

EFEITO DA FIBRA DE BURITI NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND

BURITI FIBER'S EFFECT ON MORTARS PHYSICAL PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT

Antonio Ernandes Macedo Paiva^{1,2},
Profirio Alves Sousa Jr.¹
Flavio Salgado Politi¹
Kleilson Raimundo Chagas da Silva¹

Resumo. A utilização de fibras vegetais como material de reforço em argamassas de cimento Portland tem despertado grande interesse de empresas e pesquisadores de diversos ramos de atuação em resposta a preservação ambiental. Entre a grande variedade de fibras vegetais existentes, foi escolhida para ser caracterizada neste trabalho a fibra de buriti. A escolha dessa fibra considerou o desenvolvimento econômico regional e a pequena quantidade de estudos com essa fibra. Foram avaliadas a influencia da incorporação da fibra no índice de vazios, na absorção de água e na massa específica dessas argamassas. Foram adicionados 0 %-p, 7 %-p e 14 %-p de fibras de buriti em substituição a areia na confecção das argamassas. As misturas foram elaboradas com o cimento Portland CII-E 32, formulados traços em volume de 1: 2: 9 (cimento: cal: agregados), com adições de 500 ml e de 600 ml de água. A cura dos corpos de prova foi realizada em 28 dias. Pôde-se observar o aumento do índice de vazios com o aumento da porcentagem de fibra para os dois teores de adições de água na formulação. O aumento do índice de vazios com a redução do fator água-cimento (*a/c*), provavelmente devido à absorção de água pela fibra foi observado. O aumento da absorção de água e a diminuição da massa específica com o aumento da porcentagem de fibras também foram evidenciados.

Palavras Chave: Fibras vegetais. Argamassas de cimento Portland. Propriedades físicas.

Abstract. The application of plant fibers as a kind of material in order to reinforce Portland cement mortars has been receiving attention from many researches and companies from various branches of activity in response to environmental preservation. Among the wide variety of existing fiber plant, the buriti fiber was chosen as the object of analysis to be characterized in this work. The main points for the selection of the buriti fiber were the regional economic development and the few quantities of studies related to this fiber. It was evaluated the effect of incorporation into the void ratio, water absorption and density. The fibers were added in 0 %-p, 7 %-p and 14 %-p buriti fibers in substitution of the sand. The mixtures were processed with CII - E 32 Portland cement and processed in volume of 1: 2: 9 (cement: lime: aggregates), with water additions of 500 ml and 600 ml. Curing of the specimens was carried out during 28 days. It was observed the increase of void ratio with the increase of the fiber percentage for both levels of water additions. The increase of void ratio with the reduction of water-cement factor (*a/c*) was observed. The increase of water absorption and decrease of specific weight with the increase of fiber percentage were also observed.

Keywords: Vegetal fibers. Portland cement mortars. Physical properties.

1 INTRODUÇÃO

O conforto ambiental vem ganhando espaço a cada dia através de estudos que visam atender às novas tendências arquitetônicas e funcionais, proporcionando beleza, sofisticação, redução do consumo de energia, segurança e bem-estar aos ocupantes dos mais variados recintos, sem, contudo, causar impactos negativos ao meio ambiente, enfatizando o chamado

¹ Departamento de Mecânica e Materiais – DMM – IFMA – Brasil

² Autor principal: ernandes@ifma.edu.br

“eco design”. Por outro lado, a necessidade de redução de desperdícios de material, a reciclagem de produtos potencialmente danosos ao meio e a otimização dos métodos empregados na construção civil levam à busca de alternativas que vislumbrem o uso de novas matérias primas em harmonia com os materiais convencionalmente empregados nas edificações. (Motta & Agopyan, 2007; Correia, 2009; Peres, 2011; Margem, 2013).

Pesquisas têm sido realizadas visando investigar a utilização de materiais não convencionais na construção civil, como as fibras vegetais. Fibras de sisal, coco, bambu, juta, curauá e outras, não poluentes e renováveis, resíduos industriais agrícolas como a cinza de casca de arroz, surgem como alternativa no reforço de matrizes cimentícias, em substituição à utilização de materiais convencionais industrializados, responsáveis por vultosos recursos financeiros e grande consumo de energia em sua obtenção. (Campello, 2006; Pacheco-Torgal e Jalali S., 2011; Ardanuy et al., 2015).

Estudos sobre a utilização da fibra de buriti em compósitos para fins habitacionais têm se intensificado nos últimos anos. Dentre as principais vantagens observadas, destaca-se o conforto térmico e o reforço mecânico proporcionados pelo uso dessas fibras, uma vez que é uma alternativa viável economicamente, além de reduzir os impactos ambientais gerados na extração da matéria prima para produção de argamassas e do concreto e, em alguns casos, de melhorar as suas propriedades físico-mecânicas. (Lima, 2005; Portela et al., 2010; Santos, 2010; Barbosa, 2011).

