

## DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DE ARGAMASSA REFORÇADA COM FIBRAS DE COCO E SISAL

Elvis Andrade Soares<sup>(1)</sup>; Diana Darlen Soares Cangussú<sup>(1)</sup>; Enza Rafaela Arruda Parente<sup>(1)</sup>; Patrícia Pinto Gonçalves<sup>(1)</sup> & Antônio Eduardo Bezerra Cabral<sup>(2)</sup>

(1) Mestrandos em Construção Civil, Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Ceará, Brasil. elvissoares@hotmail.com; darlencangussu@gmail.com; enza\_arruda@hotmail.com; patriciapg\_d@hotmail.com

(2) Professor do Centro de Tecnologia – UFC, Brasil – e-mail: eduardo.cabral@ufc.br

### Resumo

*O uso de fibras vegetais como reforço em argamassa é objeto de estudo na formação de novos materiais para fabricação de componentes para a construção civil, por ser de baixo custo, ter alta disponibilidade, reduzido consumo de energia para sua produção e não causarem impacto ao meio ambiente. Essa utilização também tem grande importância socioeconômica, pois agrega valor a produtos cultivados com sucesso no Nordeste brasileiro. O objetivo desse trabalho é fazer uma investigação experimental para a determinação das propriedades mecânicas e físicas de argamassa adicionada de fibras vegetais do coco e do sisal, de forma que esses compósitos possam ser aplicados como alternativa para fabricação de alguns materiais de construção, como placas de argamassa e painéis de vedação vertical. Utilizou-se o teor de adição 0,25% em relação ao volume total de argamassa, sobre duas misturas de cimento e areia, 1:5 e 1:6. Foram realizados ensaios de determinação do índice de consistência no estado fresco, resistência à tração na flexão, resistência à tração por compressão diametral, resistência ao impacto de corpo duro e absorção de água por imersão. A argamassa com adição de fibras de sisal apresentou melhores resultados que a mistura com fibras de coco.*

**Palavras-chave:** Sisal, Coco, Reforço, Placas.

### Abstract

*The use of natural fibers as reinforcement in mortar are the object of study in the formation of new materials for the manufacture of components for the construction industry, because of its low cost, have high availability, reduced power consumption for its production and not cause impact to the environment. Such use also has great socioeconomic importance as add value to products grown successfully in the Brazilian Northeast. The aim of this work is to make an experimental investigation to determine the physical and mechanical properties of mortar reinforced with vegetable fiber of sisal and coconut, so these composites can be used as an alternative for manufacturing some building materials such as mortar plates and vertical fence panels. We used the addition amount of 0.25% relative to the total volume of mortar on two mixtures of cement and sand, 1:5 and 1:6. Experiments were performed to determine the consistency index fresh, tensile strength in bending, tensile strength in diametrical compression, impact resistant body and tough water absorption by immersion. The mortar with addition of sisal fibers showed better results than the mixture with coconut fibers.*

**Keywords:** Sisal, Coconut, Reinforcement, Plates.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Soares (2004), o consumo do coco verde em Fortaleza/CE chega a atingir 9% dos resíduos sólidos domiciliares, aproveitar tal resíduo na forma seca é uma boa opção para diminuir o volume de material em aterros sanitários de Fortaleza/CE.

De acordo com a Secretaria de Planejamento da Bahia (2010), atualmente o Brasil é o maior produtor de sisal do mundo e o Estado é responsável por 90% da produção brasileira da fibra.

Savastano et al (1998) realizaram visitas com o objetivo de analisar o processo de cultivo, extração, beneficiamento e industrialização de fibras vegetais. Foi verificado que havia a existência da bucha de campo de sisal, com grande disponibilidade e pequeno interesse comercial, além de ser alternativa de complementação de renda para os produtores agrícolas.

Além dos benefícios econômicos, melhoram desempenho mecânico do material aumentando a resistência à tração, controlando abertura e propagação de fissuras e aumentando a ductilidade, permitindo deformações relativamente altas sem perda da integridade (SAVASTANO, 2000).

