

Obtenção de um copo mais sustentável: preparação e caracterização de fibras naturais e de biocompósitos

Obtaining a more sustainable cup: preparation and characterization of natural fibers and biocomposites

E. S. M. Seo^{1,2}, N. S. da Silva¹, I. T. F. Barbosa^{1,3}; A. A. R. Athiê¹, A. C. de Luca¹

¹ Centro Universitário Senac – Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade. Av. Eng. Eusébio Stevaux, 823 - Santo Amaro, São Paulo. CEP: 04696-000.

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais. Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Butantã, São Paulo. CEP: 05508-000.

³ Universidade Presbiteriana Mackenzie. R. da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo. CEP: 01302-000.

{emilia.smseo@sp.senac.br; esmiyseo@ipen.br}

Resumo. O presente artigo tem como objetivo contribuir apresentando tanto as características de fibras naturais de cana-de-açúcar e de coco verde, como avaliar à resistência à compressão dos biocompósitos. No processo de mercerização foram testadas as concentrações de hidróxido de sódio e na fabricação de copos de polietileno, foram adicionadas fibras com concentrações de 3%, 5% e 7% em massa. Na fabricação de copos por processo de injeção foram adicionadas fibras como reforço do polímero de alta densidade. As fibras naturais foram tratadas por processo de mercerização e caracterizadas por meio das técnicas de picnometria por gás hélio, fluorescência por raios X, análise termogravimétrica e microscopia eletrônica de varredura, evidenciado que o processo é adequado para obtenção de fibras sem a presença de celulose ou hemicelulose. Verificou-se que as fibras naturais com concentrações de 5% em massa apresentaram maiores resistência a tração.

Palavras chave: fibras de cana-de- açúcar, fibras de côco verde, compósito, mercerização.

Abstract. The present article aims to contribute by presenting both the characteristics of natural fibers of sugarcane and green coconut, and to evaluate the compressive strength of the biocomposites. In the mercerization process, the concentrations of sodium hydroxide were tested and in the manufacture of polyethylene cups, fibers with concentrations of 3%, 5% and 7% by mass were added. In the manufacture of glasses by injection process fibers were added as a reinforcement of the high density polymer. The natural fibers were treated by mercerization process and characterized by the techniques of helium gas picnometry, X - ray fluorescence, thermogravimetric analysis and scanning electron microscopy, evidencing that the process is suitable to obtain fibers without the presence of cellulose or hemicellulose. It was found that natural fibers with concentrations of 5% by mass presented higher tensile strength.

Key words: sugarcane fibers, green coconut fibers, composite, mercerization.

INTRODUÇÃO

A importância de soluções para os problemas ambientais faz cada vez mais parte da preocupação e interesse não só das pessoas, mas principalmente de setores industriais e agrícolas. Neste sentido, os resíduos gerados por meio de suas atividades têm imenso potencial de danos ambientais e se não houver união nas buscas por soluções e reduções dessas atividades, os problemas referentes ao meio ambiente se tornarão cada vez maiores.

Um dos segmentos mais importantes da economia brasileira é a agroindústria, tanto no desempenho exportar do Brasil como no abastecimento interno. Normalmente situadas próximas a centros urbanos, as agroindústrias produzem consideráveis quantidades de resíduos líquidos e sólidos, desde as primeiras etapas dos processos de produção, como extração de matéria-prima, até a finalização do ciclo. Estes resíduos são estocados próximos às próprias áreas de produção, sem nenhum destino final definido, o que pode causar problemas ambientais e sanitários ou são dispostos em aterros sanitários, o que reduz a sua vida útil (LEUCENA, CHERNICHARO, 2005).

Para o Straus e Menezes (1993), o aumento da produção de resíduos pode ser mitigado fazendo a redução, reciclagem e reaproveitamento dos mesmos, tendo como objetivo a recuperação de energia e também de matéria.

Já os autores Gioffoni e Lange (2005), destacam que a reciclagem ou reutilização dos resíduos representam alternativas capazes de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, preservação do meio ambiente e também diminuição de alguns custos dos setores industriais.

