

# ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TERMOMECÂNICO, TÉRMICO E MECÂNICO DE BLENDS DE PA6/RESÍDUOS DE BORRACHA

Carlos Bruno Barreto Luna, Universidade Federal de Campina Grande – E-mail:

brunobarretodemaufcg@hotmail.com

Divânia Ferreira da Silva, Universidade Federal de Campina Grande – E-mail: divaniaf@yahoo.com.br

Edcleide Maria Araújo, Universidade Federal de Campina Grande – E-mail: edcleide@dema.ufcg.edu.br

**Resumo:** Na produção de novos materiais poliméricos com aplicação comercial e utilidade prática, é comum a utilização de misturas de dois ou mais polímeros. Misturas com borracha são frequentemente usadas para melhorar as propriedades, o processamento e/ou reduzir custos. Portanto, este trabalho teve o objetivo de desenvolver blends de poliamida 6/resíduo de borracha reciclada (SBRr), com adição de um agente compatibilizante. As blends, inicialmente foram preparadas em uma extrusora de rosca dupla corrotacional e, posteriormente, os grânulos extrusados foram moldados por injeção. As blends de PA6/SBRr e PA6/SBRr/compatibilizante foram analisadas por meio de ensaios de temperatura de deflexão térmica (HDT), análise térmica dinâmico-mecânica (DMTA), calorimetria exploratória diferencial (DSC) e mecânico (impacto). Foi evidenciado que a resistência ao impacto e a temperatura de deflexão térmica das blends reduziram pouco quando comparadas com a poliamida 6. No ensaio de DMTA as blends binárias e ternárias houve deslocamento dos picos para aproximadamente  $-10^{\circ}\text{C}$  e o deslocamento da relaxação  $\alpha$  da PA6 para valores maiores. Para a DSC em todas as curvas observa-se a presença dos picos da temperatura de cristalização da PA6 tanto para as blends binárias quanto para as ternárias.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento, resíduos de borrachas, blends poliméricas, Poliamida 6.

## ANALYSIS OF BEHAVIOR THERMOMECHANICAL, THERMAL AND MECHANICAL RUBBER BLENDS PA6/RESÍDUOS

**Abstract:** In the production of novel polymeric materials with commercial application and practical use, it is common to use mixtures of two or more polymers. Rubber mixtures are often used to improve the properties, processing and / or reduce costs. Therefore, this study aimed to develop blends of polyamide 6/residue recycled rubber (SBRr), with the addition of a coupling agent. The blends were initially prepared in a twin screw extruder corrotacional and subsequently, the extruded pellets were injection molded. The blends of PA6/SBRr and PA6/SBRr/compatibilizante were analyzed by tests of heat deflection temperature (HDT), dynamic mechanical thermal analysis (DMTA), differential scanning calorimetry (DSC) and mechanical (impact). It was shown that the impact strength and heat deflection temperature of the blends somewhat reduced when compared to polyamide 6. In DMTA test binary and ternary blends was no shift of the peaks to approximately  $-10^{\circ}\text{C}$  and the displacement of the  $\alpha$  relaxation of PA6 for larger values. For all DSC curves in the presence of the peaks of crystallization temperature of PA6 both for the binary and for the ternary blends is observed.

**Keywords:** Reuse, rubber wastes, polymer blends, polyamide 6.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a proteção do meio ambiente tornou-se um sinal de qualidade de vida. A qualidade do meio ambiente passa, particularmente, pela recuperação dos produtos usados, sua reutilização e reciclagem, antes deles começarem a poluir a paisagem (Gobbi, 2002). Os materiais plásticos são considerados os principais agressores do meio ambiente, pois a demanda de artefatos poliméricos vem crescendo consideravelmente, desde as décadas passadas até os dias atuais. Isto pode ser atribuído ao baixo custo, excelente versatilidade de aplicações e desempenho. No entanto, como os materiais poliméricos não se decompõem facilmente, a deposição destes resíduos constitui um sério problema ambiental (Araújo, 2011).

