

Incorporação de fibras curtas de bambu e carga de resíduo industrial de caulim flint em compósitos de matriz polimérica**Incorporation of short fibers of bamboo and load of industrial residue of caulim flint in polymeric matrix composites**

DOI:10.34115/basrv4n3-025

Recebimento dos originais: 05/04/2020

Aceitação para publicação: 13/05/2020

Karla Suellen Lino Barbosa

Mestranda em Engenharia Química, Bacharela Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mecânica pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Endereço: Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: karllaslb@gmail.com

Bruno Henrique Alves Mendes

Mestre em Engenharia Química, Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Endereço: Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: bruno_mendes15@gmail.com

Wassim Raja El Banna

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Faculdade de Engenharia Mecânica, campus Tucuruí.

Endereço: Universidade Federal do Pará, 68464-000, Tucuruí, PA, Brasil.

E-mail: wassim@ufpa.br

Denílson da Silva Costa

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas (Tecnologia Mineral) pela Universidade Minas Gerais.

Instituição: Universidade Federal do Sul e Sudeste, Professor do magistério superior, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, campus Marabá.

Endereço: Universidade do Sul e Sudeste, 68505-080, Marabá, PA, Brasil.

E-mail: denilson@unifesspa.edu.br

José Antônio da Silva Souza

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

Endereço: Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: jass@ufpa.br

Deibson Silva da Costa

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Faculdade de Engenharia de Materiais, campus Ananindeua.

Endereço: Universidade Federal do Pará, 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

RESUMO

Materiais que possuem geralmente descartes irregulares no meio ambiente estão sendo bastante estudados por pesquisadores com intuito de introduzi-los no mercado de maneira sustentável. Diante disso, foram produzidos materiais compósitos utilizando o método hand lay-up de matriz polimérica com inserção de fibras vegetais de bambu nos comprimentos de 15 e 30 mm. A matriz polimérica apresentou proporções de catalisador 1 % e acelerador 1,5 %, em volume, e a fração mássica de fibras de bambu inseridas foram de 3 %, variando o resíduo de caulim em 10, 20 e 30 %. Foram realizados ensaios de tração nos compósitos pela norma ASTM D 3039 e análises da superfície de fratura dos melhores resultados através da microscopia eletrônica de varredura – MEV. Os resultados de resistência mecânica à tração dos compósitos fabricados mostraram um desempenho semelhante ao da matriz plena, destacando-se os compósitos fabricados nas proporções de 20 % de resíduo de caulim e 3 % de fibras de bambu, apresentando uma resistência de 22 MPa e 27 MPa para os compósitos com fibras nos comprimentos de 15 e 30 mm, respectivamente. As análises morfológicas das superfícies de fratura evidenciaram, principalmente, fenômenos de fibras dispostas transversalmente na direção do carregamento e fibras rompidas.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Compósitos; Resíduos Industriais; Fibras Vegetais.

ABSTRACT

Materials that generally have irregular discharges into the environment are being extensively studied by researchers in order to introduce them to the market in a sustainable manner. Therefore, composite materials were produced using the hand lay-up method of polymeric matrix with insertion of bamboo vegetable fibers in the lengths of 15 and 30 mm. The polymeric matrix showed proportions of catalyst 1% and accelerator 1.5%, in volume, and the mass fraction of inserted bamboo fibers was 3%, with kaolin residue varying by 10, 20 and 30%. Tensile tests were performed on the composites according to the ASTM D 3039 standard and analysis of the fracture surface of the best results through scanning electron microscopy - SEM. The results of mechanical tensile strength of the manufactured composites showed a performance similar to that of the full matrix, highlighting the composites manufactured in the proportions of 20% kaolin residue and 3% bamboo fibers, presenting a strength of 22 MPa and 27 MPa for composites with fibers in lengths of 15 and 30 mm, respectively. The morphological analyzes of the fracture surfaces showed, mainly, phenomena of fibers disposed transversely in the direction of loading and broken fibers.

Keywords: Sustainability; Composites; Industrial waste; Vegetable fibers.

