

Síntese e Caracterização de Fibrocimento Vegetal Apresentando Fibra de Coco e Argila Vermelha na Composição

(Synthesis and Characterization of Plant Fibrocement With Coconut Fiber and Red Clay in Its Composition)

F. A. S. da Silva¹; L. M. Mendes¹, M. F. de Campos¹, G. F. Rodrigues²

¹Universidade Federal Fluminense

Av. dos Trabalhadores, 420, Vila Santa Cecília, Volta Redonda, RJ

²Universidade de Mogi das Cruzes

Av. Imperatriz Leopoldina, 550, Vila Leopoldina, São Paulo, SP

fernandasampaio@id.uff.br

Resumo

Em resposta à nova legislação, pesquisas têm sido realizadas com o intuito de substituir o amianto por materiais vegetais e inertes que apresentem propriedades similares. Uma alternativa ao amianto consiste no uso de fibras de coco como reforço da matriz de cimento. Neste trabalho, foram utilizadas fibras de coco in natura e tratadas (para aumento da superfície de contato). Além disso, foram empregadas fibras de 0,5 cm e 2 cm, a fim de se investigar a influência da dimensão do vegetal na resistência do compósito. As propriedades físicas do material foram analisadas: índice de vazios, massa específica e absorção de água, além da realização de ensaios de compressão. Os resultados indicam que o fibrocimento vegetal produzido a partir de fibra de coco é capaz de substituir o amianto de forma satisfatória. E ainda, o tamanho das fibras influi nas características de forma relevante, sendo 0,5 cm o comprimento mais vantajoso.

Palavras chave: amianto, fibrocimento vegetal, fibra de coco

Abstract

In response to the new legislation, research has been carried out to replace asbestos by plant and inert materials that exhibit similar properties. An alternative to asbestos is the use of coconut fibers as reinforcement of the cement matrix. In this work, coconut fibers were used in natura and treated (to increase the contact surface). In addition, fibers of 0.5 cm and 2 cm were used in order to investigate the influence of the size of the vegetable on the strength of the composite. The physical properties of the material were analyzed: voids index, specific mass and water absorption, as well as compression tests. The results indicate that vegetable fiber cement produced from coconut fiber is capable of satisfactorily replacing asbestos. Also, the size of the fibers is relevant in the characteristics of the material, being 0.5 cm the most advantageous length.

Keywords: asbestos, plant cement, coconut fiber

INTRODUÇÃO

O concreto constitui um dos materiais mais largamente utilizados na construção civil em todo o mundo [1]. Devido ao aumento do uso do concreto pela indústria, há uma grande demanda por materiais ambientalmente amigáveis. Uma das razões primárias para este fato é atribuída ao impacto ambiental negativo trazido por concretos fabricados a partir de materiais que prejudicam o meio ambiente. O uso excessivo de agregados causa a depleção das fontes naturais desses recursos e as atividades de extração e mineração imprudentes recaem sobre questões ambientais, tais como danos à paisagem e destruição do ecossistema, água, solo, além da contaminação do ar [2].

O concreto apresenta boa resistência à compressão, entretanto, é um material frágil, com baixa capacidade de deformação e, conseqüentemente, baixa tenacidade. Portanto, rachaduras podem se desenvolver na estrutura de concreto sempre que as cargas gerarem tensões que excedem os limites de resistência à tração do próprio concreto [1].

Geralmente, sem o reforço da matriz cimentícia a resistência à tração está próxima de 3-5 MPa e o material começa a rachar facilmente quando a tensão ultrapassa esse limite [3]. Entretanto, as características estruturais do concreto podem ser melhoradas pela adição de fibras artificiais ou naturais. A literatura tem reportado vários benefícios a respeito da incorporação de fibras curtas e discretas na matriz de cimento. Randomicamente distribuídas no concreto, as fibras podem melhorar a tenacidade, ductilidade e integridade da matriz cimentícia, resistência ao cisalhamento, capacidade de absorção de energia e aumento da tolerância à flexão [4].

