

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES EM TRAÇÃO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR DE DIFERENTES INTERVALOS DE DIÂMETROS*

*Miriane Alexandrino Pinheiro¹
Rodolfo Moura de Souza Lima²
Sérgio Neves Monteiro³
Alisson Clay Rios da Silva⁴
Verônica Scarpini Candido⁵*

Resumo

Os materiais compósitos têm sido vastamente estudados, pois associam boas características tecnológicas e ambientais. Neste contexto, destaca-se o desenvolvimento de compósitos de matriz polimérica reforçados por fibras naturais, podendo destacar a utilização de fibras de bagaço de cana-de-açúcar. O desenvolvimento de compósitos com esta fibra, surge como alternativa de destinação final ambientalmente correta deste resíduo. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar mecanicamente e microestruturalmente, compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar de diferentes intervalos de diâmetros. Os corpos de prova foram produzidos em moldes de silicone, onde as fibras foram alinhadas longitudinalmente. Foram realizados ensaios de resistência à tração, e de microscopia eletrônica de varredura para analisar a microestrutura do material fraturado. A partir dos valores obtidos após o ensaio de tração, observou-se que as adições de 10 e 30% em volume de fibras finas, apresentaram os melhores valores para a propriedade de resistência a tração, logo a incorporação de fibras de menor diâmetro mostrou-se como uma boa alternativa para aumentar o desempenho em tração dos compósitos reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar. Além disso, a análise microestrutural revelou que os compósitos como um todo apresentam comportamento frágil, identificados pela presença de marcas de rio.

Palavras-chave: Materiais compósitos; Bagaço de cana-de-açúcar; Caracterização mecânica; Relação diametral.

DETERMINATION OF TRACTION PROPERTIES OF POLYESTER MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH SUGARCANE BAGASSE FIBERS OF DIFFERENT DIAMETER INTERVALS

Abstract

Composite materials have been widely studied, as they associate good technological and environmental characteristics. In this context, it stands out the development of polymer matrix composites reinforced by natural fibers, an environmentally correct alternative to be used as reinforcement, are the sugarcane bagasse fibers. Thus, the objective of this study was to analyze mechanically and microstructurally, polyester matrix composites reinforced with sugar cane bagasse fibers from different diameter intervals. The evidence bodies were produced in silicone moulds, where the fibers were arranged longitudinally, and subsequently tests were carried out of tensile strength, and electron microscopy scanning to analyze the microstructure of the

material Fractured. From the values obtained after the traction test, it was observed that the additions of 10 and 30% in volume of fine fibers, presented the best values for the property of tensile strength, so the incorporation of smaller diameter fibers showed itself as a good Alternative to increase the traction performance of reinforced composites with sugarcane bagasse fibers. In addition, the microstructure analysis revealed that composites as a whole exhibit fragile behavior, identified by the presence of river marks.

Keywords: Composite materials; Sugarcane bagasse; Mechanical characterization; diametral relationship.

- ¹ *Mestranda em Engenharia de Processos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, Pará, Brasil.*
- ² *Discente, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará - UFPA, Ananindeua, Pará, Brasil.*
- ³ *Ph.D, professor, Programa de pós-graduação em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.*
- ⁴ *Doutor, professor, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil.*
- ⁵ *Doutora, Professora, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará - UFPA, Ananindeua, Pará, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico, torna-se cada dia mais frequente a busca por materiais com propriedades específicas, e que possam ser utilizados em diversas aplicações [1]. Neste contexto, encontram-se os materiais compósitos, que podem ser produzidos a partir da combinação de dois ou mais materiais, resultando em um material com melhores propriedades [2]. Os materiais compósitos são constituídos geralmente por duas fases: a primeira é a matriz que é a fase contínua e envolve uma segunda chamada fase dispersa ou reforço, e podem ser classificados em três principais divisões, os compósitos reforçados por fibras, os compósitos reforçados por partículas e os compósitos estruturais [1,2].

Os compósitos poliméricos reforçados com fibras, são constituídos por uma fase matriz que pode ser uma resina e a outra fase de fibra, que pode ser sintética ou natural [3]. Devido as combinações das propriedades de suas fases, os compósitos reforçados por fibras, geralmente apresentam melhores propriedades mecânicas [2]. O uso de fibras naturais neste tipo de compósitos apresenta inúmeras vantagens, podendo se destacar a importância ambiental, pela facilidade e quantidade com que são encontradas na natureza, além de serem fontes renováveis, biodegradáveis, de baixo custo e com boas propriedades mecânicas [4,5,6].