A fibra do buriti tem seu registro de uso em compostos voltados para a construção civil a partir do ano de 2005, conforme reporta Lima (2005) em seu trabalho sobre modelagem e teste de condutividade térmica em placa de gesso e fibra de buriti, para uso na construção civil, o qual verificou um ganho em 27,14 % de isolamento térmico, pela redução da condutividade térmica instantânea do compósito. Posteriormente, Santos (2010) fez uma análise experimental e teórica do comportamento mecânico de compósitos reforçados com fibras de buriti e, relatou um aumento significativo na resistência à tração e na resistência à flexão de compostos contendo a fibra de buriti; em seguida, Barbosa (2011) avaliou as características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de buriti e reportou melhoras substanciais na resistência ao impacto e na resistência à flexão de amostras contendo fibra de buriti.

Um fator importante a ser considerado no uso de fibras vegetais em compostos cimentícios, como argamassas de revestimento, é a provável incompatibilidade química entre as fibras e a matriz, haja vista que as células individuais são ligadas umas às outras por lignina, que se decompõe facilmente em meios alcalinos, levando a perdas consideráveis no desempenho mecânico do compósito à base de cimento (Savastano JR, 2000). Este autor ainda afirma que as fibras sofrem o efeito da deposição, em seus vazios internos, de produtos de hidratação que se cristalizam e conferem efeito análogo ao da "petrificação". Isto pode ser minimizado por meio do uso de técnicas apropriadas como o desmedulamento, mineralização, lavagem das partículas em água (quente ou fria) ou em soluções aquosas, como as de hidróxido de sódio, dentre outras (Ramírez Sarmiento, 1996).

Neste sentido, este trabalho teve como principal objetivo estudar o efeito da substituição parcial do agregado miúdo natural (areia) por fibras de buriti, no índice de vazios, na massa específica e na absorção de água de argamassas de cimento Portland.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o cimento Portland CP II E 32 adquirido junto ao fabricante Cimentos Poty, cuja composição e propriedades físico-químicas conforme o fabricante é mostrado na Tabela 1. Os agregados miúdos utilizados foram a areia lavada de rio de granulometria

variando entre 0,20 a 0,60 mm ABNT NBR 6502:95, obtidos da empresa Itapera Mineração Ltda, localizada na cidade de São Luís do estado do Maranhão.

A determinação do Índice de material pulverulento da areia através da peneira 75 μ m, por lavagem, foi obtida segundo a ABNT NBR NM 46: 2003. Considerou-se conceito proposto pela ABNT NBR 7211: 2009 de que a solução obtida após o ensaio deve ser mais clara do que a solução padrão. A distribuição granulométrica da areia seguiu os procedimentos adotados pela ABNT - NBR NM 248: 2003. O modulo de Finura foi obtida pela soma das porcentagens retidas acumuladas em massa nas peneiras da série normal divididas por cem, conforme especificado pela norma ABNT NBR 7211 2009.

Tabela 1. Componentes e propriedades físico-químicas do cimento CP II E 32 (Fonte: fabricante)

Componentes	Faixa de concentração (%)
Silicato tricálcico.	20-70
Silicato dicálcico	10-60
Ferro-aluminato de cálcio.	5-15
Sulfato de cálcio.	2-10
Vários Aluminato tricálcico	1-15
Carbonato de cálcio	0-5
Óxido de magnésio	0-4
Óxido de cálcio	0-0,2
Propriedades físico-químicas	
pH em Solução Aquosa	$12 \leq \text{pH} \leq 14$
Massa Específica Absoluta a 20 °C	$2,8 \leq \rho_r \leq 3,2 \text{ g/cm}^3$
Massa Específica Aparente a 20 °C	0,9 a 1,2 g/cm ³
Solubilidade em água a 20 °C	até 1,5 g/l
Resistência Mecânica aos 28 dias	> 32 Mpa

Como agregado orgânico foi utilizado a fibra de buriti obtida no município de Barreirinhas, interior do estado do Maranhão. A cal hidratada de uso geral utilizada para conceder melhor hidratação do cimento e contribuir significativamente para a trabalhabilidade da massa foi obtida no comércio local.

Inicialmente, as fibras foram tratadas em soluções alcalinas de hidróxido de sódio nas concentrações de 1.0%, 1.5%, 2.0%, 5.0% e 10%, por período de 24 horas. Posteriormente, foram cortadas manualmente para posterior caracterização quanto a sua resistência a tração. Para este caso foram preparados suportes, de 50mm de comprimento por 20mm de largura, de papel kraft gramatura 200g para evitar o contato direto da fibra com as garras da máquina. Todas as etapas de preparação das amostras e parâmetros de ensaio acompanharam o que é descrito em (Monteiro et al., 2011; Portela et al., 2010; Barbosa et al., 2012; Santos, 2010; Tomczak, 2010; Peres, 2010; Motta e Agopyan, 2007). Utilizou-se uma máquina de ensaios universal da marca EMIC com capacidade de 100 kN da Universidade Estadual do Maranhão; a velocidade de ensaio foi de 0,8 mm/min, conforme ASTM D3822-96. Para o cálculo dos valores de tensão nas amostras ensaiadas considerou-se a espessura obtida individualmente em cada amostra

Para determinação do comprimento médio das fibras, cem (100) amostras foram colocadas entre duas lâminas de vidro, as quais foram posteriormente analisadas em um microscópio ótico. O valor médio das fibras obtidos foi de 4,5 mm.