A durabilidade de argamassas reforçadas com fibras vegetais é de muita importância.

A deformação trativa de ruptura aumenta na presença de fibras, resultando em um material com alta tenacidade e resistência ao impacto (TOLÊDO FILHO, 1997).

Propõe-se o uso de fibras de coco e de sisal em argamassas, por serem resíduos com grande potencial no Nordeste brasileiro e possibilitarem a geração de renda, verifica-se a possibilidade de produção de argamassas reforçadas com fibras de coco e sisal como alternativa à materiais de construção, como placas de argamassa e painéis de vedação vertical, com custos menores e com possibilidades de serem usados em habitação de interesse social.

## 2. MATERIAIS e MÉTODOS

Foram utilizadas fibras vegetais de coco e sisal, como elementos de reforço em argamassa de cimento e areia. As fibras de coco foram obtidas na Unidade de Beneficiamento de Casca de Coco Verde da EMBRAPA, em Fortaleza/CE e as fibras de sisal, do tipo refugo, foram disponibilizadas pela APAEB - Valente/BA.

Foram medidos diâmetros de dez amostras de cada fibra, feita em três pontos e obtidas as médias (Tabela 1). As fibras utilizadas foram cortadas, fixado o fator de forma (132), definido pela razão entre comprimento e diâmetro médio das fibras, partiu-se de 4cm de comprimento para a fibra de maior espessura, chegando-se à medida de 2,12 cm para a fibra de sisal.

Foi determinada a massa específica real das fibras através de procedimento adaptado de Picanço (2005), usada no cálculo das quantidades a serem utilizadas nas misturas. Utilizou-se o cimento Portland composto CII-E-32, da marca Poty, na composição da mistura em dois traços, com incorporação de um percentual de 0,25% de fibras em relação ao volume total de argamassa. A água utilizada foi obtida da rede de abastecimento da cidade de Fortaleza/CE. Para a areia natural, originada da região metropolitana de Fortaleza, foi realizado ensaio de determinação da composição granulométrica, conforme a norma NM 248:2003 (módulo de finura = 2,13 e dimensão máxima característica = 1,18 mm). A determinação das massas específicas real e aparente foi feita conforme as normas NBR 9776:1987 e NM 45:2006, cujos valores são 2,50 g/cm<sup>3</sup> e 1,31 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Para manutenção da trabalhabilidade, fixou-se o índice de consistência em 188+/-5 mm, segundo a norma NBR 13276:2005. A argamassa de referência teve o objetivo de evidenciar as diferenças de desempenho das misturas com e sem fibras.

A moldagem e cura dos corpos-de-prova e ensaios para determinação das propriedades físicas e mecânica de resistência tração por compressão diametral (NBR 7222:2010) ocorreram no Laboratório de Materiais de Construção Civil da UFC, e os ensaios de resistência à tração na flexão e impacto de corpo duro (NBR 15845:2010) ocorreram no Laboratório de Materiais de Construção Civil do NUTEC, máquina modelo DL-100T, 1.000kN, da marca EMIC.

Todos os corpos-de-prova (CP) foram ensaiados aos vinte e oito dias, submetidos à cura ao ar livre. Os CP's cilíndricos (50x100 mm) foram moldados segundo a NBR 7215:1997 e os CP's prismáticos (40x40x160 mm) segundo a NBR 13279:2005. A determinação da resistência à tração na flexão com a norma NBR 13279/2005 (Figura 1).

O ensaio de resistência ao impacto possibilita a obtenção de informações relativas ao grau de tenacidade de um material rochoso e, conseqüentemente, sua capacidade de suportar ações mecânicas instantâneas (VIDAL, BESSA & LIMA, 1999).

Na absorção de água por imersão, os CP's utilizados foram do tipo cilíndrico, desmoldados após 24 h. Eles permaneceram em cura ao ar no ambiente do laboratório até a data do ensaio. A secagem dos corpos-de-prova ocorreu a 105(+/-)5°C, conforme recomendação da Norma NBR 9778:1987.