O Brasil é um grande produtor de cana-de-açúcar, podendo destacar a abundância com que é encontrada principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste. A cana-de-açúcar é utilizada como matéria-prima nas agroindústrias para obtenção de produtos como açúcar e do álcool [7]. Geralmente, o bagaço produzido por essas agroindústrias é incinerado ou descartado em locais inapropriados, contribuindo para o aumento da poluição ambiental. Assim sendo, uma alternativa viável para o aproveitamento, bem como a destinação final ambientalmente correta deste resíduo, é a utilização das fibras de bagaço de cana-de-açúcar como agente de reforço em matriz polimérica [8,9].

Assim, objetiva-se determinar as propriedades em tração de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar de diferentes intervalos de diâmetro, bem como estudar a morfologia da região de fratura dos compósitos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

As fibras de bagaço de cana-de-açúcar utilizadas nesse trabalho foram obtidas por meio de coleta em estabelecimentos comerciais. A resina poliéster ortoftálica foi a matriz polimérica utilizada para a produção dos compósitos, e como catalisador foi utilizado o metil-etil-cetona em uma proporção de 5% em peso.

As fibras de bagaço de cana-de-açúcar, foram inicialmente lavadas em água corrente para retirada do excesso de açúcar e colocadas em estufa a 60°C durante 24h para secagem. Posteriormente, foram desfiadas manualmente sendo o comprimento mínimo de 10 cm, medidas com auxílio um paquímetro digital de precisão igual 0,01 mm da Mitutoyo. A medição do diâmetro fibrilar foi realizada em estereoscópio da ZEISS, modelo Stemi 2000-C. As medidas foram realizadas em 5 posições ao longo da fibra. Em cada posição obteve-se uma segunda medida

girando a fibra em noventa graus e considerando-se a média das duas medidas nesta posição. Este procedimento foi realizado devido ao fato da seção reta da fibra não ser perfeitamente circular. Após essa etapa, as fibras foram divididas em seis intervalos de diâmetro com a finalidade de avaliar sua resistência em tração de acordo com sua espessura.

Os corpos de prova foram fabricados individualmente em molde de silicone seguindo as recomendações da norma ASTM D 638 [14]. As fibras foram previamente selecionadas de acordo com seu diâmetro o que permitiu a fabricação de três tipos de amostras: corpos de prova com fibras finas (diâmetro menor 200 μ m), fibras médias (diâmetro entre 200 e 400 μ m) e fibras grossas (diâmetro 400 μ m). Após essa seleção, as fibras foram molhadas com a resina e posicionadas longitudinalmente no molde que foi preenchido novamente com a resina. O tempo de cura foi de 24 horas em temperatura ambiente e, depois, em estufa por 2 horas a 100°C. Foram produzidos os compósitos P0B, P10BF, P20BF, P30BF, que possuem respectivamente 0, 10, 20 e 30% em volume de fibra.

Os ensaios de tração foram realizados no LAMAV-UENF seguindo as diretrizes da norma ASTM D638 em máquina de ensaios Universais da Instron modelo 5582 com uma taxa de deformação 0,5 mm/min e uma capacidade de 100kN. A análise microestrutural foi realizada em microscópio eletrônico de varredura (MEV) da FEI modelo Quanta FEG – 250 no laboratório de microscopia do IME.

2.2 Resultados e Discussão

Na figura 1 estão apresentados os compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar ensaiados em tração.

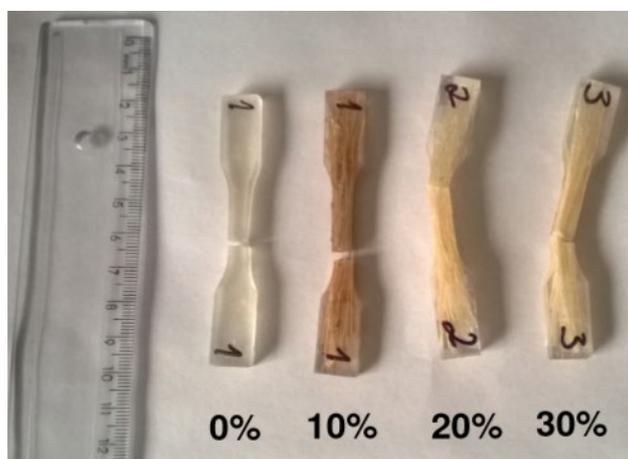


Figura 1. Aspecto macroscópico da fratura dos compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar ensaiados em tração.

Observa-se que os compósitos de matriz poliéster não apresentaram uma região preferencial de fratura indicando heterogeneidade em sua estrutura.