Neste trabalho foi utilizado o traço em volume de 1:2:9 para cimento, cal e agregados, e a homogeneização da argamassa feita em argamassadeira. Foram selecionados dois teores de fibra para serem incorporados à argamassa, ou seja, 7 e 14%.

A fibra de buriti possui uma alta capacidade de absorção de água (352 g de água em 10 minutos), o que gerou distintas relações água/cimento para cada condição de fibra adicionada. Assim sendo optou-se por mencionar a quantidade de água adicionada (500 ml e

600 ml de água) para cada teor de fibra utilizado, 0%, 7% e 14 %. Também foi formulada uma argamassa de referência sem conter fibra vegetal para efeitos de comparação, com as adições de 500 ml e 600 ml de água.

A moldagem e cura dos corpos de prova cilíndricos (5 cm x 10 cm) foram feitas conforme recomendações da ABNT NBR 13279: 2005 de forma manual. A cura dos corpos de prova ocorreu dentro de uma câmara à temperatura ambiente de 25 °C e umidade de 70%.

Após a cura, os corpos de prova foram caracterizados quanto ao índice de vazios, absorção de água e massa específica, conforme as recomendações da norma ABNT NBR 9778: 2009. A determinação do índice de vazios, da massa específica e da absorção de água da argamassa foi realizada para 28 dias de cura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a distribuição granulométrica da areia utilizada neste trabalho.

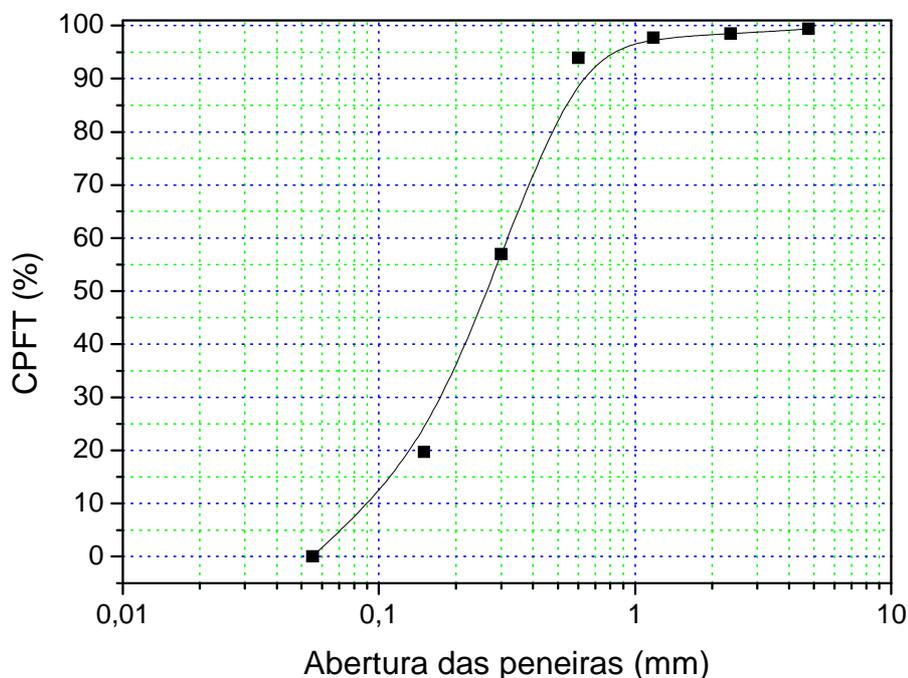


Figura 1. Curva de distribuição granulométrica da areia utilizada

O valor do módulo de finura calculado no ensaio, Tabela 2, mostra que a areia é classificada, de acordo com a ABNT NBR 7211: 2009, como agregado fino e está dentro da zona ótima para utilização em argamassa, que varia de 2,20 a 2,90.

Tabela 2. Distribuição da granulométrica da areia

Peneiras	Retido (g)	MRA (g)	MRA (%)	Módulo de Finura	Índice de material pulverulento
4,75mm	1,83	1,83	0,612	2,33	Amostra A: 2,48
2,36mm	2,65	4,48	1,496		
1,18mm	2,34	6,82	2,278		
0,600mm	11,35	18,17	6,069		Amostra B: 2,50
0,300mm	110,65	128,82	43,027		
0,150mm	111,60	240,42	80,303		Valor médio: 2,49
Prato	58,97	299,39	100		
Total	299,39				

MRA = Massa Retida Acumulada, MRA% = Percentual de Massa Retida Acumulada.

Conforme pode ser visto na Tabela 2, a areia atendeu plenamente aos requisitos da norma ABNT NBR 7211: 2009.

Os resultados da porcentagem do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem, foram avaliados conforme prescreve a norma ABNT NBR NM 46: 2003, onde a diferença obtida nas duas determinações com relação à média não foi superior a 1% conforme previsto na referida norma.

Quanto menor o módulo de finura e maior o índice de material pulverulento, maior será a área superficial, conseqüentemente, maior é a quantidade de água necessária para a mistura da argamassa fresca e maior a quantidade de pasta de cimento para revestir as partículas.