Assim sendo, governo, indústria, sociedade civil, institutos de pesquisa e áreas acadêmicas se deparam obrigados a buscarem juntos por soluções cada vez mais eficientes e eficazes para tornar melhor a relação entre o meio ambiente e os setores produtivo, devido à crescente preocupação com a escassez de recursos naturais, e faz-se necessária a introdução desta preocupação em diversos segmentos das cadeias produtivas. Neste contexto, Kiperstok (2000) reforça que além de abrir incontáveis oportunidades de negócios, o entendimento desta realidade passa a ser um fator de bastante competitivo entre empresas e países.

Investigações por novas tecnologias, melhorias de desempenhos sociais, econômicos, ambientais, técnicos e inovações para fabricação de novos materiais a partir de fibras naturais se tornaram frequentes nestas últimas décadas. E, dentre estes novos materiais, os compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais, vem sendo o foco de estudo, desenvolvimento e interesse das indústrias (LEÃO, 1998, KIM e PAL, 2011). As fibras naturais vêm sendo bastante utilizadas devido ao baixo custo, baixa densidade, não abrasividade, não-toxicidade facilidade de modificação por agentes químicos, bem como o fato de ser gerada a partir de fontes renováveis (JOSEPH, MEDEIROS e CARVALHO, 1999).

A importância deste trabalho se justifica sobre a realização de estudos aprimorados quanto à reciclagem e descarte de bagaço de cana-de-açúcar e de coco verde, estudos sobre suas propriedades químicas, físicas, mecânicas, para contribuição no desenvolvimento de compósitos poliméricos para fabricação de um copo mais sustentável.

O Brasil possui recursos naturais em abundância devido à suas condições climáticas favoráveis e solo fértil e, portanto uma grande variedade de fibras naturais é produzida no país, tais como as provenientes da produção de banana, algodão, côco, sisal, cana-de-açúcar, piaçava, buriti, abacaxi, curauá, entre outras (ARAÚJO, 2009). De acordo com Fernandes (2008), as fibras lignocelulósicas têm sido estudadas pela característica de conferir reforço aos componentes, baixo custo e, geralmente ser provenientes de reaproveitamento. O comportamento mecânico das fibras lignocelulósicas é afetado por diversos fatores: proporção de seus componentes (celulose, hemicelulose e lignina), diâmetro da fibra, orientação molecular (ângulo espiral entre fibrilas), proporção de regiões

cristalinas e não-cristalinas, morfologia (porosidade e imperfeições), além das condições de plantio (RAZERA, 2006).

A celulose determina a propriedade mecânica da fibra natural, um polissacarídeo semicristalino que confere o caráter hidrofílico das fibras vegetais devido ao grupo hidroxila presente na sua estrutura, acarretando na baixa compatibilidade da fibra com a matriz polimérica hidrofóbica, além da tendência a formar agregados durante o processamento e uma baixa resistência à umidade reduzindo as propriedades mecânicas em geral, o grupo hidroxila é responsável pelo empacotamento cristalino e as propriedades físicas de celulose (SPINACE, 2009; TOMCZAK, 2010, ALAMRI e LOW, 2012).

Face as considerações apresentadas, o objetivo deste trabalho é contribuir apresentando tanto as características de fibras naturais de cana-de-açúcar e de coco verde, como avaliar à resistência à compressão e a tração dos copos fabricados a base de biocompósito, mistura de polietileno e fibra natural.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Neste estudo foram utilizadas como matérias primas bagaço da cana-de-açúcar e de coco verde, conforme apresentadas na figura 1 (a, b).

A matriz foi o polietileno de alta densidade verde (PEAD 4950 SGF) fornecida pela empresa Braskem S/A (Brasil). Principais características da matriz a ser utilizada na presente pesquisa são apresentadas por Braskem (2013). O polímero é 100% feito a partir de etanol renovável da cana-de-açúcar.

Figura 1 – Matérias primas utilizadas no presente estudo: bagaço de cana-de-açúcar seco (a) e coco verde seco (b)



Preparação de fibras e particulados

Inicialmente, as matérias primas foram secas em estufa a ~ 60 °C e na sequência, o bagaço de cana-de-açúcar seca e o coco verde seco foram triturados em moinho de facas da marca RONE modelo RA 1553 (figura 2).

O bagaço de cana-de-açúcar e coco triturados foram submetidos a classificação granulométrica com uso de vibrador de peneiras por 20-30 minutos de peneiramento afim de obter fibras abaixo de 48 malhas Tyler.