2.2.1 Compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras finas de bagaço de cana-de-açúcar.

As curvas de Carga versus Alongamento da resina poliéster e dos compósitos com adição de 10, 20 e 30% em volume de fibras finas estão apresentadas na Figura 2 ((a), (b), (c) e (d)), respectivamente.

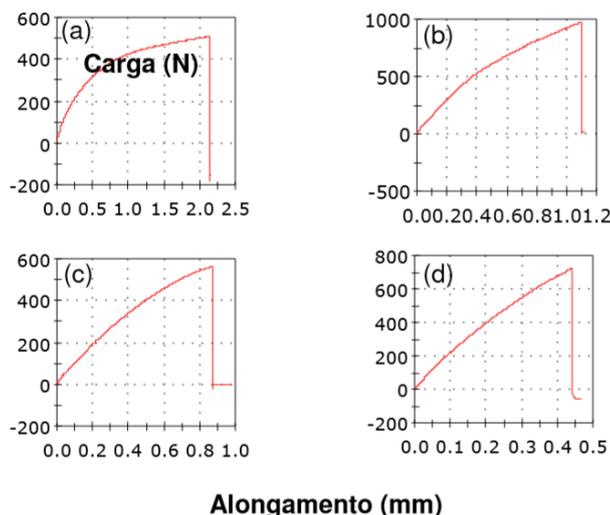


Figura 2. Curvas de tração da resina poliéster (a) e dos compósitos com 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibra de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro menor que 200 μm .

Pode-se afirmar que a resina poliéster e os compósitos apresentam uma tendência parabólica sendo a resina pura a que apresenta a curva mais acentuada sugerindo maior plasticidade. Esse comportamento indica que a adição das fibras à resina aumentou o módulo de elasticidade e, conseqüentemente, elevou a rigidez do compósito. Esse mesmo padrão foi observado por Vilay [10].

Na tabela 1 estão apresentados os valores da resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação média da resina poliéster (P0B) e os compósitos reforçados com 10 (P10BF), 20 (P20BF) e 30% (P30BF) em volume de fibras finas.

Tabela 1. Valores para resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação para a resina poliéster e os compósitos com adição de 10, 20 e 30% em volume de fibra de diâmetro menor que 200 μm

Composição	Resistência à Tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Deformação Média (%)
P0B	19,86 \pm 2,35	0,56 \pm 0,10	0,11 \pm 0,06
P10BF	29,17 \pm 5,40	1,00 \pm 0,11	0,04 \pm 0,02
P20BF	20,30 \pm 4,69	0,80 \pm 0,11	0,04 \pm 0,01
P30BF	27,25 \pm 1,23	0,99 \pm 0,18	0,04 \pm 0,01

Na figura 3 (a) e (b) estão apresentados os gráficos de resistência à tração e módulo de elasticidade dos compósitos reforçados com fibras finas de bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente.

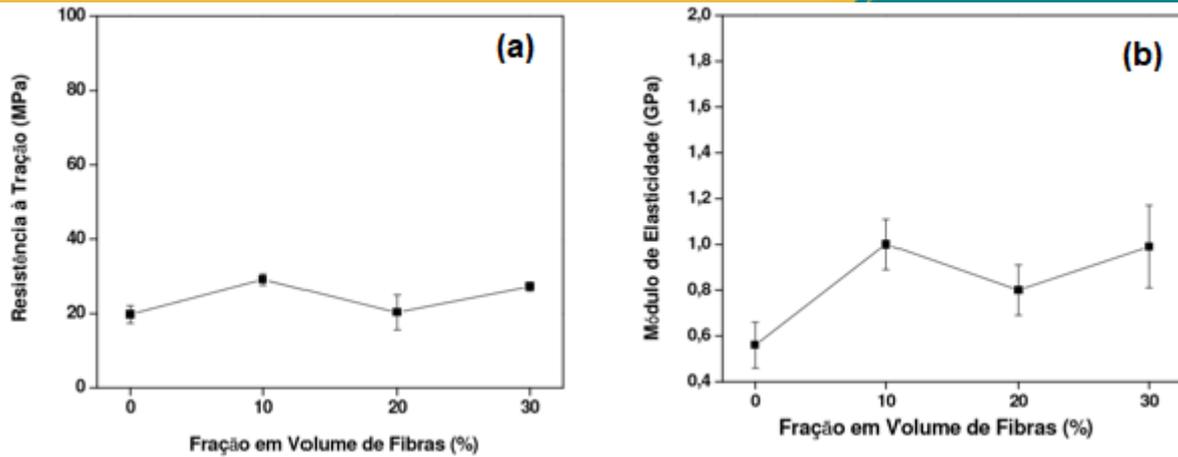


Figura 3. Resistência à tração (a) e Módulo de elasticidade (b) de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro menor que 200 μm .