Pode-se observar a partir da distribuição granulométrica do agregado miúdo da Figura 1 que a predominância do tamanho de partículas encontra-se na faixa de 0,15 a 0,60 mm.

A Figura 2 mostra a frequência de distribuição de valores associados ao diâmetro médio das fibras de buriti determinados por análise em microscopia ótica num total de 100 amostras.

Observa-se que o diâmetro médio encontrado para a análise feita em microscopia ótica está entre 0,3 e 0,4 mm, e manteve-se dentro da faixa de valores apresentado por Santos, (2010) (0,1 a 0,6 mm) e dentro da faixa de valores reportados por Monteiro et al, (2011), (0,1 a 0,8 mm).

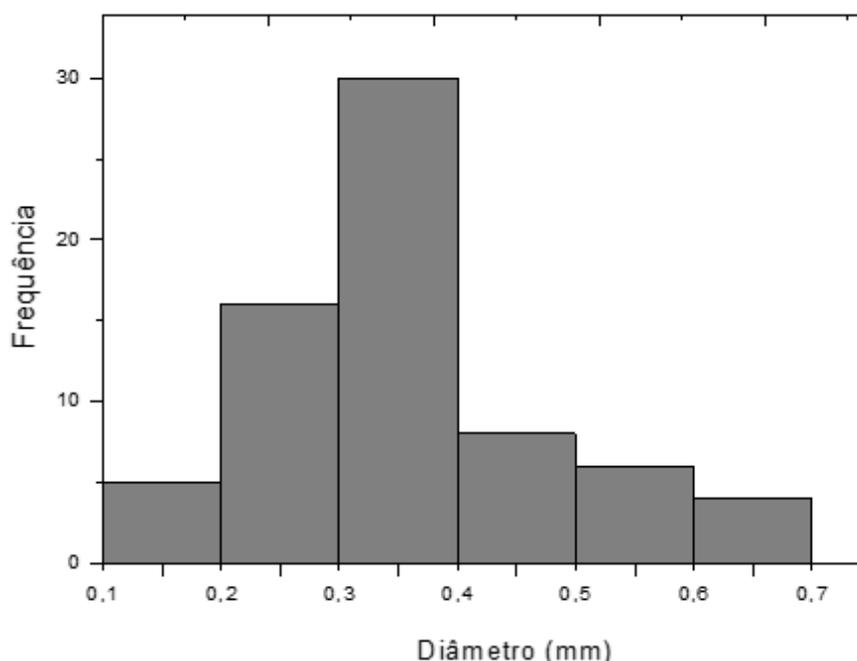


Figura 2. Histograma da distribuição do diâmetro médio da fibra de Buriti pela análise em microscopia ótica

A Figura 3 mostra o comportamento da distribuição percentual do comprimento das fibras de Buriti utilizadas neste trabalho. O comprimento das fibras empregadas no composto é de grande importância, pois pode ter influência no comportamento do material produzido. De acordo com Ramirez Sarmiento (1996) é recomendado utilizar fibras de comprimentos menores que 40 mm com distribuição aleatória nas matrizes cimentícias .

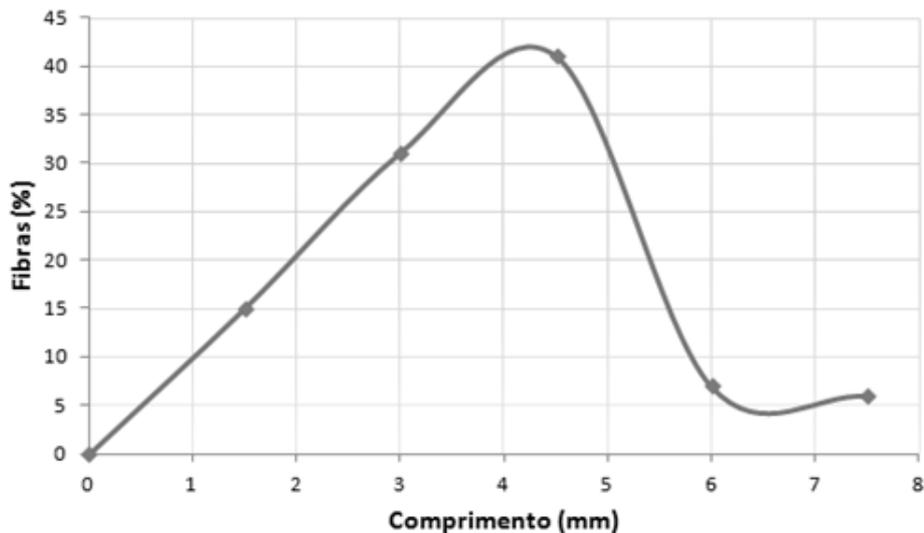


Figura 3. Distribuição percentual do comprimento das fibras de Buriti

O efeito dos tratamentos alcalinos na resistência a tração das fibras de buriti pode ser observado na Figura 4 para diversos teores de NaOH. Nota-se que as fibras sem tratamento alcalino apresentaram maiores valores de resistência à tração, com valores na faixa de 342,11 MPa. Valores próximos a esses também foram verificados no trabalho de Monteiro et al (2011). No entanto, deve-se distinguir o efeito do tratamento alcalino nas propriedades mecânicas da fibra isoladamente e o seu efeito nas fibras quando presentes no compósito fibrocimento. Foi observado que o tratamento alcalino reduziu significativamente a resistência mecânica à tração das fibras. Isto é um indicativo de que o teor de lignina presente nas fibras, responsável pela forte inibição da cura do cimento, foi reduzido.

