

## Influência da Incorporação de Resíduos de Tecido de Big Bag nas Propriedades Mecânicas do Polipropileno

C. H. Pereira<sup>1</sup>, E. S. B. Ferreira<sup>1</sup>, E. B. Bezerra<sup>1</sup>, E. M. Araújo<sup>1</sup>, R. M. R. Wellen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais - UAEMA/CCT/UFCG - CEP: 58429-900, Campina Grande - PB

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Materiais, DEMat/CT/UFPB, Cidade Universitária s/n, CEP: 58051-900, João Pessoa – PB

(Recebido em 14/12/2017; revisado em 05/03/2018; aceito em 15/06/2018)  
(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

### Resumo:

Nesse trabalho, foram produzidos compostos de polipropileno (PP) com resíduo provenientes de tecido de big bag em teores de 10, 30 e 50%. De acordo com os resultados obtidos através dos ensaios mecânicos, verificou-se que a resistência ao impacto não foi alterada de forma significativa, pois o composto com 10% de resíduo apresentou um acréscimo de 3% na resistência. O módulo elástico apresentou aumentos entre 14 e 16% para os compostos, enquanto que o alongamento na ruptura diminuiu entre 14 e 18%, como esperado. A temperatura de deflexão térmica aumentou 10% nos compostos após a incorporação do resíduo. Desta forma, conclui-se que os resíduos de big bag podem ser utilizados com sucesso na produção de novos produtos de polipropileno, possuindo o composto com 10% de resíduo de big bag propriedades sinérgicas.

**Palavras-chave:** Polipropileno; blendas poliméricas; reciclagem; resíduo de big bag.

### Abstract:

In this work, polypropylene (PP) compounds were produced with big bag residue addition in contents of 10, 30 and 50%. According to the mechanical tests, the impact strength was not significantly altered, because the compound with 10% of residue increased by 3% in the strength. For the compounds, the elastic modulus increased between 14 and 16% meanwhile the elongation at break decreased between 14 and 18%. The heat deflection temperature (HDT) increased by 10% in the compounds, after the incorporation of the residue. In this way, it can be concluded that the big bag residue can be used successfully in the production of new polypropylene products, the compound having 10% big bag residue synergistic properties

**Keywords:** Polypropylene; polymer blends; recycling; big bag residue.

### 1. Introdução

Atualmente, a questão da preservação e conservação do meio ambiente vem ganhando cada vez mais prioridade a fim de se garantir um desenvolvimento sustentável. Dentre os diversos danos causados ao meio ambiente, há uma grande parcela quando se refere aos resíduos plásticos, os quais, de forma geral, levam muito tempo para se degradarem, em alguns casos produzindo gases tóxicos quando são queimados [1]. Portanto, há uma tendência geral para o aproveitamento desses resíduos, sendo esse, considerado de grande valor potencial para esses materiais processados e as implicações dos desperdícios e poluição decorrentes da não utilização de tais resíduos [2-3].

Normalmente, o custo do plástico reciclado é 40% mais baixo do que o da resina virgem [4], e, além disso, existem outras vantagens da reciclagem como a redução do consumo de matéria prima não renovável (petróleo), o menor consumo de energia elétrica na produção do reciclado quando

comparado à energia utilizada na síntese do plástico virgem e a redução do volume de resíduo plástico em lixões e aterros sanitários com aumento da sua vida útil [5]. A produção de materiais com boas propriedades mecânicas e aparência atrativa para utilização em diversas áreas como construção civil, mobiliária e doméstica, contribui para tornar a reciclagem uma atividade lucrativa, além de reduzir o impacto ambiental causado pela industrialização. Sendo assim, a reciclagem mecânica fornece uma ótima alternativa de valorização de materiais poliméricos desde que sejam conhecidas e respeitadas as limitações e potenciais desses materiais [6].

Os resíduos de plásticos industriais (denominados resíduos primários) são aqueles decorrentes das grandes empresas de produção e processamento de plástico, como também da indústria de embalagens. Tais resíduos são provenientes de empresas que fabricam peças para indústria de construção civil (por exemplo, tubos e acessórios de PVC, telhas e folhas), indústrias de elétricos e eletrônicos (por

\*E-mail: caio.henrique7@hotmail.com (C. H. Pereira)

exemplo, caixas de interruptores, bainhas de cabos, caixas de cassetes, telas de TV, etc.) e as indústrias automotivas de reposição de peças para os carros, como as pás do ventilador, revestimentos de bancos, recipientes de bateria e grades frontais [1].