A adição de fibras provocou um aumento nos valores médios da resistência à tração dos compósitos quando comparado ao valor da resina. Entre os compósitos a composição P10BF apresentou maior valor para essa propriedade seguida da composição P30BF e P20BF. Considerando as barras de erro, pode-se afirmar que a adição de 20% em volume não alterou significativamente a resistência da resina, não atuando, então, como um agente de reforço. Porém, a adição de 10 e 30% em volume de fibra ocasionou o aumento da resistência fazendo com que a adição das fibras permitisse um reforço na matriz. Esse resultado pode estar associado à melhor disposição das fibras na matriz que pode ter favorecido a molhabilidade da fibra induzindo a uma melhor adesão e, conseqüentemente, uma interface mais coesa.

A resina poliéster apresentou o menor valor para o módulo de elasticidade e maior valor de deformação. Esse fato confirma o comportamento apresentado pela curva Carga versus Alongamento indicando que quanto menor o módulo de elasticidade, maior a capacidade de se deformar. Ao serem adicionadas as frações em volume de fibra, houve um aumento nos valores médios de módulo de elasticidade e a composição P10BF foi a responsável pelo maior valor alcançado entre os compósitos. A deformação, não apresentou variação significativa.

As micrografias obtidas por MEV da região da fratura da resina e dos compósitos reforçados com fibras finas de bagaço de cana-de-açúcar estão apresentadas na figura 4 a, b, c e d, respectivamente.

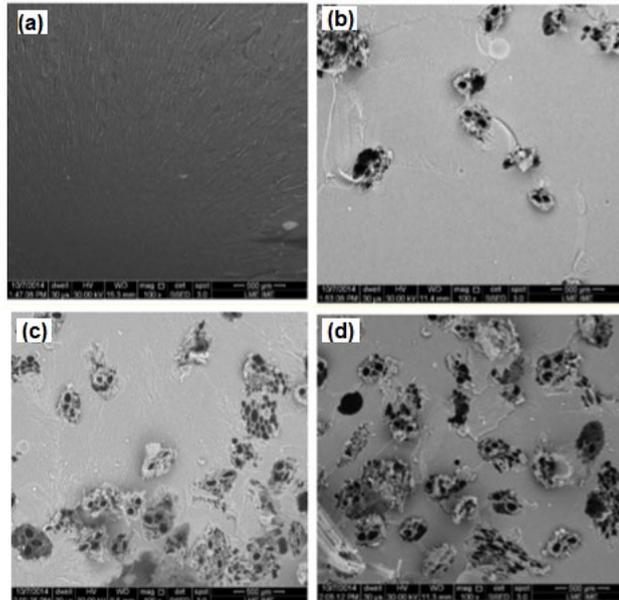


Figura 4. Micrografias obtidas por MEV da resina poliéster (a) e dos compósitos reforçados com 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibras de diâmetro inferior a 200 μm . 100x.

É possível observar a presença de marcas de rio nas micrografias, sugerindo que a fratura ocorreu de forma frágil, observa-se ainda a formação de uma interface fibra/matriz irregular mostrando pouca aderência entre esses dois tipos de materiais. Além disso, é notável que para a composição P10BF, as fibras atuaram como barreira diminuindo, provavelmente, a energia de propagação das trincas.

2.2.2 Compositos de matriz poliéster reforçado com fibras médias de bagaço de cana-de-açúcar

As curvas de Carga versus Alongamento da resina poliéster pura e dos compósitos com incorporação de 10, 20 e 30% em volume de fibras de diâmetro entre 200 e 400 μm estão apresentadas na figura 5 ((a), (b), (c) e (d)), respectivamente.

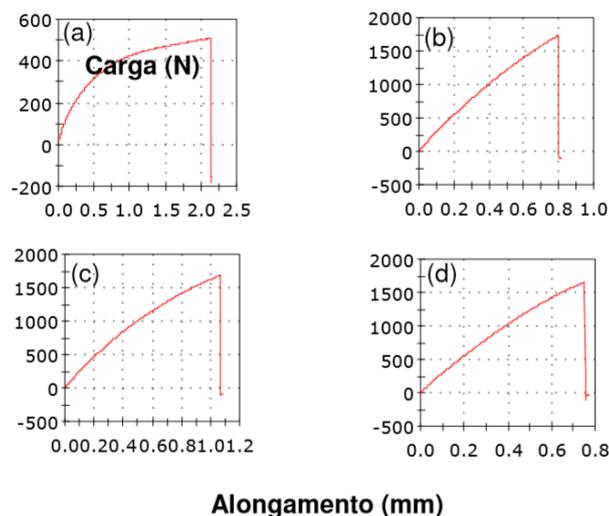


Figura 5. Curvas de tração da resina poliéster (a) e dos compósitos com 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibra de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro entre 200 e 400 μm .