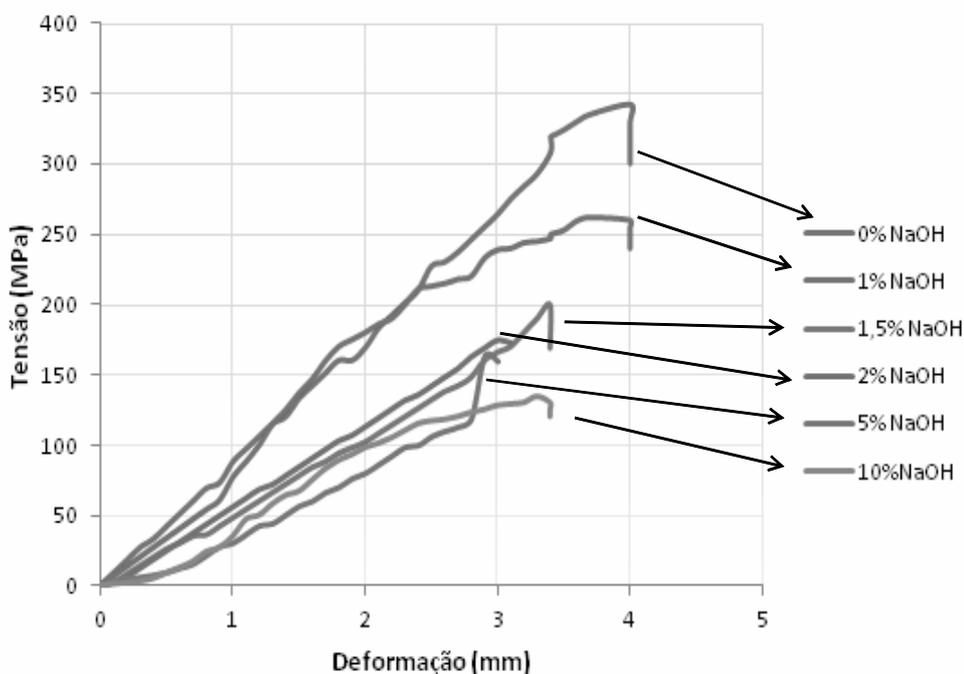


Figura 4. Curvas tensão x deformação das fibras com e sem tratamento caustico

Neste trabalho optou-se por utilizar a fibra tratada a 1,5% de NaOH, a qual apresentou resistência média à tração de 200,64 MPa. Embora esse valor de resistência à tração não seja tão alto em comparação aos encontrados nas fibras sem tratamento, deve-se levar em

consideração o rigor do tratamento, haja vista o aumento da degradação de compósitos tratados com teores maiores que 1,5 de NaOH em períodos não muito longos, conforme visto nos trabalhos de Melo Filho, J. A., et al., (2012) e Santos et al., (2008).

4 ÍNDICE DE VAZIOS

Os efeitos da porcentagem de fibras e do teor de água adicionada no índice de vazios e na relação água/cimento (a/c) da argamassa podem ser observados na Figura 5. Para a adição de 500 ml de água na argamassa, observou-se um aumento do teor do índice de vazios e uma diminuição da relação a/c. O aumento do índice de vazios com a adição de até 14%-p de fibras pode está associada com a piora da distribuição granulométrica da argamassa com a introdução da fibra. Já a diminuição da relação a/c com a adição da fibra está associada à absorção de água pela fibra quando adicionados 500 ml de água no processamento da argamassa. Esta absorção fez com que somente parte da água livre ficasse disponível para a reação da pasta cimentícia.

Para a adição de 600 ml de água na argamassa, observou-se um aumento no índice de vazios utilizando-se 7 %-p de fibra e a sua diminuição com o uso de 14%-p de fibra. A diminuição do índice de vazios com a dição de 14%-p de fibras pode está associada com a melhora da distribuição granulométrica da argamassa com a introdução de um maior teor de água na formulação. Mesmo com esse comportamento, o índice de vazios das amostras processadas com 600 ml de água ainda é superior à formulação que recebeu 500 ml de água. Já a diminuição da relação a/c com a adição de fibra está associada à absorção de água pela fibra quando adicionados 600 ml de água no processamento da argamassa, sendo que esses valores médios foram superiores à formulação que recebeu adição de 500 ml de água.