Outro setor industrial que também gera resíduo é o setor de embalagens de rafia, que compõem a estrutura dos tecidos de big bags e são utilizadas para o embalamento de diversos produtos da economia mundial. Nos vários setores da cadeia produtiva, proporcionando a segurança e garantindo a integridade dos produtos. O principal atrativo dos big bags está no fato de seu reuso, ou seja, após o seu uso a embalagem não gera lixo, é reaproveitada para outros fins, como por exemplo: ensacar sementes para armazéns, embalar fertilizantes, ensacar insumos, minérios, entre outras aplicações, até ser descartado ao ser atingido seu limite de reuso. Sua principal característica é a resistência e durabilidade comparada a outras embalagens. Embalagens de rafia utilizam como matéria-prima principal o polipropileno (PP), resina que teve a sua introdução no mercado em 1954, tornando-se uma das mais importantes resinas termoplásticas da atualidade, sendo um dos termoplásticos mais vendidos no mundo [7-10].

De acordo com Martins, Suarez e Mano [8], os materiais descartados de alta qualidade despertam cada vez mais interesse para reciclagem. Os plásticos de embalagem alimentícia, assim como embalagens resistentes, peças descartadas de grandes dimensões provenientes de indústria automotiva, são exemplos desses materiais.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da reciclagem de resíduos de tecido de big bags, incorporando-os numa matriz de PP virgem através da análise das propriedades mecânicas. Os resíduos utilizados nesse trabalho são provenientes de uma empresa localizada na cidade de Campina Grande – PB; visa-se economia de matéria prima, além da contribuição para um meio mais sustentável.

## 2. Materiais e Método

### 2.1 Materiais

Como matriz polimérica foi utilizado o Polipropileno H 503, fabricado pela Braskem, o qual apresenta densidade de  $0,905 \text{ g/cm}^3$ , IF = 3,5 g/10 min ( $230^\circ\text{C}/2,16 \text{ kg}$ ). Já os resíduos de tecidos de big bag, na forma de fitas de rafia, foram fornecidos por uma empresa que fabrica big bags situada em Campina Grande - PB.

### 2.2 Preparação das amostras

Para obter uma granulometria adequada para o processamento, primeiramente, o resíduo proveniente dos tecidos de big bag foi colocado em um Homogeneizador de alta rotação, modelo MH-50H da marca MH Equipamentos, usando 25g de material por um período de aproximadamente 5 segundos e, em seguida, esse resíduo foi triturado em um moinho de facas obtendo a forma de grânulos.

Após isso, foram feitas misturas a frio, manualmente,

para promover uma maior homogeneização do resíduo nas proporções escolhidas: 10, 30 e 50% de resíduo de tecido de big bag, baseadas em práticas na indústria, sendo em seguida feita a extrusão dos mesmos.

O PP e as composições foram passados em uma extrusora dupla rosca corrotacional, interpenetrante, modular, com razão L/D de 40, modelo ZSK 18 mm, Werner-Pfleiderer da Coperion. Para todas as misturas, foram utilizadas as condições de processos com temperatura nas 7 zonas variando de  $185^\circ\text{C}$  a  $195^\circ\text{C}$ , com uma taxa de alimentação de 4 Kg/h e rotação da rosca de 250 rpm. O material obtido foi granulado logo após sua extrusão e seco em estufa a vácuo a  $80^\circ\text{C}$  por um período de 24h.

O material extrusado foi moldado por injeção na forma de corpos de prova de impacto, tração e HDT segundo as normas da ASTM D256, D638 (Tipo I) e D648, respectivamente. Para moldagem dos corpos de prova foi utilizada uma injetora Arburg, Modelo Allrounder 207C Golden Edition, operando a  $180^\circ\text{C}$  na primeira zona,  $190^\circ\text{C}$  na segunda e terceira zona,  $200^\circ\text{C}$  na quarta zona e  $210^\circ\text{C}$  na última zona de aquecimento, com molde na temperatura de  $20^\circ\text{C}$ . As misturas e o PP virgem foram submetidas às mesmas condições operacionais do processo de injeção.

## 2.3 Caracterização dos materiais

Os ensaios de tração foram realizados em um equipamento universal EMIC, modelo DL10000, usando uma célula de carga de 200 kgf, a velocidade de deformação de 50mm/min, operando em temperatura ambiente ( $\sim 23^\circ\text{C}$ ). Os resultados foram obtidos a partir de uma média de 6 corpos de prova ensaiados, para cada composição.