1 INTRODUÇÃO

O setor mineral produz grandes quantidades de resíduos de diversos tipos e periculosidades, onde a exploração dos recursos naturais desencadeia um processo de contínua degradação ambiental. No processo de beneficiamento do caulim empresas geram um grande impacto ambiental durante a transformação do caulim bruto para um produto comercial. O caulim é uma rocha formada por um grupo de silicatos hidratados de alumínio, principalmente caulinita e haloisita (Rocha Junior, Angélica e Neves, 2015; Anjos, 2011; Mártires).

A tecnologia e a pesquisa atuam como aliadas na apresentação de soluções que minimizem essa degradação ambiental. Além de que, a utilização desses resíduos poderá reduzir o impacto ambiental, reduzir os custos, gerar empregos e construir materiais de interesse social.

Os compósitos são materiais compostos por dois ou mais constituintes de diferentes propriedades químicas e físicas. O desempenho desses materiais pode ser modificado por hibridação, de tal maneira, a combinação de fibras e reforços na fabricação de compósitos é bem comum (Callister, 2016; Carvalho e Cavalcanti, 2006).

Segundo Askeland (2015) uma das características na utilização de fibras em compósitos é a de que suas propriedades podem ser adaptadas para satisfazer diferentes tipos de carregamento.

Portanto, este trabalho reverte-se como uma pesquisa adicional no campo dos materiais compósitos fabricados com inserção de fibras vegetais (*Bambusa vulgaris*) e resíduos industriais, visando, assim, caracterizar mecanicamente (tração) e analisar morfológicamente um material compósito híbrido de matriz polimérica com incorporação de fibras curtas de bambu e carga de resíduo industrial de caulim flint.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais sintéticos utilizados consistiram em uma resina poliéster isoftálica, além dos agentes catalíticos: acelerador de cobalto 1,5 % e iniciador MEK-P 1,0 % (Butanox M-50), em volume, produzidos pela empresa AEROJET Brasileira de Fiber Glass LTDA.

As fibras de bambu utilizadas foram obtidas através de um processo totalmente manual. Primeiro cortou-se o colmo de bambu no bosque situado no campus profissional I da UFPA – Belém, depois os internos foram cortados e levados para um recipiente com água, por fim foram cortados em tiras para fazer a extração das fibras. As fibras de bambu depois de extraídas foram cortadas em tamanho de 15 e 30 mm. A Figura 1 mostra o processo de corte das fibras de bambu.

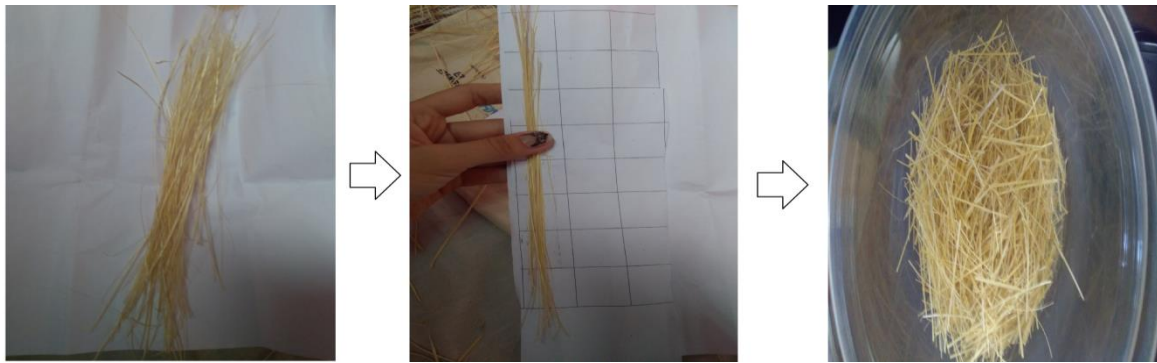


Figura 1 – Processo de corte das fibras de bambu

O resíduo industrial de caulim utilizado foi fornecido pela empresa Imerys Caulim, localizada no município de Ipixuna do Pará, no interior do estado do Pará. O material foi primeiramente levado ao moinho de bolas durante 1 hora para que fosse desagregado, posteriormente o caulim passou por uma técnica de granulometria a úmido manual em peneira de granulometria de 325 mesh da série de Tyler, logo após o material peneirado foi levado para a estufa por um período de 24 horas. Após o tempo na estufa o caulim peneirado foi cominuído com a ajuda do almofariz de porcelana e por fim este material passou pela técnica de granulometria em peneira de malha 100 mesh. A figura 2 mostra o resíduo de caulim sendo cominuído.