Na sequência, as fibras de cana-de-açúcar e de coco foram submetidas ao processo de mercerização, utilizando o JarTest da marca Nova Ética, conforme apresentado na figura 3. O procedimento de mercerização foi desenvolvido para as três variações de concentração de NaOH (3%, 5% e 7% em massa).

Figura 2 – Triturador utilizado para moagem do bagaço de cana-de-açúcar e do coco verde



Attingido as condições otimizadas de extração da polpa, as fibras foram lavadas em água corrente e friccionadas em uma peneira para limpeza e remoção do excesso de polpa de bagaço de cana-de-açúcar e também de coco. Em seguida, as duas fibras, separadamente foram submetidas à solução de ácido acético 4 (% v.v.) sob agitação por 1 hora. Em seguida, as duas fibras foram novamente lavadas, separadamente, com água corrente; e por fim, após o processo de mercerização, foram levadas para secagem em estufa a 60 ± 2 °C durante 48 h e classificadas em fibras curtas e particulados.

Figura 3 – Jar Test utilizado no processo de mercerização: bagaço de cana-de-açúcar (a) e coco (b).



(A)

(B)

As fibras tratadas e secas foram caracterizadas quanto à densidade, composição química, estabilidade térmica e aspectos morfológicos, utilizando-se técnicas como picnometria por gás hélio, fluorescência por raios X (FRX), análise termogravimétrica (TGA) e microscopia de varredura eletrônica (MEV), respectivamente.

Após a caracterização e obtenção de fibras necessárias tanto as fibras curtas como particulados foram conduzidos ao processo de injeção. Na etapa de injeção, a matriz de polietileno verde de alta densidade foi misturada com diferentes concentrações de fibras, sendo 0%, 3%, 5% e 7% em massa, seja de coco ou de cana-de-açúcar. A matriz da injetora fabricada de alumínio foi para a obtenção de um copo. A mistura de fibra e polietileno foi levada a injetora a uma temperatura de aproximadamente 180° C. Os copos produzidos foram levados para ensaios de compressão e de tração (figura 4).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação das densidades das fibras vegetais é apresetada na tabela I. As fibras de cana de açúcar e de coco, obtiveram resultados semelhantes, em torno de 1,6 g.cm⁻³, dentro dos parâmetros para fibras vegetais, ou seja, matéria prima de baixa densidade, como esperado.

Os resultados da composição química das fibras tratadas de cana-de-açúcar e de coco obtidos por FRX estão apresentados na figura 5 (a, b). Observa-se concentrações mássica de silício (48,55%) e cálcio (37,27%). As demais porcentagens mássicas pertencem à presença de ferro (6,16%), potássio (2,49%), alumínio (2,15%), fósforo (1,64%) e cobre (0,75%) nas fibras de cana-de-açúcar. Na composição química das fibras de coco foi evidenciada maior de óxidos de cálcio, ferro e silício, em menores quantidades, óxidos de magnésio, potássio, zinco, alumínio, fósforo e traços de óxidos de cobre, manganês, estrôncio e estanho elementar.

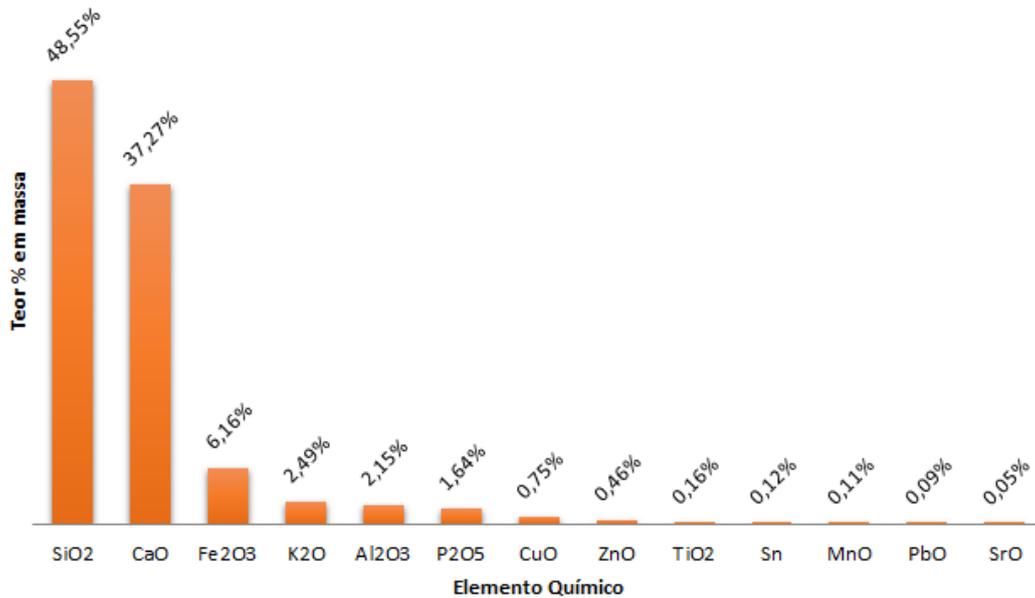
Figura 4 – Copos produzidos a base de bicomposto (polietileno + fibras naturais)