Recentemente, as fibras naturais têm atraído a atenção dos pesquisadores, pois são ambientalmente amigáveis e podem apresentar um desempenho similar às fibras sintéticas [5]. Dentre as fibras naturais, as fibras de coco apresentam um dos mais altos valores de tenacidade [6]. Além disso, a fibra de coco possui baixa condutividade térmica [7]. Alguns autores têm reportado a adição de fibras de coco para redução da condutividade térmica de compósitos [7]. As fibras são extraídas da casca do coco. Há dois tipos de fibras: as marrons coletadas de cocos maduros e as verdes extraídas de cocos imaturos. As fibras marrons são finas, fortes e possuem resistência à abrasão, enquanto que as fibras verdes são mais macias, porém mais fracas [8]. Os diferentes tipos de fibra proporcionam diferentes usos a depender do resultado que se espera.

Neste trabalho foram empregadas fibras marrons de coco maduro, a fim de reforçar a matriz cimentícia e produzir um compósito com boas propriedades físicas e mecânicas. Além

disso, foi utilizada na produção das amostras polpa celulósica proveniente de material de reuso.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de fibrocimento vegetal foram produzidas a partir das composições indicadas na Tabela I:

Tabela I – Composição das amostras

Matéria prima	Fórmula 1 (sem argila)	Fórmula 2 (com argila)
Cimento Portland III	91 g	84 g
Argila	0 g	7 g
Polpa celulósica	2 g	2 g
Fibra vegetal	2 g	2 g
Água potável	100ml	100ml

O preparo do fibrocimento foi iniciado pela extração manual das fibras de coco e posterior secagem em estufa por 2 h a 40°C. Após essa etapa, as fibras foram dimensionadas de forma a apresentarem tamanhos de 0,5 cm e 2 cm. A seguir, parte das fibras foram submetidas ao tratamento de mercerização. O material vegetal foi submergido em solução de 125 ml de água, 125 ml de acetona e 25 ml de hidróxido de sódio 10% (p/v). O tratamento foi mantido por 1 h. Após esse período, as fibras foram lavadas, deixadas de molho em água destilada por 48 h (com troca da água do molho a cada 24 h) e, finalmente, secas em estufa a 40°C por 3h.

As variações das fibras empregadas nas diferentes amostras estão indicadas na Tabela II:

Tabela II – Planejamento fatorial das variáveis utilizadas para as fibras de coco

Amostra	Tamanho da fibra	Fibra tratada	Teor de argila
1	0,5	Sim	0
2	0,5	Sim	28%
3	0,5	Não	0
4	0,5	Não	28%
5	2,0	Sim	0
6	2,0	Sim	28%
7	2,0	Não	0
8	2,0	Não	28%

A etapa seguinte consistiu na preparação da polpa celulósica que foi confeccionada a partir de papel sulfite de reuso. O papel foi picado em dimensões de, aproximadamente, 0,5 cm² e colocado e molho em água potável por 3 dias. Posteriormente, foi retirada a água do molho e o material úmido foi prensado para eliminação do excesso de água. A polpa foi acondicionada em recipiente de vidro para utilização oportuna.

As matérias-primas foram misturadas de acordo com as composições indicadas na Tabela I e ainda, considerando as particularidades da fibra, conforme indicado na Tabela II. A adesão dos materiais ocorreu em um agitador mecânico a 160 rpm por 25 minutos. Após a homogeneização, a massa foi distribuída em moldes cilíndricos. As amostras foram deixadas à cura ao ar livre por 2 dias. Após esse período, foram desenformadas e submersas em água, em recipiente adequado, para a realização da cura úmida por 26 dias. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 40°C por 2 dias e encaminhadas à caracterização.