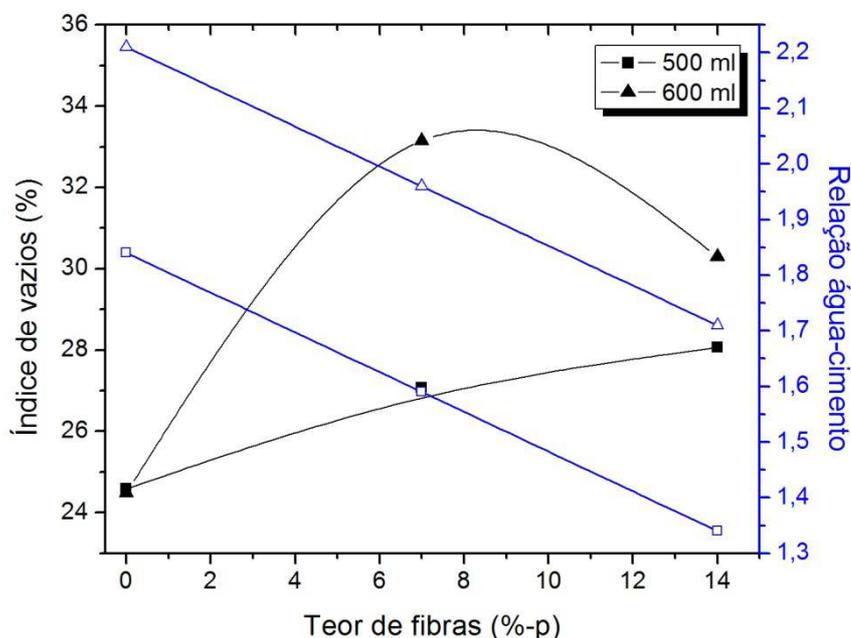


Figura 5. Tendência das médias do índice de vazios e da relação água/cimento da argamassa em função da porcentagem de fibras para as duas adições de água

O aumento do índice de vazios com a adição da fibra para ambas adições de água ocorreu, principalmente, devido à baixa fluidez da argamassa, comprovada pela diminuição da

relação a/c, diminuindo a água disponível para participar da reação de hidratação do cimento na argamassa.

5 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Na Figura 6, pode-se observar a tendência das médias da absorção de água em função da porcentagem de fibras para as duas adições de água. Com as adições de 500 ml e 600 ml de água, o aumento da porcentagem de fibra levou a um aumento da absorção de água, provocado pelo aumento do índice de vazios, como visto na Figura 5.

Para a adição de 600 ml de água na formulação, o teor de 14 %-p de fibras proporcionou uma tendência de redução da absorção de água, no entanto esse valor ainda manteve-se superior ao valor de absorção de água quando adicionados de 500 ml de água para o mesmo teor de fibra. Este comportamento da absorção de água está coerente com o comportamento do índice de vazios da Figura 5. O aumento do teor de água de 500 ml para 600 ml ocasionou um aumento da absorção de água da argamassa, devido ao aumento da quantidade de poros gerados.

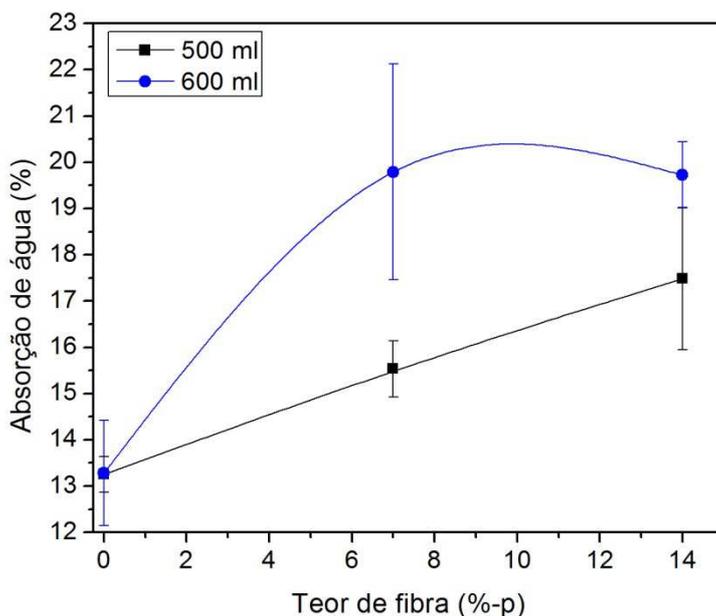


Figura 6. Tendência das médias da absorção de água da argamassa em função da porcentagem de fibra de buriti para as três relações a/c

Com base na Figura 7, pode-se observar uma correlação linear existente entre a absorção de água e o índice de vazios para a formulação com 500 ml de água, dada pela equação de uma reta com um coeficiente de determinação de 0,92. Um maior valor de índice de vazios proporcionou uma maior absorção de água. Maiores teores de fibra de buriti incorporada proporcionaram maiores valores de absorção de água.

