

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE SISAL ¹

Odila da Silva Passos Ventura ²

Oscarina da Silva Passos ³

João Bosco de Andrade Lobo ⁴

Roberto Tetsuo Fujiyama ⁵

Resumo

Uma grande variedade de fibras tem sido utilizada como reforço de matrizes à base de cimento devido à sua capacidade de renovação, baixo custo e consumo de energia para sua produção. A finalidade do reforço de um material com fibras é a de melhorar as propriedades desse material que por si só não seria adequado para o uso na engenharia. O principal objetivo deste trabalho é determinar através de experimento as características mecânicas do compósito de matriz cimentícia reforçada com fibra de sisal, adicionada porcentagem de 1% da fibra à massa de cimento. O tipo de ensaio realizado para a caracterização do material foi de flexão em três pontos, seguindo as recomendações da norma RILEM 49, onde investigou-se a influência do volume de fibras nos compósitos, tendo como resultado uma tendência de melhora na resistência à flexão.

Palavras-chave: Compósito; Cimento; Matriz; Fibras.

MECHANIC CHARACTERIZATION OF COMPOSITE STRENGTHENED WITH SISAL FIBER

Abstract

A great variety of staple fibers has been used as reinforcement of matrices to the cement base due to its capacity of renewal, low cost and consumption of energy for its production. The purpose of the reinforcement of a material with staple fibers is to improve the properties of this material that would by itself not be adjusted for the use in engineering. The main objective of this work is experimentally to determine the mechanical characteristics of the composite of strengthened cementitious matrix with sisal fiber, added to percentage of 1% the fiber the cement mass. The type of assay carried through for the characterization of the material was of flexion in three points, following the recommendations of norm RILEM 49, where it was investigated influence of the volume of staple fibers in the composites, having as resulted a trend of improvement in the resistance to the flexion.

Key-word: Composite; Cement; Matrix; Staple fibers.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Universitário do Guamá, Rua Augusto Correa, 01, Guamá, CEP 66075-110, Belém - Pará - Brasil - odila@ufpa.br; UFPA*

³ *Mestranda; oscarina@ufpa.br; UFPA*

⁴ *Mestrando; jblobo@ufpa.br; UFPA*

⁵ *Prof. Dr.; fujiyama@ufpa.br; UFPA*

INTRODUÇÃO

Fibras naturais, como sisal, coco, juta, e fibras de celulose constituem excelente alternativa para uso como elemento de reforço de matrizes frágeis, devido à sua abundância, baixo custo e consumo de energia para sua produção.

A partir do conhecimento que o material cimento-amianto trouxe riscos à saúde, a engenharia voltou a preocupar-se em estudar e desenvolver novos componentes para a sua substituição. Os compósitos de argamassa reforçados com fibras naturais surgem, então, como um desafio e, ao mesmo tempo, como solução, para se combinar materiais de construção não convencionais com as técnicas de construção tradicionais.

O cimento Portland como matriz no compósito é um material de construção durável, barato e dotado de adequada resistência à compressão e rigidez, entretanto, apresenta ruptura frágil, baixa resistência à tração e pequena capacidade de deformação. Uma maneira eficiente de conferir a essas argamassas maior resistência à tração, ao impacto e à fadiga, além de tenacidade e ductilidade, é a adição de fibras curtas à mistura.⁽¹⁾

A Figura 1a mostra ruptura de concreto com reforço enquanto a figura 1b apresenta a ruptura sem reforço, onde a diferença de ruptura à flexão tem como uma característica peculiar à fragilidade dos concretos convencionais, ou seja, sem reforço.

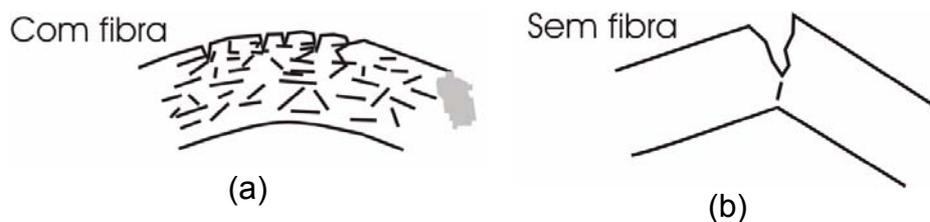


Figura 1 - (a) Ruptura de concreto com reforço: (b) Ruptura sem reforço

As fibras podem se dividir, de acordo com sua elasticidade, em fibras de baixo e alto módulo, diferindo, assim, suas aplicações. As fibras de alto módulo melhoram a resistência do compósito, principalmente à tração, enquanto as de baixo módulo propiciam melhores resistências ao impacto e permitem ao compósito trabalhar no estágio pós fissurado aumentando consideravelmente sua tenacidade⁽²⁾ quando aplicadas em teores adequados.