Como parte do procedimento de caracterização foram realizados ensaios de compressão. O equipamento utilizado da marca EMIC possui capacidade de carga de 600 kN, com taxa de 1 mm/min. O software utilizado para tratar os dados foi o Tesc. As faces das amostras a serem ensaiadas foram lixadas e limpas. Os dados foram obtidos em duplicata. As dimensões das amostras foram coletadas, a fim de se permitir o cálculo das tensões envolvidas. A Tabela III mostra as dimensões obtidas:

Tabela III – Dimensões iniciais das amostras

Amostra	Diâmetro inferior [mm]	Diâmetro Superior [mm]	Altura [mm]
1	32,90	39,30	22,85
2	33,25	40,80	25,40
3	33,25	40,20	24,80
4	33,00	39,75	22,90
5	33,50	39,65	23,55
6	33,25	37,95	17,50
7	33,25	41,35	31,80
8	33,20	38,80	21,80

As amostras foram caracterizadas com relação às suas propriedades físicas: índice de vazios, absorção de água e massa específica. Os ensaios foram realizados conforme as recomendações na norma NBR 9778.

As fibras também foram caracterizadas de forma isolada, obtendo-se as seguintes propriedades: volume e densidade. As fibras foram consideradas como corpos cilíndricos nos quais foram feitas marcações em 3 pontos escolhendo-se 10 fibras ao acaso. A cada ponto foi medido o diâmetro com o auxílio de um paquímetro digital e realizada a média aritmética. Posteriormente foi mensurado o comprimento do vegetal e então, calculado seu volume. O valor da massa de cada fibra foi obtido. De posse dos dados de massa e volume, a densidade foi calculada. Os cálculos foram realizados em ambas as fibras (tratadas e não tratadas). A Tabela IV resume os valores de massa e volume encontrados:

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de compressão a 590 kN geraram gráficos de tensão *versus* deformação, conforme ilustrado na Figura 1 e Figura 2:

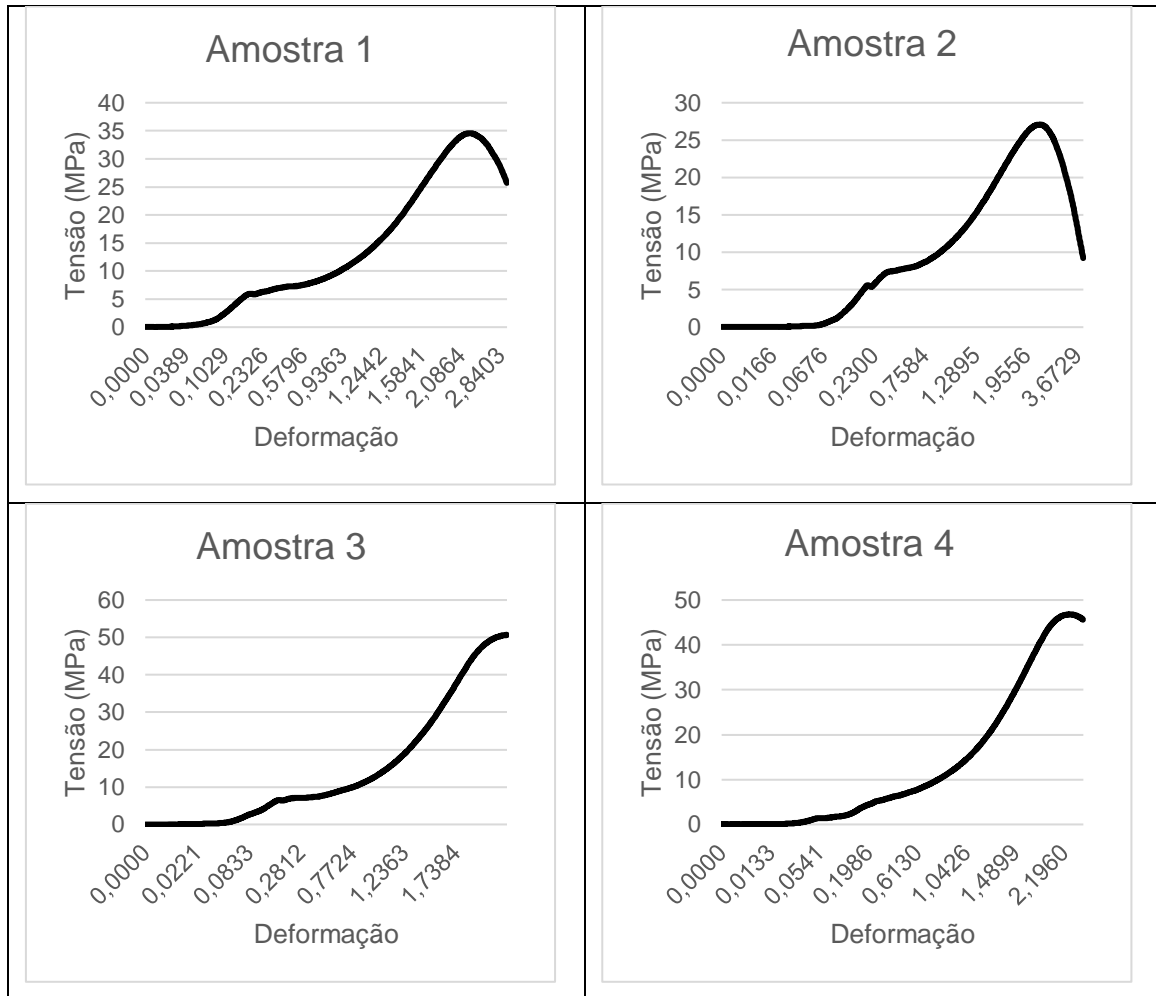


Figura 1. Gráficos de tensão *versus* deformação das amostras 1, 2, 3 e 4.