Figura 2 – Resíduo de caulim

Para a fabricação dos compósitos foi utilizado o método *hand lay-up* associado à compressão em molde metálico fechado. Foram determinadas as frações mássicas de 3 % de fibras de bambu, tanto para o comprimento de 15 mm quanto para o de 30 mm, variando a proporção de resíduo de caulim em 10, 20 e 30 %. Foi utilizada a proporção de 0 % de fibras e 0 % de resíduo, matriz plena, como método de comparação.

Para a confecção dos compósitos primeiramente foram feitos cálculos para conhecer a massa de material utilizado. Após este processo foi feita a homogeneização do material sintético juntamente com o resíduo de caulim durante um período de 3-5 minutos, passado o tempo de homogeneização, a matriz polimérica foi despejada dentro de um molde metálico (320 mm x 172,5 mm x 5 mm) preparado com fibras dispostas de forma aleatórias dentro do molde, tanto as fibras quanto o resíduo industrial antes de serem utilizados foram levados à estufa (105 °C) por um período de 20 e 30 min, respectivamente, para retirar a umidade superficial. Após este processo, esperou-se o material atingir o ponto de gel por um período entre 7-10 minutos e posteriormente o mesmo foi prensado em prensa hidráulica com uma carga de 2,5 toneladas por um período de 20 minutos.

Com todas as placas produzidas, foram realizados os cortes, com auxílio de serra de bancada, seguindo recomendações da norma ASTM D 3039 para a realização dos ensaios de tração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

As composições mineralógicas do resíduo industrial de caulim foram analisadas por meio do DRX (Difração de Raios-X). No difratograma apresentado na Figura 3, do resíduo de caulim Flint, identificam-se os principais componentes mineralógicos do material de acordo com suas fichas PDF, onde a Caulinita (K) é o principal constituinte. Esse material também apresenta componentes de baixa intensidade como: Quartzo (PDF 01-076-0931), Anatásio (A) (PDF 01-078-2486) e Hematita (H) (PDF 01-073-0603). Segundo Rocha Junior, Angélica e Neves (2015) este último componente só é observado no caulim do tipo flint.

Esses resultados estão de acordo com as composições mineralógicas das literaturas pesquisadas (COSTA, 2016; CARNEIRO et al., 2003; ROCHA JUNIOR; ANGELICA; NEVES, 2015).

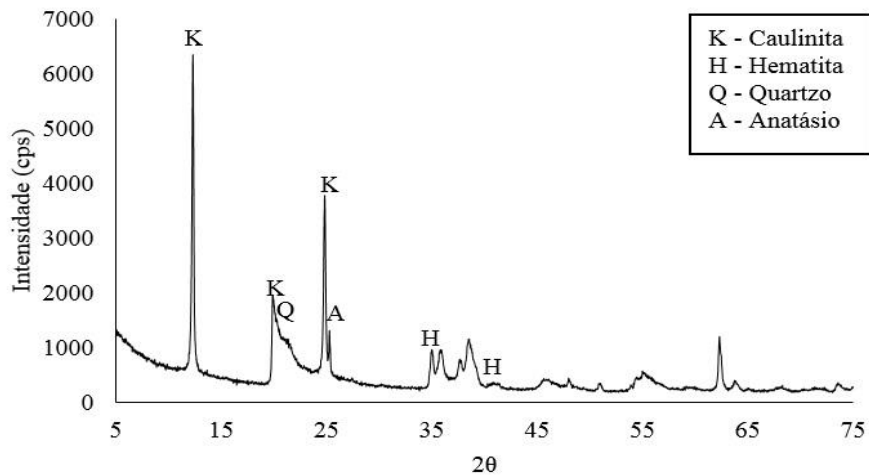


Figura 3 – Difractometria do resíduo de caulim

3.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos dos ensaios de tração realizados nos compósitos com carga de resíduo de caulim (RC) e inserção de fibras de bambu (FB) nos comprimentos de 15 e 30 mm.