Tezuka,⁽¹⁾ estudou as características do concreto armado com fibras naturais, como as de coco, juta, de sisal, etc. Segundo o autor, na produção de chapas para uso em coberturas e paredes de baixo custo, o volume ótimo e o comprimento adequado para a grande maioria das fibras naturais estão ao redor de 3mm e 25 mm respectivamente.

Este estudo tem como objetivo analisar os compósitos de argamassa reforçados com fibras naturais através das propriedades mecânicas obtidos nos ensaios de flexão em três pontos.

Material Compósito de Argamassa de Cimento Reforçada com Fibras Naturais

A combinação de cimento e fibras vegetais para produção de compósitos duráveis é um grande desafio, mas que se concretizado pode criar um material de construção ecológico, resistente e durável com grande capacidade de renovação, embasada em recursos naturais renováveis⁽³⁾.

Estudos recentes utilizaram alternativas para modificação da matriz através da substituição parcial do cimento Portland por materiais com propriedades pozolânicas como sílica ativa e escória granulada de alto forno ^{(4), (5) e (6)}. Materiais pozolânicos podem melhorar significativamente as propriedades dos compósitos tanto no estado fresco como endurecido.

Ensaio Mecânico Flexão

A flexão é o esforço que se caracteriza por induzir numa peça tensões de compressão numa parte de uma secção transversal e tensões de tração na parte restante.

Abordaremos aqui, o ensaio de flexão que é utilizado para materiais com características frágeis, que é o ensaio de resistência à ruptura transversal.

Para materiais com características frágeis, a resistência à ruptura transversal se constitui uma propriedade importante em sua caracterização mecânica, pois estes, quando sujeitos a cargas de dobramento a deformação resultante é muito pequena, de modo que sua ruptura se dá, para uma determinada tensão, repentinamente, com mínima ou nenhuma deflexão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Neste trabalho foram usadas fibras vegetais de sisal, cimento Portland, areia e água.

Fibras naturais a serem usadas no material compósito

A matéria prima a ser utilizada neste compósito preliminarmente é a fibra vegetal de sisal seca, como elemento de reforço na produção dos compósitos, esse material se encontra disponível no comércio de Belém e a possibilidade do seu emprego na Construção Civil destaca-se pela quantificação de sua disponibilidade e distribuição geográfica, devido também as suas características físicas, custo e possibilidade de cultivo fácil.

Cimento usado na matriz do material compósito

O cimento utilizado neste trabalho é o CP II Z 32 ⁽⁷⁾, cimento Portland composto com pozolana (6% a 14%), devido ter diversas possibilidades de aplicação e por isso é um dos cimentos mais utilizados no Brasil. Os materiais pozolânicos podem melhorar significativamente as propriedades dos compósitos, e também sua durabilidade.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Procedimento para Preparar o Material Compósito

Os materiais utilizados para confecção do compósito (cimento, areia, água e fibra) foram devidamente preparados antes da pesagem, as fibras de sisal foram cortadas em comprimentos iguais a 45 mm para cada tipo de ensaio e mistura. Os materiais constituintes assim preparados foram levados a uma argamassadeira com capacidade da cuba de 5 L, dando início ao processo de mistura. Inicialmente, foram misturados o cimento, areia seca e fibra vegetal de sisal seca, em seguida adicionado água, controlada para alcançar uma boa plasticidade para a massa, chegando a uma mistura bem homogênea. A Figura 2 mostra o momento da mistura dos constituintes.



Figura 2 – Momento da mistura dos compósitos.

Nessa técnica de mistura a relação cimento/areia em peso usada foi 1:2 segundo.⁽⁸⁾ Também, foi definido a porcentagem em peso da fibra em relação a mistura do compósito de 1% e a relação água/cimento foi trabalhada na faixa de 0,5% a 0,7%, baseado nas literaturas.

Como referência, para apontar as diferenças de desempenho entre compósitos com fibras e sem, trabalhamos com uma matriz cimentícia sem reforço, onde, os materiais foram misturados conforme processo acima.

Procedimento para Fabricação dos Corpos de Prova

A fabricação dos corpos de prova para ensaio de flexão foram baseadas em parâmetros conforme Norma⁽⁹⁾ que trata de matrizes cimentícias e fibras vegetais. Os corpos de prova foram confeccionados em moldes de madeira, seção retangular de 100 mm x 25 mm x 300 mm como mostra as Figuras 3a desenho esquemático do molde e a 3b molde de madeira.