Diferentemente da resina poliéster pura e dos compósitos reforçados com fibras finas, os compósitos reforçados com fibras médias apresentam uma tendência linear, indicando uma ruptura frágil. O padrão observado pode ser explicado pelo fato de fibras médias apresentarem maior calibre que as anteriormente estudadas e, conseqüentemente, maior quantidade de defeitos que podem corroborar para diminuição da resistência do compósito. A resistência à tração, o módulo de elasticidade e a deformação da resina P0B e dos compósitos com adição de 10 (P10BM), 20 (P20BM) e 30% (P30BM) em volume de fibras médias de bagaço de cana-de-açúcar são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores para resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação para a resina poliéster e os compósitos com adição de 10, 20 e 30% em volume de fibra de diâmetro entre 200 e 400 μm

Composição	Resistência à Tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Deformação Média (%)
P0B	19,86 \pm 2,35	0,56 \pm 0,10	0,11 \pm 0,06
P10BM	24,97 \pm 1,34	1,13 \pm 0,16	0,03 \pm 0,01
P20BM	31,73 \pm 5,53	1,20 \pm 0,20	0,04 \pm 0,01
P30BM	26,52 \pm 3,08	0,84 \pm 0,10	0,05 \pm 0,10

A resistência à tração e o módulo de elasticidade obtidos a partir dos gráficos de Carga versus Alongamento da resina e dos compósitos estão apresentados na figura 6.

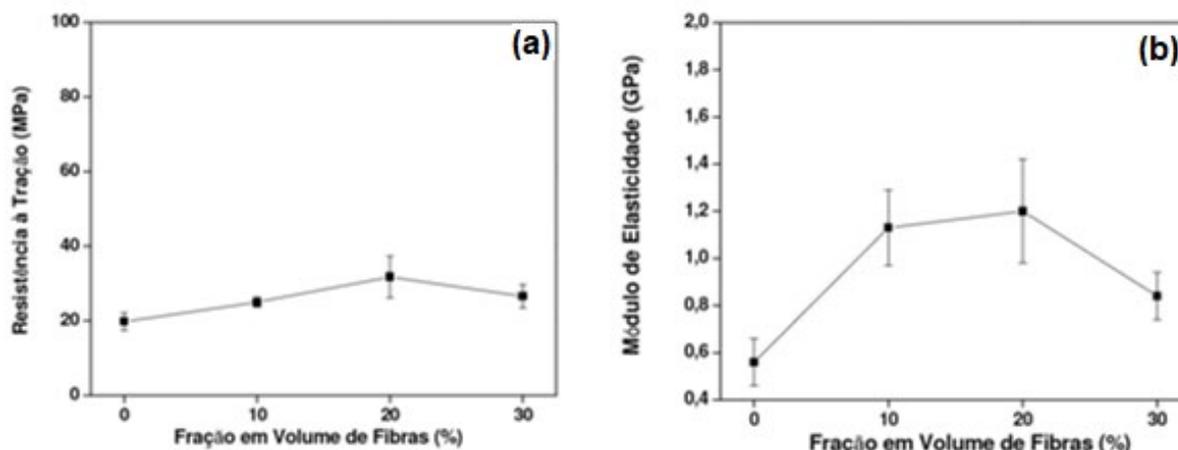


Figura 6. Resistência à tração (a) e Módulo de elasticidade (b) de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro entre 200 e 400 μm .

A adição das fibras à matriz levou a um ligeiro aumento médio na resistência dos compósitos quando comparados à resina pura. Esse mesmo padrão também foi observado para os compósitos incorporados com fibras finas. Entre os compósitos, o maior valor médio foi encontrado para a composição P20BM seguida da P30BM e P10BM, porém dentro de um erro estatístico não é possível verificar diferença significativa entre a adição de 20 e 30% em volume de fibras. A deformação sofrida pelos corpos de prova durante o ensaio também não apresentou diferenças significativas.

Na figura 7 (a), (b), (c) e (d), estão apresentadas as micrografias obtidas por MEV da região da fratura da resina poliéster e dos compósitos com adição de 10, 20 e 30% em volume de fibras médias, respectivamente.