Tabela 1 – Resultados obtidos nos ensaios de tração

Composição	Fração Mássica (%)	Resist. Tração (MPa) (desvio padrão)
MATRIZ PLENA	0	21,39 (±1,24)
CAULIM / FIBRA DE BAMBU (15 MM)	RC 10 % / FB 3 %	21,23 (±1,32)
CAULIM / FIBRA DE BAMBU (15 MM)	RC 20 % / FB 3 %	22,17 (±1,44)
CAULIM / FIBRA DE BAMBU (15 MM)	RC 30 % / FB 3 %	15,51 (±4,36)
CAULIM / FIBRA DE BAMBU (30 MM)	RC 10 % / FB 3 %	18,63 (±3,76)
CAULIM / FIBRA DE BAMBU (30 MM)	RC 20 % / FB 3 %	27,14 (±6,41)
CAULIM / FIBRA DE BAMBU (30 MM)	RC 30 % / FB 3 %	17,82 (±4,11)

Pode-se observar na Tabela 1 que os compósitos com carga de resíduo industrial de caulim e inserção de fibras de bambu nos comprimentos de 15 e 30 mm obtiveram, no geral, valores semelhantes ao da matriz de comparação (matriz plena), destacando-se os compósitos com a proporção de 20 % de resíduo de caulim e 3 % de fibras de bambu que obtiveram uma resistência mecânica de aproximadamente 27 MPa para os confeccionados com fibras no comprimento de 30 mm e uma resistência à tração de 22 MPa, aproximadamente, para os compósitos com fibras no comprimento de 15 mm. A Figura 4 mostra a análise de superfície de fratura dos melhores resultados de resistência à tração.

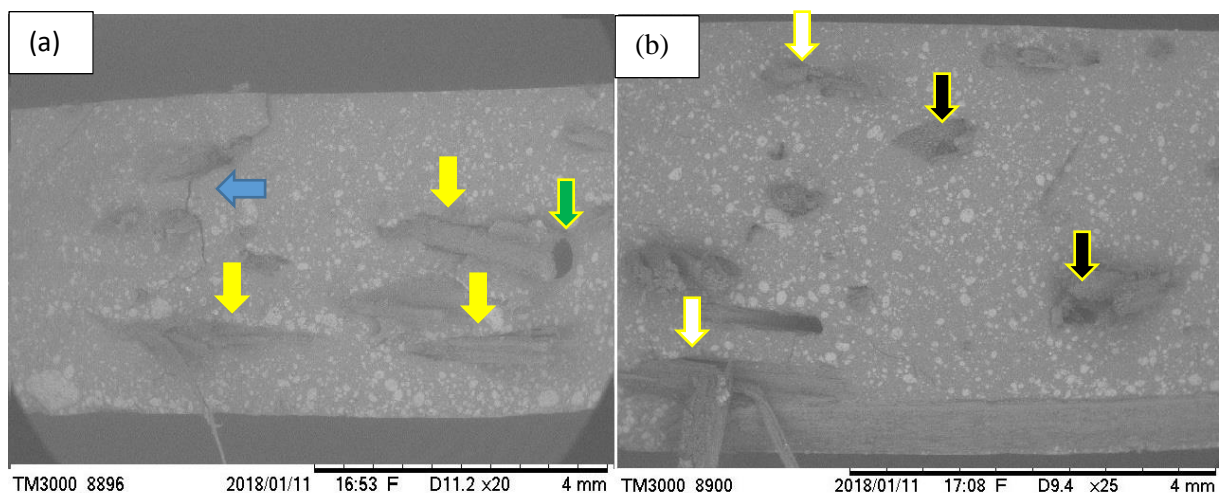


Figura 4 – Superfície de fratura dos compósitos (a) 20 % RC / 3 % FB 15 mm; (b) 20 % RC / 3 % FB 30 mm