Os ensaios de resistência ao impacto IZOD foram realizados em corpos de prova entalhados, utilizando-se um equipamento Resil 5,5 da Ceast e pêndulo de 2,75 J, de acordo com a norma ASTM D 256, em temperatura ambiente ( $\sim 23^\circ\text{C}$ ). Os corpos de prova foram entalhados a  $2,54 \pm 0,1 \text{ mm}$  de profundidade antes de serem submetidos ao ensaio de impacto. Os resultados foram obtidos a partir de uma média de 6 corpos de prova ensaiados, para cada composição.

A temperatura de deflexão térmica (HDT) foi obtida em um equipamento Ceast, modelo HDT 6 VICAT, com uma tensão de 455 KPa, taxa de aquecimento de  $120^\circ\text{C/h}$  (método A), onde o meio de imersão foi um óleo de silicone. A temperatura foi determinada após a amostra ter defletido 0,25 mm. Os resultados foram obtidos a partir de uma média de 3 corpos de prova ensaiados, para cada composição.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Ensaio de Resistência ao Impacto

Os resultados de resistência ao impacto Izod, com entalhe, do PP puro e dos compostos com teores de 10, 30 e 50% de resíduo de tecido de big bag estão apresentados na Figura 1.

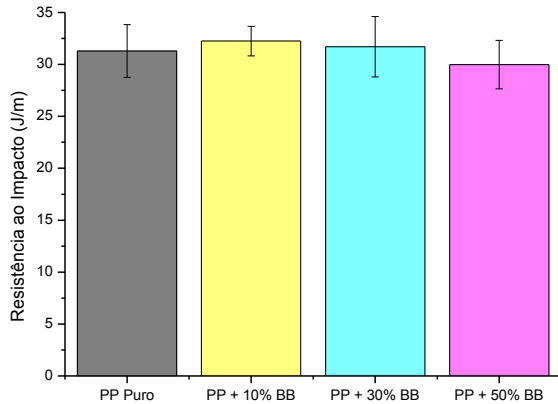


Figura 1 – Resistência ao Impacto do PP Puro e seus compostos com teores de tecido de big bag com 10, 30 e 50%.

Observa-se que os valores de resistência ao impacto dos compostos com material reciclado se mantiveram próximos quando comparados com o PP puro. Analisando os resultados e, considerando o desvio padrão, estes se mantiveram dentro da mesma faixa, sendo que a composição com 10% de resíduo apresentou um aumento mais acentuado da resistência. Como já esperado, o composto com teor de 50% de reciclado apresentou uma pequena diminuição para o valor de resistência ao impacto, mostrando uma maior fragilidade na amostra, em função da maior quantidade de reciclado.

É possível associar a resistência ao impacto com mecanismos de absorção de energia, nos dados apresentados na Figura 1. A composição com 10% de resíduo de big bag possivelmente apresenta maior capacidade de absorção de energia. Um resultado interessante nesse trabalho, conforme mostrado na Figura 2, é o fato da composição com 10% de big bag ter apresentado um aumento no módulo de elasticidade, ou seja, um aumento na rigidez. Embora, esteja se usando um material reciclado este se apresenta com boa procedência e pode ser reutilizado. Resultados semelhantes foram obtidos na literatura [6, 8, 10].

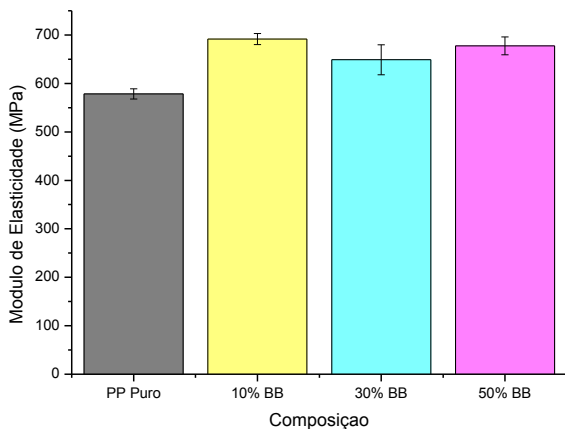


Figura 2 – Módulo de elasticidade do PP puro e seus compostos com teores de tecido de big bag com 10, 30 e 50%.