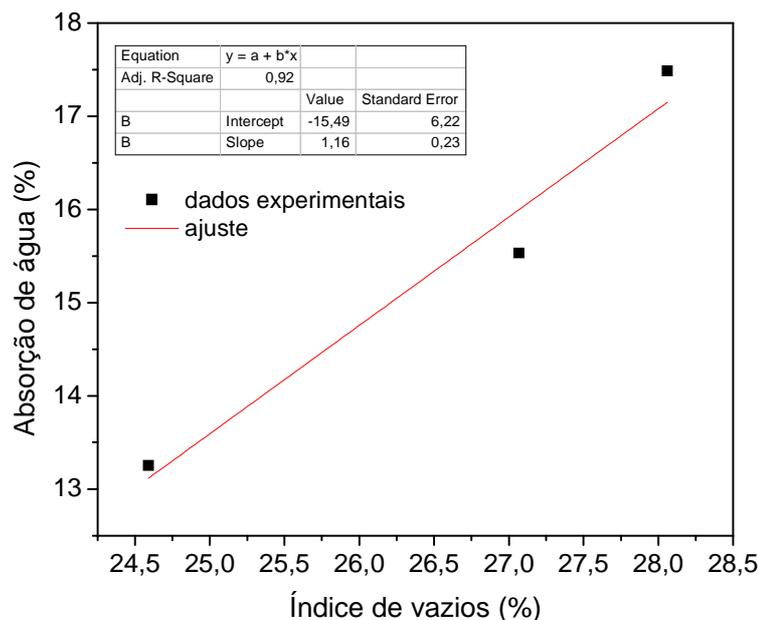


Figura 7. Correlação linear entre a tendência das médias da absorção de água e a relação a/c para a formulação com 500 ml de água

6 MASSA ESPECÍFICA

A partir do gráfico da Figura 8, pode-se observar a tendência das médias da massa específica em função da porcentagem de fibras para as os dois teores de adição de água na formulação. O comportamento da massa específica da argamassa foi inversamente proporcional ao obtido no índice de vazios (Figura 5), uma vez que quanto maior o índice de vazios da argamassa, menor sua massa específica. A Figura 8 também mostra que a maior adição de água (600 ml) promoveu menores valores de massa específica comparativamente à formulação com menor adição de água (500 ml), comprovando que o excesso de água gera maior porosidade na estrutura das argamassas.

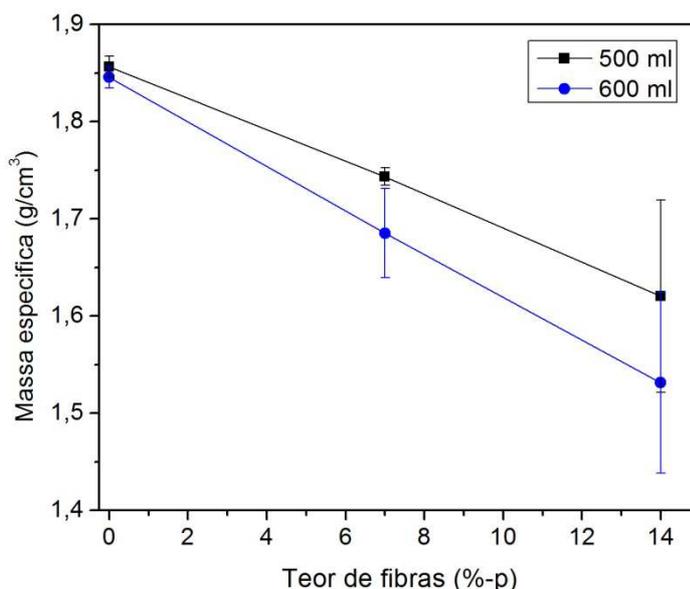


Figura 8. Tendência das médias da massa específica da argamassa em função da porcentagem de fibra para as duas adições de água na formulação

A partir da Figura 9, evidencia-se a relação linear existente entre a tendência das médias da massa específica e do índice de vazios com a adição de 500 ml de água na argamassa, com um coeficiente de determinação de 0,86.

A baixa correlação existente entre a tendência das médias da massa específica e do índice de vazios está, possivelmente, associada ao fato de que o cálculo da massa específica, conforme a norma ABNT NBR 9778: 2009, leva em consideração os poros permeáveis (abertos) e impermeáveis (fechados), enquanto que o índice de vazios, de acordo com a norma ABNT NBR 9778: 2009, leva em consideração apenas os poros permeáveis.

Ademais, o fato do coeficiente de determinação não está tão próximo de 1 também pode estar associado a outros fatores, como, por exemplo: variação da temperatura ambiente, variação da umidade relativa do ar e erros decorrentes de aferições ou medições.

