugo_marcal.pdf. Acessado dia 28 de março de 2017.

MARINHO. N.P.: **Características das Fibras do Bambu (*dendrocalamus giganteus*) e Potencial de Aplicação em Painéis de Fibra de Média Densidade (mdf).** Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/curitiba/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/programas/ppgem/banco-teses/dissertacoes/2012/MARINHONelsonPotenciano.pdf>. Acessado em: 16 de março de 2018.

MURAD, J. R. L.: **Estudo Experimental das Propriedades Físicas, Mecânicas e Aplicações Estruturais do Bambu Guadua SPP de Assis Brasil – AC.** Dissertação de Pós Graduação. Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <http://www.poscivil.uff.br/conteudo/estudo-experimental-das-propriedades-fisicas-mecanicas-e-aplicacoes-estruturais-do-bambu--0>. Acessado dia 28 de março de 2017.

NETTO, R. M.: **Materiais Pozolânicos.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Minas Gerais. 2006. Disponível em: pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia_Materiais_Pozolanicos.pdf. Acesso dia 28 de março de 2017.

OKADA, E.G.; CHIBLI, P.A.; BASTOS, L.A.C.; ELIANE, R.F.; FONTES, W.C.; PEIXORO, R.A.F.: **Produção de Argamassa Aditivada com Resíduo de Fibra de Vidro**. Universidade Federal de Ouro Preto. 2013. Disponível em: http://www.reciclos.ufop.br/media/uploads/downloads/PRODUcao_DE_ARGAMASSA.pdf. Acessado dia 28 março de 2017.

OLIVEIRA, L. F. A.: **Conhecendo Bambus e suas Potencialidades para Uso na Construção Civil**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2013. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/100.pdf>. Acessado dia 28 março de 2017.

POLIMEROS. Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/polimeros>. Acesso dia 16 de março de 2018.

SANTOS, R.: **Histórico das Argamassas**. Disponível em: <https://prezi.com/-db8jekusfvi/historico-das-argamassas/>. Acessado dia 28 de março de 2017.

SILVA, A.; FELBINGER, B. C.; ALMEIDA, M.; GINO, M.; BATISTA, T.: **Utilização de Argamassa Polimérica no Assentamento de Tijolos ou Blocos**. Associação Educacional Dom Bosco. 2013. Disponível em: <http://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/101114.pdf>. Acessado dia 28 março de 2017.

SREJOVIC, D.: **«Les civilisations du Danube»** (em francês). Dossiers d'Archéologie n° 220 Page : 2-8 , 1997 . Disponível em http://www.dossiers-archeologie.com/numero-220/civilisations-danube/danube-artere-centrale-l-europe.6068.php#article_6068. Acessado dia 28 de março de 2017.

TRENTIN, T.F.S.: **Análise Estrutural de Tubos de Concreto Armado com Resíduo de Borracha de Pneu**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/126292/000844371.pdf?sequence=1>. Acessado dia 28 de março de 2017.

WANG, X. ET. AL.: **Cell wall structure and formation of maturing fibres of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) increase buckling resistance**, 14 de setembro de 2011. Disponível em: <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/royinterface/9/70/988.full.pdf>. Acessado em: 16 de março de 2018.

BERALDO, A. L.: **Construções de Bambu**. 2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo286055-1.aspx>. Acessado dia 28 março de 2017.

TORGAL, F.P.: **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção**. 2010. Disponível em: repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28852/3/Livro_2a_edicao.pdf. Acessado dia 28 de março de 2018.

ALMEIDA, A.E.F.S.: **Estudo da Influência das Adições de Sílica Ativa e Copolímeros Estireno Acrílico nas Propriedades de Argamassas para o Assentamento de Porcelanato**. 2005. Dissertação de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-15122010-095113/en.php>. Acessado dia 30 de maio de 2018.

SANTOS, W.J.: **Argamassa de Alto Desempenho**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ambienteconstruido/files/2009/09/ARGAMASSA-DE-ALTO-DESEMPENHO-DISSERTA%C3%87%C3%83O-DE-WHITE-JOS%C3%89-DOS-SANTOS.pdf>. Acessado dia 30 de maio de 2018.

SILVA, N.G.: **Argamassa De Revestimento De Cimento, Cal E Areia Britada De Rocha Calcária**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Parná. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/4660/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20MESTRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado dia 30 de maio de 2018.

BASTOS, P. K. X.; DETRICHE, C.; BALAYSSAC, J.; CINCOTTO, M. A. **Método de ensaio para medida da retração de argamassas de revestimento no estado fresco**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV., 2001, Brasília. Anais... Brasília: ANTAC, 2001. p. 131-143. Acessado dia 30 de maio de 2018.

TRISTÃO, F.A.: **Influência Da Composição Granulométrica Da Areia Nas Propriedades Das Argamassas De Revestimento**. 1995. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/111836>. Acessado dia 30 de maio de 2018.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária**. São Paulo. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24082017-091234/en.php>. Acessado dia 30 de maio de 2018.