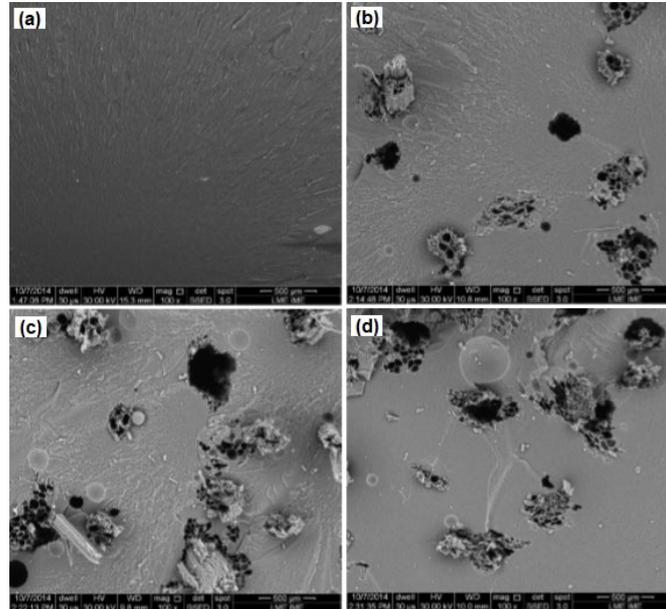


Figura 7. Micrografias obtidas por MEV da resina poliéster (a) e dos compósitos reforçados com 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibras de diâmetro entre 200 e 400 μm . 100x.

Assim como observado para os compósitos com fibras finas, os reforçados com fibras médias também apresentam marcas de rio indicando que a fratura ocorreu de forma frágil e regiões com descolamento das fibras indicando que a aderência da fibra na matriz não foi tão eficaz.

2.2.3 Compositos de matriz poliéster reforçado com fibras grossas de bagaço de cana-de-açúcar

As curvas de Carga versus Alongamento da resina poliéster (P0G) e dos compósitos reforçados com 10 (P10BG), 20 (P20BG) e 30% (P30BG) em volume de fibras de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro maior que 400 μm estão apresentadas na figura 8 ((a), (b), (c) e (d)).

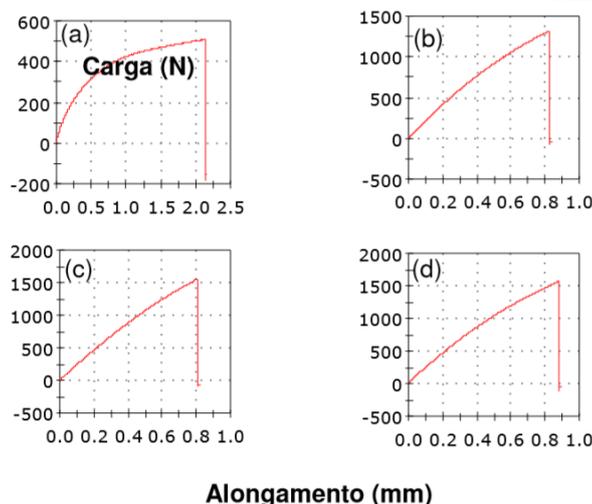


Figura 8. Curvas de tração da resina poliéster (a) e dos compósitos com 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibra de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro maior que 400 μm .

As curvas apresentadas pelos compósitos reforçados com fibras grossas apresentam uma tendência linear sugerindo que as fibras aumentam rigidez do compósito, comportamento também observado nos compósitos reforçados com fibras médias. Isso é um indicativo de que a adição de fibras de maior diâmetro pode diminuir a plasticidade da resina, fato que não foi observado nos compósitos reforçados com fibras finas. Os valores de resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação dos compósitos reforçados com fibras grossas estão representados na tabela 3.

Tabela 3. Valores para resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação para a resina poliéster e os compósitos com adição de 10, 20 e 30% em volume de fibra de diâmetro maior que 400 μm

Composição	Resistência à Tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Deformação Média (%)
P0B	19,86 \pm 2,35	0,56 \pm 0,10	0,11 \pm 0,06
P10BG	27,30 \pm 0,90	1,13 \pm 0,10	0,04 \pm 0,00
P20BG	30,91 \pm 1,40	1,26 \pm 0,03	0,03 \pm 0,00
P30BG	27,14 \pm 2,36	1,02 \pm 2,36	0,05 \pm 0,00

Os gráficos representativos de resistência à tração e módulo de elasticidade referente aos compósitos reforçados com fibras grossas de bagaço de cana-de-açúcar são mostrados na figura 9 ((a) e (b)), respectivamente.