As micrografias da Figura 4-(a) mostram as superfícies de fratura do compósito de matriz polimérica com adição de 20 % de resíduo de caulim flint e 3 % de fibras de bambu nos comprimentos de 15 mm. É possível observar uma superfície com pouco descolamento de fibras e muitas fibras dispostas no sentido transversal ao carregamento (setas amarelas), vazios indicados pela seta verde e aparecimento de trincas (seta azul). O aparecimento de trinca gera uma concentração de tensão dentro do compósito o que contribui para uma menor resistência mecânica.

A fratura da Figura 4-(b) de compósito de matriz polimérica com adição de 20 % de resíduo de caulim flint e 3 % de fibras de bambu 30 mm mostra uma superfície de fratura com bastantes fibras rompidas (setas brancas) e fenômenos de descolamento de fibras da matriz (setas pretas), prejudicando a resistência dos compósitos.

4 CONCLUSÕES

A técnica utilizada para a fabricação dos compósitos de matriz polimérica com inserção de fibras de bambu e resíduo de caulim flint sugerida foi satisfatória, tendo em vista que os compósitos atingiram o processo de polimerização da cadeia na matriz.

O desempenho mecânico à tração dos compósitos avaliados foram, no geral, semelhantes ao da matriz de comparação (matriz plena). O melhor resultado obtido foi no compósito fabricado na fração mássica de 20 % de resíduo de caulim e 3 % de fibras de bambu no comprimento de 15 mm e 30 mm.

As análises morfológicas das superfícies de fratura foram eficientes para evidenciar os mecanismos de falhas e características presentes nos materiais, onde os fenômenos de fibras dispostas transversalmente na direção do carregamento e fibras rompidas foram os mais observados.

Diante disso, a não influência na resistência mecânica à tração nos compósitos fabricados com resíduo industrial de caulim nas diferentes frações mássicas e inserção de fibras em diferentes comprimentos sinalizam bons impactos econômicos e ambientais.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

ANJOS, C. M. Utilização de resíduo de caulim em tijolos de solo-cal. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

ASKELAND, D. R; WRIGHT, W. J. Ciência e engenharia dos materiais. 3º ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

CALLISTER, W. D; RETHWISCH, D. G. Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução. 9º ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e científicos, 2016.

CARNEIRO, B. S.; ANGELICA, R. S.; SCHELLER, T.; CASTRO, E. A. S.; NEVES, R. F. Caracterização mineralógica e geoquímica e estudo das transformações de fase do caulim duro da região do Rio Capim, Pará. *Cerâmica*, v. 49, p. 237-244, 2003.

CARVALHO, L. H.; CAVALCANTI, W. S. Propriedades mecânicas de tração de compósitos poliéster/tecidos híbridos sisal/vidro. *Polímeros: ciênc. e tecn.*, v. 16, p. 33-37, 2006.

COSTA, D. S. Estudo da influência de resíduos gerados pela indústria de mineração nas propriedades de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras naturais. Tese de Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais – Universidade Federal do Pará, 2016.

MÁRTIRES, R. A. C. Caulim. DNPM. 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiRjcuK9aDYAhUHCpAKHWDJDRcQFggqMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.dnpm.gov.br%2Fdnpm%2Fpublicacoes%2Fserie-estatisticas-e-economia-mineral%2Foutras-publicacoes-1%2F6-2-caulim&usg=AOvVaw3_1A53oYS2mfKB_Izv9z6Y>. Acesso em: 23 dec. 2017.

ROCHA JUNIOR, C. A. F.; ANGÉLICA, R. S.; NEVES, R. F. Synthesis of faujasite-type zeolite: comparison between processed and flint kaolin. *Cerâmica*, v. 61, p. 259-268, 2015.