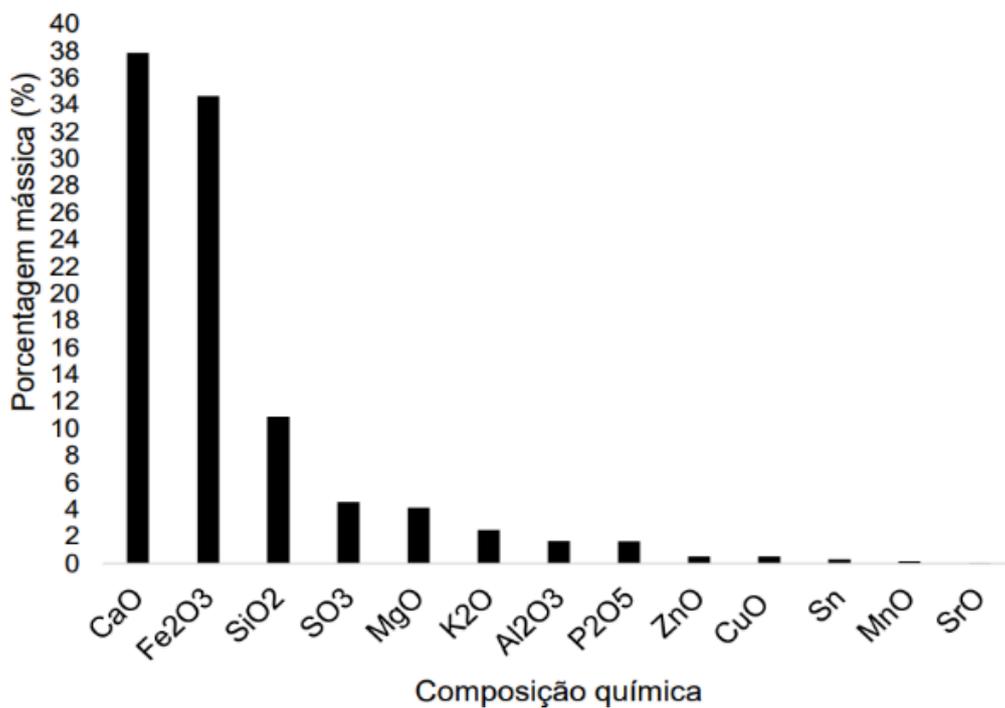
Tabela I – Densidades das fibras tratadas por mercerização.

Cana de açúcar (g cm ⁻³)	Coco (g cm ⁻³)
1,54 (± 0,001)	1,720 (± 0,008)

Figura 5 - Composição química por FRX da fibra de cana-de-açúcar (a) e de coco (b).



(A)