Silva (2005) alerta para a possível modificação da estrutura de poros provocada pelo uso de temperaturas elevadas, onde é utilizado temperaturas menores. Segundo McCarter et al. (1992), se não controlada, a secagem a 105°C pode ocasionar microfissuração na mistura e outros efeitos indesejáveis.

Além do percentual de absorção de água por imersão, foram calculadas a massa específica da mistura seca, a massa específica da mistura saturada, o índice de vazios e a porosidade.

Tabela 1 – Misturas e dimensões das fibras

Traço (em volume)	Tipo de fibra	Volume de fibra (%)	Comprimento da fibra (cm)	Diâmetro médio da fibra (mm)
1:5	Sisal	-	2,12	0,160
1:6	Coco	-	4,00	0,303
1:5:0,25%	Sisal	0,25	2,12	0,160
1:6:0,25%	Sisal	0,25	2,12	0,160
1:5:0,25%	Coco	0,25	4,00	0,303
1:6:0,25%	Coco	0,25	4,00	0,303

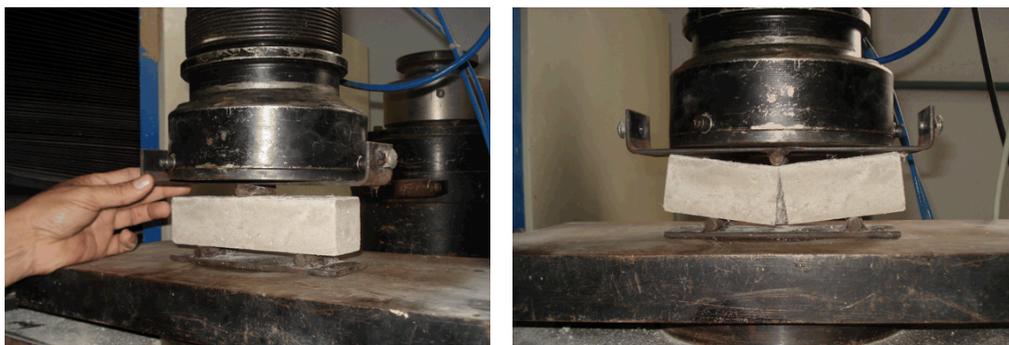


Figura 1 – Ensaio de resistência à tração na flexão – Argamassa com fibra de sisal – Traço 1:5

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No ensaio de resistência à tração na flexão, o máximo valor observado foi de 3,55 MPa e o menor valor 1,55 MPa, demonstrando uma grande amplitude dos dados coletados. Nos traços 1:6 percebeu-se uma redução dos valores de resistência. Outro ponto importante é que de maneira genérica, os traços com adição de fibras de sisal se comportaram melhor que os traços que receberam adição de fibras de coco, fato este talvez influenciado pelo comprimento e diâmetro médio das fibras de coco (4 cm e 0,303 mm), mesmo mantendo-se o fator de forma. Visando uma atuação igualitária das duas fibras, uma diferença é notada em todos os ensaios em prol da adição da fibra de sisal, que teve comprimento e diâmetro médio menores (2,12 cm e 0,160 mm).

Tabela 2 – Resultados dos ensaios mecânicos

Mistura	Resistência à tração na flexão		Resistência à tração por compressão diametral		Resistência ao impacto de corpo duro	
	$\sigma_{\text{máx.}}$ (MPa)	Desvio Padrão	$\sigma_{\text{máx.}}$ (MPa)	Desvio Padrão	Altura (m)	Energia (J)
1:5Referência	1,77	0,47	1,34	0,24	0,40	3,92
1:6Referência	3,55	0,13	2,12	0,30	0,31	3,04
1:5:0,25 Sisal	3,05	0,72	1,61	0,19	0,70	6,37
1:6:0,25 Sisal	2,00	0,19	1,82	0,32	0,70	6,86
1:5:0,25 Coco	1,55	0,22	1,29	0,47	0,65	6,37
1:6:0,25 Coco	2,20	0,11	1,59	0,41	0,60	5,88

Todos os ensaios de resistência à tração por compressão diametral apresentaram valores menores que os ensaios de resistência à tração na flexão. Novamente, os traços com adição de sisal obtiveram tensões maiores até atingir a ruptura. Cumpre-nos salientar que, uma das maiores contribuições que a adição de fibras naturais proporciona é o aumento da tenacidade da argamassa.