### 3.2 Ensaio de Resistência Mecânica sob Tração

A Figura 3 ilustra a resistência à tração que não sofreu alteração com a adição do resíduo, até mesmo com a incorporação de 50% do material reciclado proveniente dos resíduos de tecido de big bag, o que retrata um bom resultado.

Observa-se na Figura 2, que quando se incorpora o material reciclado há um aumento, em geral, no módulo de elasticidade para os compostos em comparação ao polímero puro, sendo mais acentuado o valor para o composto com 10% de resíduo de tecido de big bag, cerca de 16% maior que o polímero puro. A partir desse resultado, pode-se compreender que este aumento no módulo de elasticidade, possivelmente, está associado à presença de cargas que atuaram reforçando a rigidez do material, como também reportado por Jafelice [10] em compósitos com PP reciclado e fibra de coco.

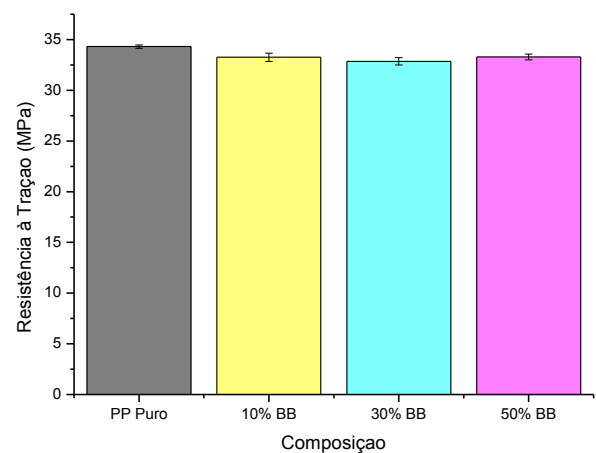


Figura 3 – Resistência à tração do PP puro e seus compostos com teores de tecido de big bag com 10, 30 e 50%.

Na Figura 4, verifica-se que à medida que se aumenta o teor de material reciclado na matriz de polipropileno, há uma diminuição do alongamento na ruptura, em média de 15% menor que o polipropileno puro. Este comportamento confirma o que foi observado para o módulo de elasticidade, que possivelmente a presença das cargas no material reciclado aumentou a rigidez do mesmo.

Os resultados obtidos no ensaio de tração e impacto ilustram que a incorporação dos resíduos de tecido de big bag numa matriz polimérica virgem, apresenta valores interessantes e que estes podem ser considerados viáveis para serem utilizados na formulação de produtos. Tais valores próximos aos do polímero virgem podem implicar numa economia de matéria prima, de acordo com a utilização desejada do material obtido.

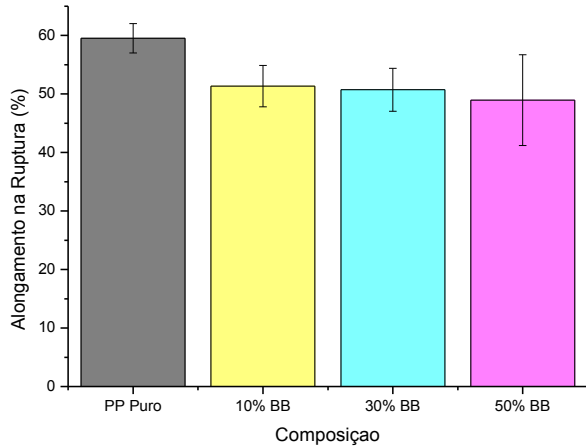


Figura 4 – Alongamento na ruptura do PP puro e seus compostos com teores de tecido de big bag com 10, 30 e 50%.

### 3.3 Temperatura de Deflexão Térmica (HDT)

No intuito de avaliar as propriedades termomecânicas do PP puro como também dos compostos de PP com 10, 30 e 50% de resíduos de tecido de big bag, foi avaliada a temperatura de deflexão térmica, cujos resultados estão apresentados na Figura 5.

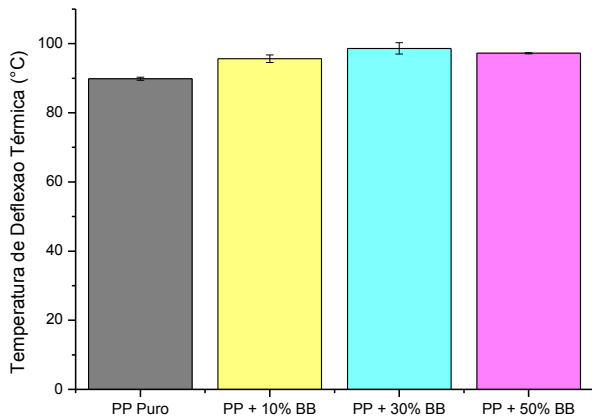


Figura 5 – HDT do PP Puro e seus compostos com teores de tecido de big bag com 10, 30 e 50%.