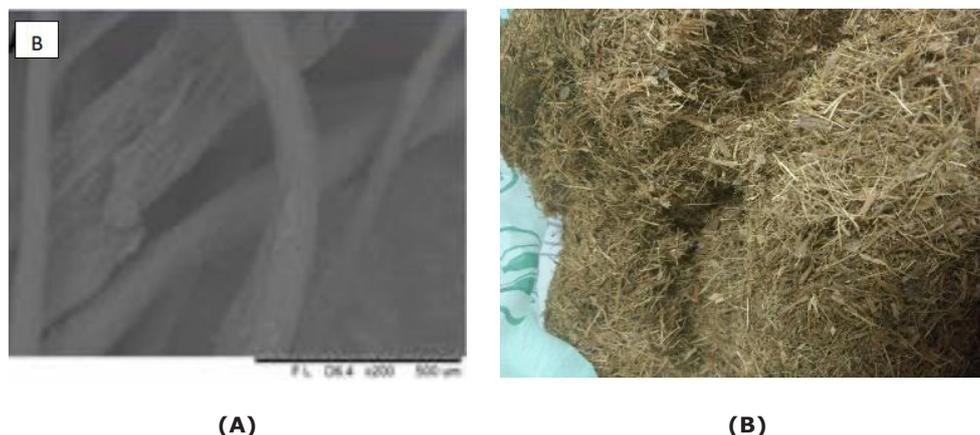
(B)

A partir das imagens obtidas pelo MEV, as fibras tratadas pelo processo de mercerização, apresentaram microestruturas típicas de fibras vegetais. São constituídas por microfibrilas, microcavidades superficiais, entrâncias e outras peculiaridade (MARINHO, 2012). Entretanto, nota-se que a cobertura da fibra mercerizada foi removida, expondo-a diretamente, como mostram as figuras 6 (a, b) com as de cana-de-açúcar e a figura 7 (a, b) com as de coco.

Figura 6 – Microscopia eletrônica de varredura das fibras de cana-de-açúcar tratadas por mercerização - 7% NaOH (a) e fibras de cana-de-açúcar secas (b).

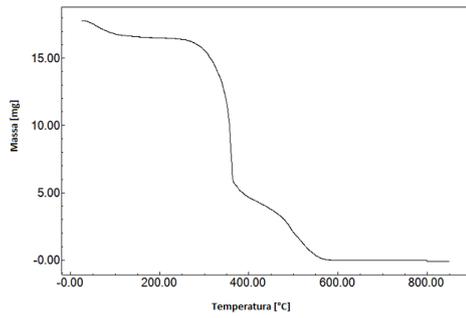


Figura 7 – Microscopia eletrônica de varredura das fibras de coco tratadas por mercerização - 7% NaOH (a) e fibras de coco secas (b).

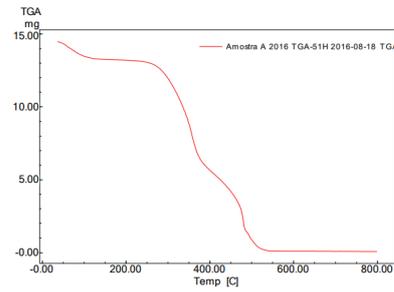


As curvas de termogravimetria apresentadas nas figuras 8 (a, b), mostram que as fibras estudadas possuem estabilidade térmica até aproximadamente 200°C, quando ocorre o início de termo oxidação, correspondente ao princípio da decomposição de hemiceluloses, seguida da celulose. Vale ressaltar que a perda de massa inicial, se refere à perda de substâncias voláteis e, majoritariamente, umidade contida nas amostras. Para as fibras de cana-de-açúcar, verificou-se que em torno de 350°C observa-se o início do processo de decomposição, envolvendo ligações de lignina, prosseguindo com o aumento de temperatura até ocorrer a perda de massa total de voláteis após a 500°C, estabilizando - a, (figura 8a). As fibras de coco foram analisadas por termogravimetria conforme os resultados apresentados na figura 8b. Entre 0°C a 100°C observa-se liberação de umidade, no intervalo entre 250° C a 400°C a decomposição de celulose e hemicelulose, entre 400°C e 550°C a degradação associada a lignina e a cima de 550°C a formação de cinzas, ocorrendo a estabilização do material.

Figura 7 – Microscopia eletrônica de varredura das fibras de coco tratadas por mercerização - 7% NaOH (a) e fibras de coco secas (b).