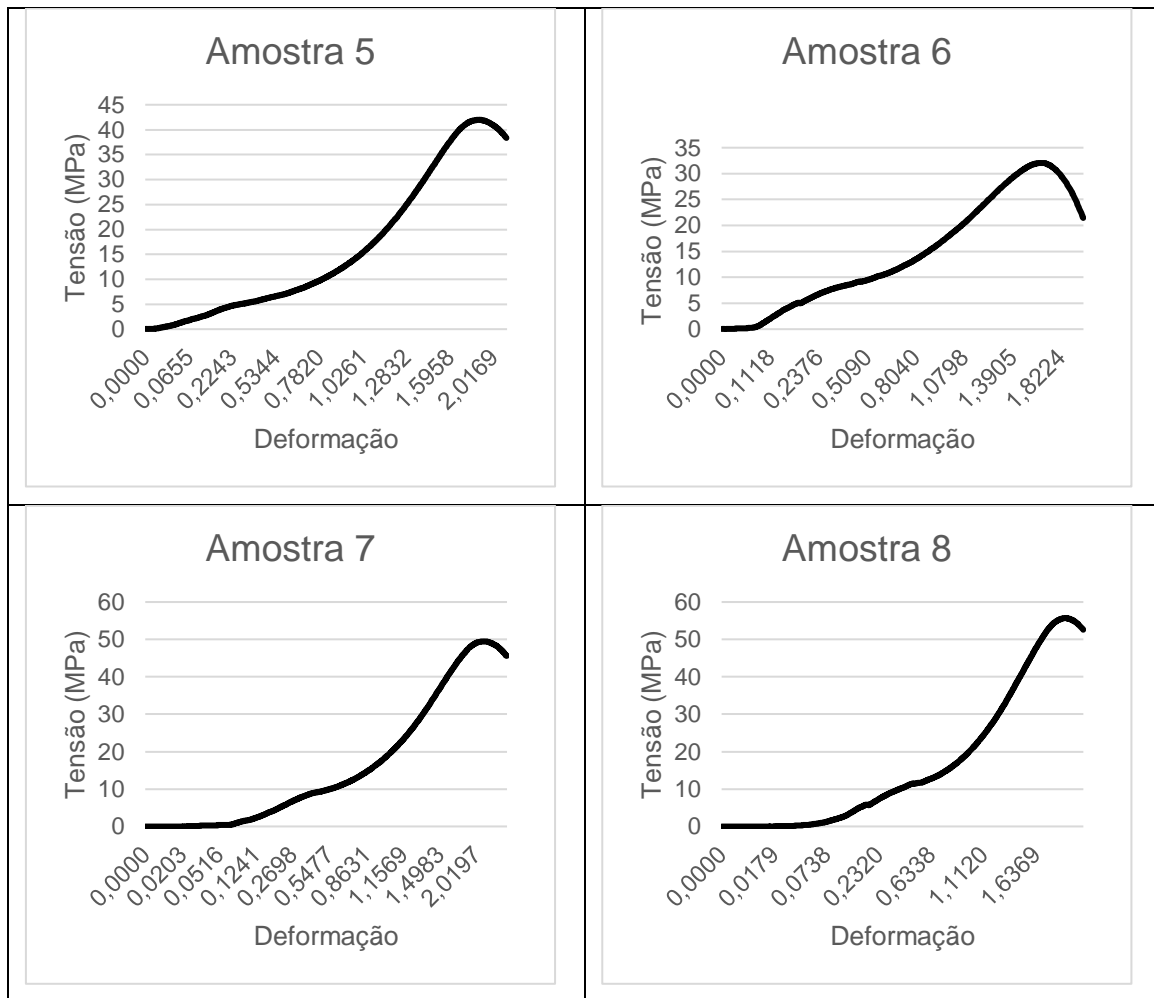


Figura 2. Gráficos de tensão *versus* deformação das amostras 5, 6, 7 e 8.

Analisando-se os gráficos pode-se perceber que apenas a amostra 3 não apresentou tensão de ruptura. Os corpos de prova foram posteriormente verificados e constatou-se que o processo de ruptura evoluiu a partir de trincas laterais que se propagaram para o centro das amostras.

A influência da fibra no fibrocimento foi analisada e observou-se que a fibra tratada reduz a capacidade de a amostra suportar o esforço de compressão, pois ao ser submetida ao tratamento ocorre um aumento em sua rugosidade, melhorando sua adesão ao material cimentício. Porém, também ocorre um aumento na descontinuidade da matriz cimentícia, o que resulta em um incremento na parcela de fragilidade do compósito. Estes resultados estão de acordo com o trabalho apresentado por Majid Ali et. al. [8], no qual os autores perceberam que a presença da fibra em condições não favoráveis pode proporcionar uma redução no módulo de elasticidade do material. No trabalho de Rahul Chaudhary et. al. [9] o valor da resistência à compressão para amostras produzidas com fibras de amianto (cura de 28 dias) variou de 30,37 MPa a 41,34 MPa. Isso mostra que o fibrocimento reforçado com fibras de coco pode superar os materiais fabricados a partir do amianto, pois o valor de resistência à compressão apresentado nesse trabalho variou de 27 MPa a 55 MPa.

Em se tratando da relação argila/cimento, as variações na composição não apresentaram alteração significativa nas propriedades mecânicas do material, conforme as proporções utilizadas.

As dimensões da fibra não apresentaram uma tendência clara na capacidade de a amostra suportar esforços compressivos.

Com relação às propriedades físicas das amostras, a Tabela IV apresenta o resultado das aferições realizadas de acordo com a norma NBR 9778.

Tabela IV – Propriedades físicas das amostras

Amostra	Índice de vazios [%]	Absorção de água [%]	Massa específica [g.cm⁻³]
1	65	63	2,89
2	67	66	3,05
3	65	64	2,92
4	57	56	2,35
5	70	69	3,46
6	61	60	2,61
7	74	72	3,90
8	68	66	3,17

Pela análise da Tabela IV pode-se perceber que ambos os ensaios se correlacionam. Quanto maior o índice de vazios, maior o teor de absorção de água. Observa-se também que ocorreu uma tendência de as amostras reforçadas com fibras de 2 cm apresentarem maior índice de vazios e, conseqüentemente, maior absorção de água. Isto ocorre devido a uma maior continuidade da fase vegetal e, conseqüentemente, menor dispersão na matriz cimentícia, o que pode ter gerado aglomerados de fibras, aumentando a porosidade da amostra. Com relação ao tratamento da fibra e a proporção cimento/argila não foi possível observar uma tendência clara da influência desses parâmetros nas características físicas do fibrocimento. Os valores de densidade estão similares aos apresentados por Alida Abdullah [7].