Nota-se que a presença de material reciclado conduziu a um aumento na temperatura de deflexão térmica, de 89°C do PP puro para 95°C para o composto com 10% de reciclado. É possível observar também que à medida que se aumentou o teor de tecido de big bag houve uma elevação na temperatura de deflexão térmica, algo em torno de 10% maior, para a composição de PP com 30% de resíduo de tecido de big bag.

Este aumento na temperatura de deflexão térmica pode estar relacionado a um aumento na rigidez do material, conforme observado para o módulo de elasticidade, visto que se necessita de uma maior energia para movimentar as cadeias

poliméricas. Logo, por se tratar da incorporação de um material reciclado, possivelmente, a presença de aditivos como as cargas, incorporados no processo de obtenção do tecido de big bag, tenha contribuído para tal rigidez do material.

### Conclusões

Compostos de polipropileno com resíduos de tecido de big bag foram obtidos e suas propriedades mecânicas avaliadas. A resistência ao impacto dos compostos se mantiveram próximas a do PP puro, com variações mínimas e considerando o desvio padrão. A composição com 10 e 30% de resíduo de tecido de big bag apresentou um leve aumento na resistência ao impacto do PP, enquanto que a incorporação de 50% reduziu esta propriedade. A resistência mecânica à tração se manteve a mesma. O módulo de elasticidade aumentou com a incorporação dos resíduos de tecido de big bag, onde o composto com teor de 10% de resíduo obteve um aumento de 16% em comparação ao PP puro. O alongamento na ruptura diminuiu à medida que se aumentou o teor de resíduos de tecido de big bag. Em média houve uma perda de 15% no alongamento. Na análise termomecânica, observou-se um aumento de 10% na HDT para os compostos com 30% de resíduo. Através dos resultados obtidos, verifica-se que os resíduos de big bag podem ser utilizados com sucesso nas composições com PP, nos teores de 10 a 30%, para a produção de novos produtos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Labmat (Laboratório de Engenharia de Materiais/CCT/UFMG) pelos experimentos realizados, ao CNPq, ao MCTI/CNPq e à CAPES/PNPD, pelo apoio financeiro.

### Referências

- [1] Oliveira, A. A. Comportamento Mecânico e Térmico de Misturas de Polipropileno Virgem e Reprocessados por Múltiplas Extrusões. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa – PR. 2016.
- [2] Holguin, I. C. C. Estudo e Comportamento do PP e PET Reciclados Submetidos a Intempéries e suas Possíveis Aplicações. Tese de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília – DF. 2015.
- [3] Forlin, F. J., Faria, J. A. F. Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 12 (1), 1-10, 2002.
- [4] Fernandes, B. L. E., & Domingues, A. J. Caracterização mecânica de polipropileno reciclado para a indústria automotiva. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 17(2), 85-87. 2007.
- [5] Strapasson, R. Valorização do polipropileno através de sua mistura e reciclagem. Dissertação de Mestrado.

Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

- [6] Spadetti, C., Filho, E. A. S., Sena, G. L., Melo, C. V. P. Propriedades Térmicas e Mecânicas dos Compósitos de Polipropileno Pós-Consumo Reforçados com Fibras de Celulose. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 27, 84-90, 2017.
- [7] Holzschuh, G. G. Controle de Qualidade na Indústria de Ráfia Padronização e Otimização dos Processos. Tese de Doutorado. Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul – RS, Brasil, 2009.
- [8] Martins, A. F., Suarez, J. C. M., Mano E. B. Produtos Poliolefinicos Reciclados com Desempenho Superior aos Materiais Virgens Correspondentes. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. Out/Dez. 1999.
- [9] Machado, J. C. V., Reologia e Escoamento de Fluidos: ênfase na industria do petróleo, 1. ed. – Engenharia Novo: Editora Inter-ciencia, 2002.
- [10] Jafelice, D. A. Caracterização de Compósitos de Polipropileno Reciclado e Fibra de Coco. Dissertação de Mestrado. Universidade Presbiteriana de Mackenzie. São Paulo, 2013.