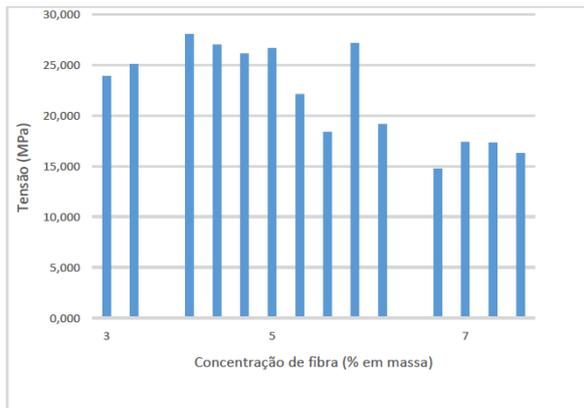
(A)



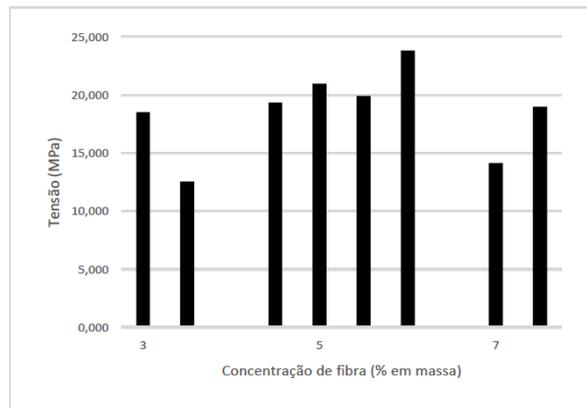
(B)

Nas figuras 9 (a, b) estão apresentados os resultados dos ensaios de tração, cujos mostram que as fibras de 5% em massa de concentração de fibra de cana-de-açúcar (9a) e de coco (9b) apresentaram maiores tensões a tração do biocompósito.

Figura 7 – Microscopia eletrônica de varredura das fibras de coco tratadas por mercerização - 7% NaOH (a) e fibras de coco secas (b).



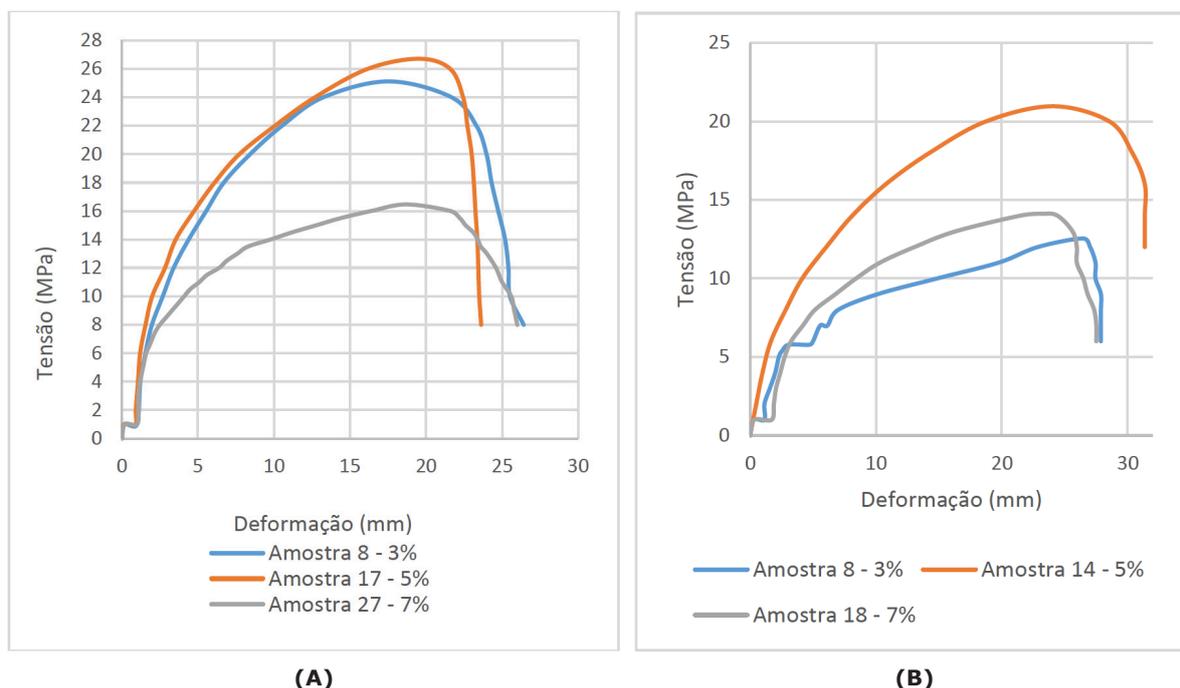
(A)



(B)

As Figuras 10 (a, b) mostram as curvas de tensão e deformação, evidenciando que o limite máximo de tensão é em média 24,5 Mpa para com concentrações de 3% e 5% em massa.