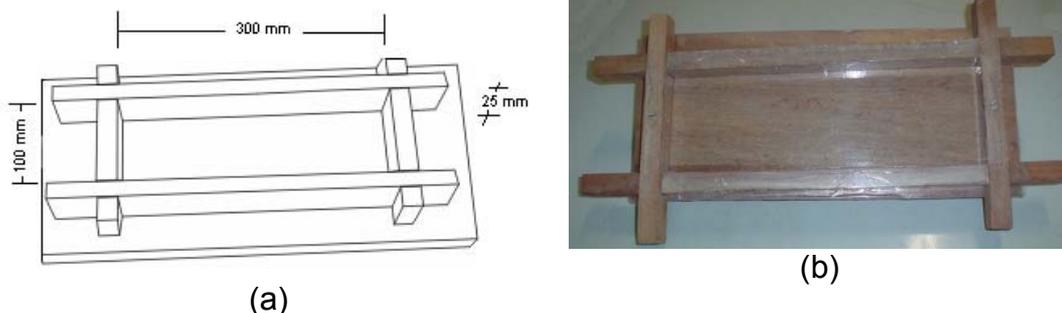


Figura 3 - (a) Desenho esquemático do molde e (b) Molde de madeira

Ensaio Mecânico dos Corpos de Prova

Os ensaios de flexão em três pontos foram realizados numa máquina SKRATOS (TRCv 59 D-USB) , com célula de carga de 500 kgf, onde o corpo de prova foi posicionado, de forma, que a carga foi aplicada no centro do mesmo, com uma velocidade de 4 mm/min, definida pela norma.⁽⁹⁾ A Figura 4 apresenta o esquema do ensaio. Os resultados obtidos são representados na forma de gráfico (carga x deslocamento).



Figura 4 - Corpo de prova durante o ensaio de flexão

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Corpo de Prova sem Fibra

Foram realizados quatro ensaios nas amostras sem fibras. A Figura 5, mostra o diagrama típico para carga x deslocamento do corpo de prova sem reforço. Iniciou e cresceu de uma maneira instável conduzindo à fratura, apresentando uma ruptura brusca.

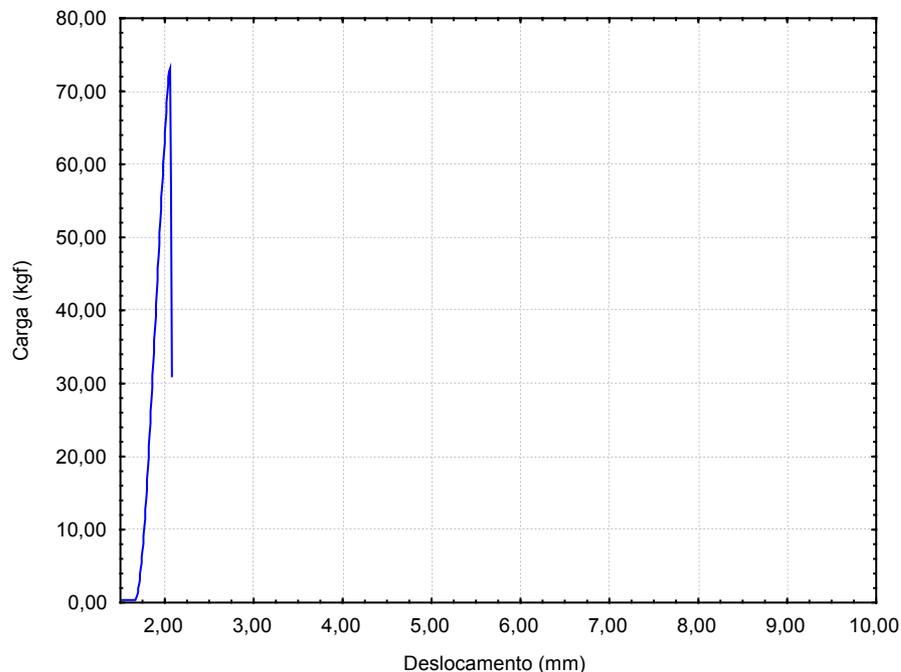


Figura 5 - Diagrama típico carga x deslocamento do corpo de prova sem reforço

Na Figura 6a mostra o corpo de prova matriz antes do ensaio e a figura 6b ilustra o corpo de prova depois do ensaio de flexão.



Figura 6 - (a) Corpo de prova matriz antes do ensaio; (b) Corpo de prova matriz depois do ensaio.

Corpo de Prova com Fibra

Foram analisados quatro corpos de prova para a matriz cimentícia com fibras curtas de sisal adicionadas para cada elemento.

A Figura 7a mostra o comportamento do material durante o ensaio de flexão, a 7b ilustra o detalhe da fissura no corpo de prova, caracterizada pela abertura de uma única fissura. No caso de compósitos com fibras curtas de baixo módulo, a baixa aderência fibra-matriz é um fator que contribui ainda mais para má transferência de tensões.