Nos resultados do ensaio de resistência ao impacto de corpo duro, observa-se a maior evidência da positiva ação das fibras nas argamassas, sempre que se tem presença do material orgânico (Figura 2). A energia suportada por uma placa com fibras até o rompimento é no mínimo 93% maior que a energia suportada por uma placa sem fibras, chegando-se ao ápice de 126% de diferença, numa demonstração da aplicabilidade e melhoria proporcionada pela adição de tais fibras. Novamente se percebe certa superioridade nas argamassas adicionadas de sisal em relação às que receberam fibras de coco.

Figura 2 – Ensaio de impacto de corpo duro – Argamassa com fibra de coco – Traço 1:5



A Tabela 3 mostra os resultados do ensaio de absorção de água por imersão. Percebe-se que o maior valor foi de 11,42%, observado no traço 1:5:0,25, fibra de coco. Observa-se que para os traços 1:5, a argamassa com fibra de coco tem maior absorção e para os traços 1:6, a argamassa com fibra de sisal tem maior absorção.

Já os traços de referência apresentam melhor comportamento em detrimento dos traços com adições, um comportamento já esperado, podendo-se considerar que os poros existentes nas fibras contribuem para o aumento da absorção por imersão. Segundo Pinto (2007), a absorção de água por imersão de fibras de sisal pode ultrapassar os 480%, um fato que pode contribuir em muito para o aumento da absorção das misturas, apesar da não obtenção de resultados tão diferenciados entre argamassas com e sem adição de fibras.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de absorção de água por imersão

Mistura	24 h		48 h		72 h		96 h	
	Absorção de água (%)	(%)						
1:5 Referência	10,46	0,39	10,76	0,32	10,88	0,31	11,00	0,28
1:6 Referência	9,94	0,28	10,12	0,24	10,20	0,21	10,27	0,23
1:5:0,25 Sisal	9,73	0,17	9,97	0,18	10,08	0,20	10,12	0,19
1:6:0,25 Sisal	10,54	0,24	10,82	0,23	10,93	0,24	10,93	0,25
1:5:0,25 Coco	11,18	0,15	11,34	0,18	11,40	0,17	11,42	0,19
1:6:0,25 Coco	10,18	0,44	10,52	0,35	10,64	0,29	10,74	0,28

Observa-se também na Tabela 3, que nas primeiras 24 h, as argamassas absorveram de 95 a 98% do total de absorção após 96 h, o que nos leva ao questionamento sobre o comportamento de tal absorção ao longo das primeiras 24 h, um fato a se abordar em trabalhos futuros. Considerando apenas as fibras de sisal, Pinto (2007) indica que, cerca de 65% da absorção total ocorre nos primeiros cinco minutos de imersão da fibra, um indicativo que merece destaque se considerarmos a hipótese que a presença das fibras influi de forma significativa a absorção por parte da mistura como um todo e que pode comprometer a trabalhabilidade da mistura no período de manuseio da mistura fresca.

De forma genérica, afirma-se que quanto maior o índice de vazios, menor a resistência à compressão, o que observa-se nos dados coletados como tendência e não de forma absoluta. De acordo a Tabela 4, a massa específica da mistura seca variou de 1881,49 kg/m<sup>3</sup> a 1925,80 kg/m<sup>3</sup>, ambos, valores das argamassas de referência.

Já em relação às argamassas com adições de fibras, novamente a incorporação de sisal se mostra superior, com menor índice de vazios e maior massa específica, corroborando com os resultados de resistências anteriormente expostos.