Os resultados da caracterização das fibras são apresentados na Tabela V:

Tabela V – Dados referentes à caracterização das fibras

Fibra	Massa* [g]	Volume* [mm³]	Densidade*[g.cm⁻³]
Tratada	0,0016	0,83	2,84
Não tratada	0,0018	0,97	1,88

* Os valores apresentados correspondem à média aritmética após a mensuração consecutiva em 10 fios de fibra.

Pela análise da Tabela V pode-se perceber que a fibra tratada tem seu volume diminuído e, conseqüentemente, sua densidade é aumentada. Isto ocorre devido ao fato de que o tratamento enruga a superfície do vegetal, causando aglomeração e aumento da densidade.

CONCLUSÕES

O fibrocimento vegetal elaborado neste trabalho é capaz de apresentar propriedades superiores aos materiais convencionais confeccionados com amianto.

Os resultados indicaram que a fibra *in natura* mostra-se mais vantajosa que a fibra tratada em relação às propriedades físicas das amostras. As fibras sem tratamento, apesar de terem sua aderência à matriz cimentícia reduzida, é capaz de diminuir o índice de vazios do compósito e, conseqüentemente, também reduz o teor de absorção de água. Com relação à dimensão das fibras, as amostras reforçadas com fibras de 0,5 cm mostraram-se mais promissoras, pois também produzem efeitos de redução do índice de vazios e do teor de água absorvida. A relação argila/cimento não apresentou influência significativa nas propriedades observadas neste trabalho.

Os ensaios de compressão indicaram que as amostras reforçadas com fibra de coco são capazes de alcançar patamares de tensão semelhantes aos de materiais produzidos com amianto, o que evidencia a efetividade do fibrocimento vegetal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro ofertado pela CAPES.

REFERÊNCIAS

- [1] I. Merta , E.K. Tschegg. Fracture energy of natural fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials* 40 (2013) 991–997.
- [2] Kim Hung Mo, U. Johnson Alengaram, Mohd Zamin Jumaat, Soon Poh Yap, Siew Cheng Lee. Green concrete partially comprised of farming waste residues: a review. *Journal of Cleaner Production* 117 (2016) 122 e 138.
- [3] Biqin Dong , Ningxu Han, Zhu Ding, Feng Xing , Hongzhi Cui. A preliminary study of synthesized-in situ fiber in cement materials. *Construction and Building Materials* 40 (2013) 10–13.
- [4] Mahyuddin Ramli, Wai Hoe Kwan, Noor Faisal Abas. Strength and durability of coconut-fiber-reinforced concrete in aggressive environments. *Construction and Building Materials* 38 (2013) 554–566.
- [5] Jiaxin Chen, Nawawi Chouw. Compressive behaviour of flax FRP double tube confined coconut fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials* 112 (2016) 666–673.
- [6] Mehran Khan, Majid Ali. Effect of super plasticizer on the properties of medium strength concrete prepared with coconut fiber. *Construction and Building Materials* 182 (2018) 703–715.
- [7] Alida Abdullah, Shamsul Baharin Jamaludin, Mazlee Mohd Noor, Kamarudin Hussin. Composite Cement Reinforced Coconut Fiber: Physical and Mechanical Properties and Fracture Behavior. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(7): 1228-1240, 2011.
- [8] Majid Ali, Anthony Liu, Hou Sou, Nawawi Chouw. Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials* 30 (2012) 814–825.
- [9] Rahul Chaudhary, Shahbaz Ahamad, Varshney Kumar Patel, Nabiullah Khan. Experimental Analysis of Asbestos Fibre Reinforced Concrete Composite. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* 14 (2017) 18 – 22.