Figura 10 – Ensaio de tração para copos com fibras de cana-de-açúcar (a) e para copos com fibras de coco (b)



A partir dos resultados dos ensaios de tração, realizaram-se ensaios de compressão em copos contendo concentrações de 3% e 5% de fibras de cana-de-açúcar e de coco (tabela II).

Tabela II – Resultados dos ensaios de compressão

Fibras	Carga máxima (Kgf)	
	3 % em massa	5 % em massa
Cana-de-açúcar	781,200±82,116	792,625±73,873
Coco	925,000±12,832	670,000±00,000

Os copos com concentração de 5% em massa de fibras de cana-de-açúcar apresentaram maiores resistência à ruptura enquanto que para os copos de fibras de coco foram para concentrações de 3% em massa.

CONCLUSÃO

Foi avaliada a técnica de mercerização, obtendo-se um resultado efetivo, pois de acordo com as imagens de MEV, observou-se que a cobertura da fibra tratada foi removida, obtendo-se as fibras isenta de lignina, celulose e hemicelulose. As fibras tratadas com 7% de NaOH, apresentam mais soltas e com condições favoráveis para aderência ao polímero, conseqüentemente adequadas para o processo de moldagem por injeção. Os copos obtidos por este processo apresentaram maiores tensões para ambas as fibras estudadas com concentração de 5% em massa e nesta concentração os copos que apresentaram maiores resistência à ruptura foram para as fibras de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a bolsa concedida à aluna de IC, Nicolle; e, as análises realizadas pelo SENAI Suíço-Brasileira, SENAC e IPEN.

REFERÊNCIAS

ALAMRI H.; LOW I.M. Mechanical properties and water absorption behavior of recycled cellulose fibre reinforced epoxy composites, *Poly. Test.*, 2012, vol.31, issue 5, pages 620-628.

ARAÚJO, J. R. **Compósitos de Polietileno de Alta Densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química, Campinas, 2009.

BRASKEM. Folha de dados Braskem I'm Greentm Polietileno de Alta Densidade SGF450, 2013, rev.06

FERNANDES T.F. **Preparação e caracterização de novos materiais compósitos baseados em fibras de celulose**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Materiais Derivados de Recursos Renováveis) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

GIOFFONI, P.O, LANGE, L.C., **A utilização de borra de fosfato como matéria-prima alternativa para a fabricação de tijolos**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol.10, nº2, p. 128-136, 2005.

JOSEPH, K., MEDEIROS, E.S., CARVALHO, L.H., **Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados por Fibras Curtas de Sisal**, *Polímeros: Ciência e Tecnologia* – Out/Dez, 1999, v9 n4, 136-141p.

KIM J.K., PAL K., **Recent Advances in the Processing of Wood-Plastic Composites**. 1a ed., Berlin; Springer, 2011.

KIPERSTOK, A. Tendências ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio, **Revista NEXOS**, do Curso de Mestrado em Economia da UFBA, 2000.

LEÃO A., O aproveitamento industrial de resíduos, **Revista Pesquisa Fapesp**, 1998, ed.33, Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/extras/imprimir.php?id=436&bid=1>> Acesso em 12 de junho de 2016.

LEUCENA, M.V., CHERNICHARO.C.A.L., **Avaliação experimental da compostagem de RSU submetidos a etapa prévia de tratamento anaeróbico**. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Campo Grande/MS, p.09, 2005

MARINHO RAZERA, I.A.T. **Fibras lignocelulósicas como agente de reforço de compósitos de matriz fenólica e lignofenólica**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Físico-Química) – Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

SPINACE M.A.S.; LAMBERT C.S.; FERMOSELLI K.K.G.; DE PAOLI M.A. Characterization of lignocellulosic curaua fibres, **Carb. Poly.**, 2009, vol.77, page 47-53.

STRAUS, E.L.; MENEZES, L.V.T. **Minimização de resíduos**. In: 17 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais, p. 212-225, 1993.

TOMCZAK, F. **Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil**. 2010. 150p. Tese (Doutorado) – Engenharia e Ciência dos Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PIPE - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2010.