Tabela 4 – Índices físicos

Mistura	Índice de vazios		Porosidade		Massa específica da amostra seca (kg/m <sup>3</sup> )		Massa específica da amostra saturada (kg/m <sup>3</sup> )	
	x		x		x		x	
1:5 Referência	20,70	0,51	17,15	0,35	1881,49	3,74	2088,47	4,06
1:6 Referência	19,78	0,37	16,51	0,26	1925,80	18,94	2123,56	18,95
1:5:0,25 Sisal	19,41	0,28	16,25	0,20	1918,47	8,04	2112,53	5,62
1:6:0,25 Sisal	20,68	0,32	17,13	0,22	1892,53	17,76	2099,29	15,62
1:5:0,25 Coco	21,73	0,30	17,85	0,21	1903,03	6,09	2120,32	4,18
1:6:0,25 Coco	20,31	0,46	16,88	0,32	1891,33	7,18	2094,45	3,38

#### 4. CONCLUSÕES

Foram obtidos melhores resultados com as argamassas com a adição de fibras vegetais do que com as de mistura de referência.

As misturas com adição de fibras de sisal demonstraram melhores resultados de desempenho mecânico do que as misturas com adição de fibras de coco.

O ensaio de resistência ao impacto de corpo duro demonstra a melhora na resistência das argamassas com adições.

Mesmo sendo mostrada a redução da resistência à compressão nas argamassas com adição de fibras, há o ganho de desempenho, em termos de ductilidade e capacidade de resistência após a fissuração das placas, tornando as argamassas com adição de fibras vegetais mais vantajosas em relação às argamassas de referência, podendo ser aplicadas em materiais de construção que necessitem de maior tenacidade e resistência ao impacto.

Os resultados mostraram que as fibras de coco e sisal possuem características físicas e mecânicas que as habilitam à aplicação como reforço de matrizes cimentícias, apresentando assim, possibilidade de aplicação à fabricação de materiais com argamassa na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776:1987**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778:1987**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 9779:1995**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215:1997**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738:2003**: Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276:2005**: Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279:2005**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739:2007**: Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 7222:2010**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15845:2010**: Rochas para revestimento – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248:2003**: Agregado em estado solto – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45:2006**: Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 2006.

FERRI, Mário Guimarães. **Plantas produtoras de fibras**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1976.

McCARTER, W. J.; EZIRIM, H.; EMERSON, M. Absorption of water and chlorite into concrete. **Magazine of concrete research**, n.44, p. 31-37, 1992.

PICANÇO, Marcelo de Souza. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Técnico Científico, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PINTO, André R. A. Guedes. **Fibras de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Técnico Científico, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SAVASTANO, H. J.. **Materiais à base de cimento reforçado com fibra vegetal**: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. 2000. Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SAVASTANO JR., H.; NOLASCO, A. M.; LUZ, P. H. C. Identificação e caracterização de resíduos agroindustriais, para uso na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 7., Florianópolis, 1998. **Anais...** Florianópolis, Antac/UFSC, 1998. v. 1, p. 885-892.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO. **Bahia participa de leilão para escoamento do sisal**. <<http://www.seplan.ba.gov.br/exibePrincipal.php?varCodigo=2850>>. Acesso em: 02 junho 2012.

SILVA, F.G. S.; SANTOS, L., RODOLPHO, P.M., PAULA, J.M.P. DE; NEPOMUCENO, A.A. Influência dos

efeitos pozolânico e microfiller na resistência à compressão do concreto. In: 47º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, Recife, 2005. **Anais...** Recife, IBRACON, 2005. 11p.

SOARES, N. M. B.. **Gestão de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Fortaleza-CE**. 2004. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

TOLÊDO FILHO, R. D. Materiais compósitos reforçados com fibras naturais vegetais. In: Tolêdo Filho, R. D.; Nascimento, J. W. B.; Ghavami, K. (coord.). **Materiais não convencionais para construções rurais**. Campina Grande, UFPB/SBEA, 1997. cap. 2, p. 49-82.

VIDAL, F. W. H.; BESSA, M. F.; LIMA, M. A. B. **Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT - (Série Tecnologia Mineral, 74). 1999. 30p.