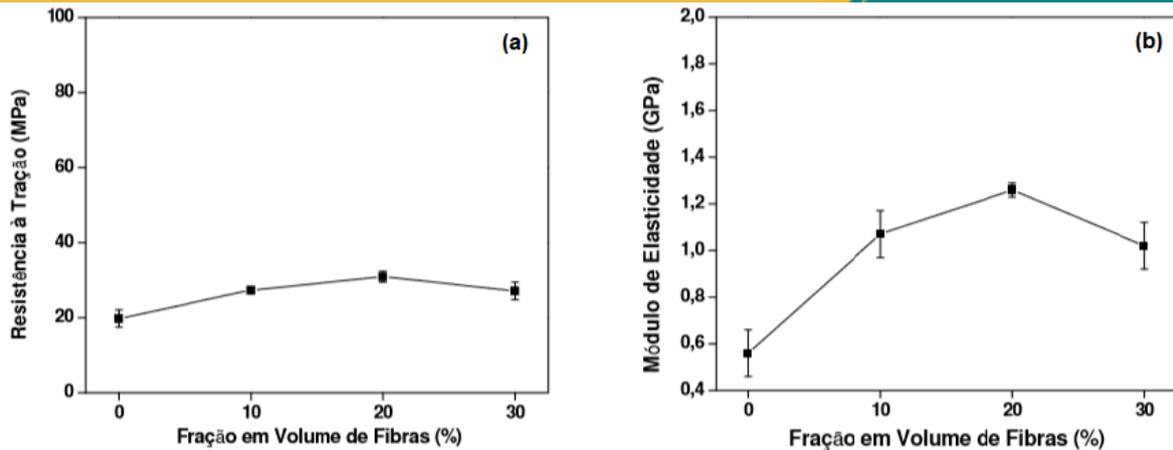


Figura 9. Resistência à tração (a) e Módulo de elasticidade (b) de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar de diâmetro maior que 400 μm .

Nota-se, de maneira geral, que a adição de fibras de bagaço provocou um aumento na resistência do compósito quando comparado à resina poliéster, mesmo padrão observado para os outros compósitos. Ao estabelecer uma comparação entre os compósitos, o maior valor observado de resistência é associado à composição P20BG assim como observado os compósitos de fibras médias. Dentro de um erro estatístico, não é observada uma variação significativa dessa propriedade entre a composição P10BG e P30BG.

Um aumento nos valores do módulo de elasticidade também pode ser observado à medida que as fibras de bagaço são adicionadas. Esse fato associado à resistência indica que as fibras promoveram um reforço efetivo na matriz. No que se refere à deformação, a adição das fibras diminuiu os valores médios dos compósitos quando comparado à resina e, a composição P20BG apresentou os menores valores para essa propriedade. Na figura 10 estão apresentadas a micrografia obtida por MEV da resina poliéster (a) e dos compósitos com adição de 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibras grossas de bagaço de cana-de-açúcar.

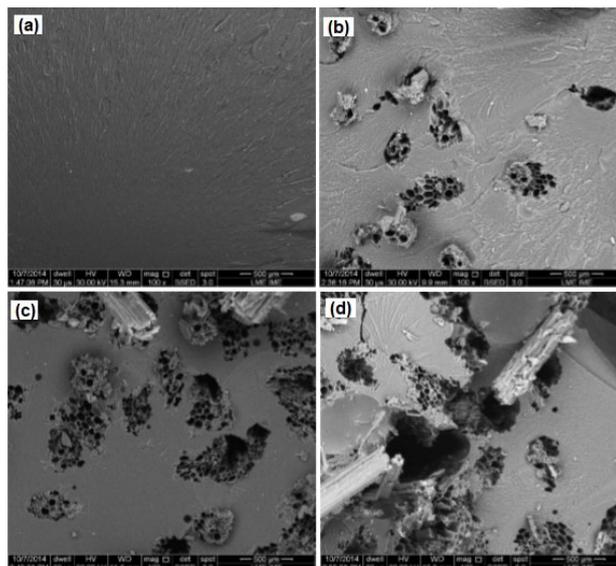


Figura 10. Micrografias obtidas por MEV da resina poliéster (a) e dos compósitos reforçados com 10 (b), 20 (c) e 30% (d) em volume de fibras de diâmetro maior que 400 μm . 100x.

As micrografias mostram marcas de rio indicando fratura frágil, e ainda baixa aderência entre as fibras e a matriz. Além disso, a adição de 20% em volume de fibra apresentou-se mais uniforme, o que pode ter favorecido o ganho de resistência por essa composição.

2.2.4 Discussão dos resultados apresentados

Com a variação do diâmetro da fibra pode-se notar que houve um aumento na resistência dos compósitos. A incorporação de fibras de menor diâmetro, promoveu um aumento na resistência dos compósitos quando comparada as fibras de maior diâmetro. Nas adições de 10 e 30%, os compósitos reforçados com fibras finas atingiram maior resistência média. Entretanto quando foram adicionados 20% em volume de fibra, esse padrão não foi observado, uma vez que a maior resistência foi alcançada pela composição P20BM. Isso pode estar associado à melhor distribuição das fibras dentro da matriz.