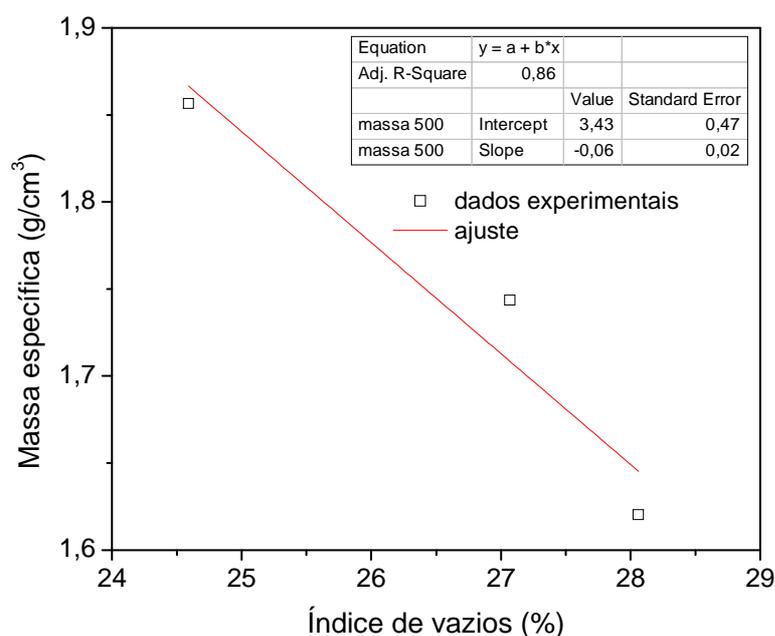


Figura 9. Correlação entre a tendência das médias da massa específica e do índice de vazios com a adição de 500 ml de água na argamassa

7 CONCLUSÃO

A fibra de buriti apresentou uma alta capacidade de absorção de água, fato este que altera a relação água/cimento quando se utiliza diferentes teores de fibra.

Os compósitos contendo fibras apresentaram diferentes valores de relação água/cimento, o que proporciona distintos valores de índices de vazios e absorção de água.

O índice de vazios da argamassa aumentou com o aumento da porcentagem de fibras tanto para as adições de 500 ml como para adição 600 ml de água. Entretanto, com o teor de 14 %-p de fibra e com a adição de 600 ml de água na argamassa houve uma redução do índice de vazios em relação à formulação contendo 7 %-p de fibras.

A massa específica e a absorção de água estiveram diretamente relacionadas com o índice de vazios da argamassa para ambas as adições de água na formulação. O aumento do índice de vazios acarretou um aumento da absorção de água e uma redução da massa específica, o que pôde ser corroborado pelas correlações obtidas entre o índice de vazios da argamassa, sua massa específica e absorção de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de Fomento Capes e FAPEMA pela concessão das bolsas de pesquisas e ao IFMA por ter viabilizado a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARDANUY, M.; CLARAMUNT, J.; TOLEDO FILHO, R. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: a review of recent research. *Construction & building materials*. v, 79, p. 115-128, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro: 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem. Rio de Janeiro: 2009.
- BARBOSA, A. P., OLIVEIRA, M. P., CRESPO, A. DA S., SANTOS N. S. S., MARGEM, F. M. & MONTEIRO, S. N. Correlation between the density and the diameter of buriti fibers. *The Minerals, Metals & Materials Society*, 2012.
- CAMPELO, E.F. Comportamento em fadiga de compósitos cimentícios reforçados por polpa de bambu. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- CORREIA, Conceição de Maria Pinheiro. Conforto termoacústico de uma habitação de baixo custo. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- LIMA, J.P. Modelagem e teste de condutividade térmica em placa de gesso e fibra vegetal, *Mauritia vinifera martius*, para uso na construção civil. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- MARGEM, Jean Igor. Estudo das características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de malva. Tese (Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.
- MELO FILHO, JOÃO DE ALMEIDA. Durabilidade Química e Térmica e Comportamento Mecânico de Compósitos de Alto Desempenho Reforçados com Fibras de Sisal, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.
- MOTTA, L.A.C., AGOPYAN, V. Caracterização de fibras curtas empregadas na Construção Civil. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*. São Paulo, 2007.
- MONTEIRO, S. N., LOPES, F. P. D., BARBOSA, A. P., BEVITORI, A. B., SILVA, I. L. A. DA., COSTA, L. L. DA. Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering Materials - An Overview. *The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International. Metallurgical and Materials Transactions A*. Volume 42a, p 2963 a 2974 Outubro, 2011.
- PACHECO-TORGAL F, JALALI S. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. *Construction and Building Materials* 2011; 575–581.

PERES, Maria das Neves Pontes Barata. Compósito de argamassa de cimento reforçada por fibra de sisal com entalhe definidos: caracterização mecânica e mecanismo de falha. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

PORTELA, T.G.R., COSTA, L.L. da, SANTOS, N.S.S., LOPES, F.P.D., MONTEIRO, S.N. Tensile behavior of lignocellulosic fiber reinforced polymer composites: Part II buriti petiole/polyester. Revista Matéria, v. 15, n. 2, pp. 195-201, 2010.

RAMÍREZ SARMIENTO, C. Argamassa de cimento reforçada com fibras de bagaço de cana-de-açúcar e sua utilização como material de construção. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 1996.

SAVASTANO JUNIOR, H. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. PUC São Paulo, São Paulo, 2000.

SANTOS, N. S.; Dias, C. G. B. T.; Sanches, E. M. S.; Zavaglia, C. A.; Albuquerque, E. L. (2008) “Influência do tratamento químico nas propriedades de impacto do compósito de fibras de Miriti/resina de poliéster insaturado” 4799 – 4810 p 18º CBECiMat – 24 a 28 de novembro de 2008, Porto de Galinhas, PE, Brasil.

SANTOS, N.S.S. Análise experimental e teórica do comportamento mecânico sob carregamentos quase-estáticos de compósitos reforçados com fibras vegetais. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.