Figura 7 - (a) Comportamento do material durante o ensaio de flexão; (b) Detalhe da fissuras no corpo de prova

A Figura 8 mostra o comportamento do diagrama típico carga x deslocamento do corpo de prova com fibra. Verifica-se que houve uma melhora no desempenho do corpo de prova com a adição das fibras no material sob flexão, após a fissuração da matriz., pois, ao contrário da curva ilustrada na Figura 5, os compósitos não sofrem ruptura brusca e ainda continuam suportar carga depois do ponto de carga máxima, apresentando deformação.

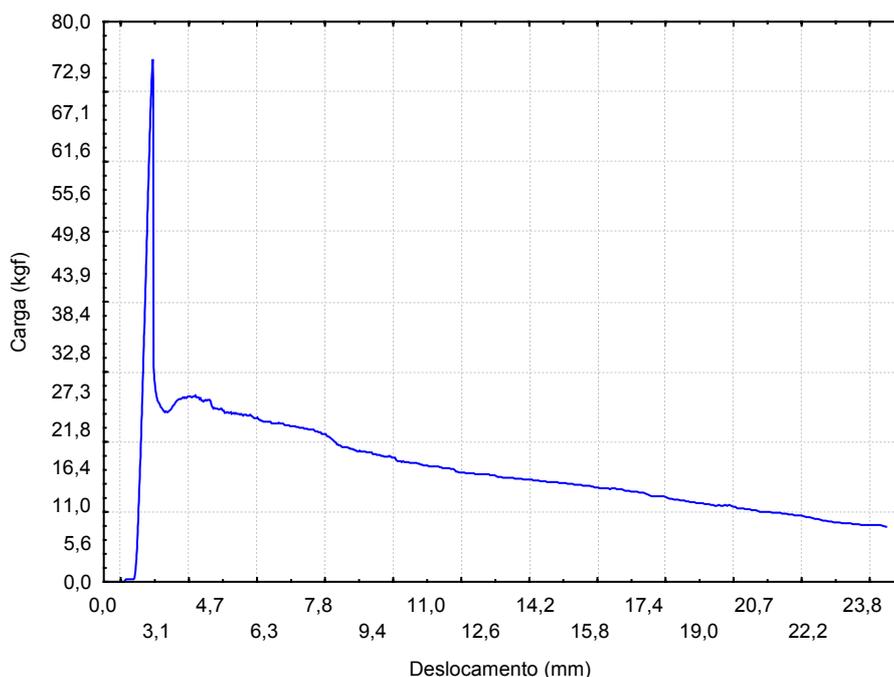


Figura 8 – Diagrama típico carga x deslocamento do corpo de prova com fibra

CONCLUSÃO

Os corpos de prova sem reforço apresentaram uma ruptura frágil, com comportamento explosivo, onde a carga máxima coincide com iniciação da trinca e a fratura instável.

Os compósitos reforçados com fibras apresentaram um desempenho satisfatório, havendo um comportamento próximo no valor da carga máxima dos corpos de prova sem ou com adição de 1% de fibra como reforço. E quanto a deformação, as fibras funcionam como ponte de transferência de tensões quando solicitada ao carregamento, proporcionando ao compósito maior capacidade de deformação.

REFERÊNCIAS

- 1 TEZUKA, Y. **Concreto armado com fibras**. ABCP, 2ª ed., São Paulo, 1999.
- 2 AGOPYAN, V., Jonh, V. M., Derolle A. **Construindo com fibras vegetais**. A construção: São Paulo, p. 21-24, 1991.
- 3 SWAMY, R.N. **FRC for sustainable infrastructure regeneration and rehabilitation. Fibre-Reinforced Concretes (FRC)**, BEFB/ RILEM. p.5-17, 2000.
- 4 GHAVAMI, K.; Toledo Filho, R.D.; Barbosa, N.P. **Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. Cement and concrete composites**, England, v.21, p.39-48, 1999.
- 5 TOLEDO FILHO, R.D.; Scrivener, K.; England, G.L.; Ghavami, K. **Durability of alkalisensitive sisal and coconut fibers in cement mortar composites. Cement and Concrete Composites**, England, v.22, p.127-143, 2000.

- 6 SAVASTANO JÚNIOR, H.; Warden, P.G.; Coutts, R.S.P. **Brazilian waste fibers as reinforcement of cement-based composites.** *Cement and concrete composites*, England, v.22, p.379-384, 2000.
- 7 NORMA BRASILEIRA: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT Título: NBR 11578 - **Cimento Portland composto.**
- 8 SARMIENTO, C. R. e FREIRE, W. J. - **Tratamentos aplicados ao bagaço de cana-de-açúcar visando sua utilização para fins de material de construção.** In: **Workshop reciclagem e reutilização de resíduos como material de construção civil.** p. 132-137, 1996.
- 9 RILEM THECNICAL COMMITIEE 49 TFR. **Testing methods for fibre reinforced cement-based composites.**, *Matériaux et constructions* , V 17, N. 102, Nov/Dez, 1984.