Os valores obtidos são similares ao encontrado por Martins *et al.* [9], ao estudar influência da adição de 30% em volume de fibras de bagaço sem seleção de diâmetro. Apesar da melhora no desempenho mecânico dos compósitos reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar, quando comparado com compósitos reforçados com outros tipos de fibras, sem seleção de diâmetro, apresentam valores superiores. Lopes [11] ao estudar o efeito da incorporação de fibras de curauá em matrizes poliméricas encontrou um valor de resistência à tração, para adição de 10% em volume, igual a 61,78 MPa. Margem [12], ao avaliar as propriedades em tração de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de malva, destacou que quando as fibras são acrescentadas à matriz, há uma melhora significativa nas propriedades, o valor observado pelo autor foi de 60,7 MPa para fração volumétrica de 30%.

Pode-se afirmar, que os valores relativamente baixos de resistência à tração dos compósitos podem estar associados à resistência relativamente baixa das fibras de bagaço de cana-de-açúcar e a baixa adesão entre as fibras e a matriz devido à molhabilidade ineficiente. Para que haja um reforço efetivo, é necessário que a carga aplicada seja transferida da matriz para as fibras, logo é desejável a existência de uma interface que favoreça uma boa aderência dos materiais [13].

3 CONCLUSÃO

O estudo da determinação das propriedades de tração de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibra de bagaço de cana-de-açúcar com diferente intervalo de diâmetro, mostrou que:

- Os compósitos de matriz poliéster, com adição de 10 e 30% em volume de fibras finas provocou um ligeiro aumento nos valores médios de resistência à tração. Dessa forma, incorporação de fibras de menor diâmetro se mostrou uma boa alternativa para aumentar o desempenho em tração dos compósitos reforçados com fibras de bagaço de cana-de-açúcar.
- A resina poliéster, bem como todos os compósitos apresentaram aspecto de fratura frágil indicada na microscopia pela presença de marcas de rio. Além disso, por algumas micrografias apresentarem regiões em que as fibras foram arrancadas da matriz, pode-se concluir que houve uma boa adesão na interface fibra/matriz.

REFERÊNCIAS

- 1 Callister, W. D. Jr. *Ciência e Tecnologia de Materiais: uma introdução*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- 2 Askeland, Donald R. *Ciência e engenharia dos materiais*. 3. ed. São Paulo: Cengage learning, 2014.
- 3 Marinucci, Gerson. *Materiais compósitos poliéricos*. São Paulo: Artiliber, 2011.
- 4 Lau, Kin-tak et al. Properties of natural fibre composites for structural engineering applications. *Composites Part B: Engineering*, v. 136, p. 222-233, 2018.
- 5 Sanjay, M. R. et al. Characterization and properties of natural fiber polymer composites: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 566-581, 2018.
- 6 Pereira, A. C. et al. Charpy impact tenacity of epoxy matrix composites reinforced with aligned jute fibers. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 6, n. 4, p. 312-316, 2017.
- 7 UNICA – União das indústrias de cana-de-açúcar. [acesso em 01 jun. 2018]. Disponível em: www.unica.com.br. Acessado em: junho de 2018.
- 8 Sanchez E.M.S, Cavani C.S, Leal C.V, Sanchez C.G. Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades. *Polímeros*, 2010. 20 (3)
- 9 Martins, A.L.B.S.; Gouvea, R.A.; Oliveira, M.P.; Candido, V.S.; Monteiro, S.N. Characterization of Epoxy Matrix Composites Incorporated with Sugarcane Bagasse Fibers. *Materials Science Forum*. Vols. 775-776. pp 102-106, 2014.
- 10 Vilay, V; Mariatti, M; Mattaib, R; Todo, M. Effect of fiber surface treatment and fiber loading on the properties of bagasse fiber–reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology*. 68, 631–638, 2008.
- 11 Lopes, F.P.D. Estudos adicionais dos compósitos poliméricos reforçados por fibras de Curauá. 2011. 79p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2011.
- 12 Margem, J. I. Estudo das características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de malva. 2013. 134 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2013.
- 13 Verma, D., Gope, P.C., Maheshwari, M.K., Sharma, R.K. Bagasse Fiber Composites - A Review. *J. Mater. Environ. Sci.* 3 (6), 1079-1092, 2012.
- 14 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. D 638 – Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Pennsylvania: ASTM, 2008.