O reaproveitamento dos polímeros termofixos e das borrachas, é dificultado pelo fato destes materiais possuírem composição muito complexa e heterogênea bem como apresentarem estrutura reticulada, o que torna o material infusível, dificultando ou até mesmo impedindo o seu reprocessamento (Silva, 2011). A busca de novos materiais com propriedades específicas a cada aplicação e comercialmente viáveis tem despertado grande interesse de pesquisadores (Passador et al. 2006). Um considerável investimento em pesquisa tem sido feito com o objetivo de se obter novos materiais poliméricos. O desenvolvimento de misturas de dois ou mais polímeros teve grande impulso nas últimas duas décadas (Werlang et al. 1998). O reaproveitamento de resíduos plásticos sejam eles termoplásticos, termofixos ou elastoméricos, tem sido bastante explorado através de misturas com polímeros virgens, cargas e outros aditivos para gerar compostos utilizados em diversas aplicações (Schuster, 1993).

A mistura de polímeros mais conhecidamente como blendas poliméricas é uma das estratégias de desenvolvimento de novos materiais com propriedades diferentes daquelas dos polímeros puros, além de apresentar baixo custo, quando comparado à síntese de novos polímeros (Nascimento et al. 2013). As blendas poliméricas têm se mostrado uma excelente alternativa, uma vez que as propriedades físicas e químicas podem ser alteradas possibilitando a obtenção de materiais poliméricos para uma ampla gama de aplicações (Passador et al. 2006). Uma das maneiras de se reaproveitar os resíduos de borrachas é através de misturas com termoplásticos. Nestes casos, os resíduos infusíveis dispersam-se na matriz termoplástica durante o processamento, atuando como cargas flexíveis (Oliveira, 2009).

A poliamida 6 (PA6) é um polímero termoplástico semicristalino que apresenta boa resistência química em relação aos meios orgânicos, baixa viscosidade no estado fundido e é muito atrativo para aplicações de engenharia. No entanto, a sua sensibilidade à propagação de trincas, alta absorção de umidade, estabilidade dimensional pobre, temperatura de deflexão térmica relativamente baixa e fragilidade em temperatura subambiente tornam seu uso restrito a algumas aplicações (Araújo et al. 2004). A incorporação de uma fase elastomérica apropriada tem sido o método mais eficiente na tenacificação de poliamidas (Júnior, 1999).

O copolímero de estireno-butadieno (SBR) é um elastômero que possui propriedades como razoável resistência ao envelhecimento, boa resistência à abrasão, boa resistência à água do mar. Como a borracha natural (NR), SBR é um polímero de hidrocarbonetos insaturados (Silva et al. 2012). A maioria das blendas PA6/elastômeros é imiscível, ou seja, existe segregação de fases. Uma vez que existe uma grande diferença de polaridade entre a poliamida e a maioria das borrachas, boa dispersão da fase elastomérica pode ser obtida após modificação da interface (Júnior, 1999). Estas blendas poliméricas imiscíveis são consideradas incompatíveis e, nestes casos, é necessária a adição de um agente compatibilizante para melhorar a interação entre as fases e tornar a blenda compatível em seu estado de mistura (Laurindo, 2012).

Blendas imiscíveis apresentam alta tensão interfacial e fraca adesão entre a matriz e a fase dispersa. A adição de pequenas quantidades de um terceiro componente à blenda imiscível pode alterar a energia interfacial e a dispersão entre as fases, atuando como um agente compatibilizante. Os agentes compatibilizantes geralmente são copolímeros em bloco ou enxertados e podem provocar um decréscimo no tamanho da fase dispersa e modificar a tenacidade do material em relação ao termoplástico (Barra et al. 2003).

O presente trabalho tem como objetivo reaproveitar os resíduos de borrachas advinda da indústria de calçados e analisar o comportamento térmico, termomecânico e mecânico de blendas de PA6/resíduo de borracha sem e com o compatibilizante polietileno com 1% em peso de anidrido maleico (PE-g-MA).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. MATERIAIS**

#### **Matriz Polimérica**

Foi utilizada uma poliamida 6 (PA6), Technil C216 de média massa molar (10.500 g/mol), índice de viscosidade IV= 134ml/g, na forma de grânulos, fornecida pela Rhodia/SP.

#### **Fase Dispersa**

Foi utilizado resíduo de borracha (SBRr), proveniente da indústria de calçados São Paulo Alpargatas S.A (Sandálias Havaianas) da região de Campina Grande/PB. Este composto é constituído de uma mistura complexa de SBR (copolímero de estireno-butadieno), cargas, aditivos de processamento, agentes de cura e estabilizantes.

#### **Compatibilizante**

Foi utilizado o polietileno (PE-g-MA), Polybond 3009, com índice de fluidez 5g/10min e enxertado com 1% em peso de anidrido maleico fornecido pela Crompton/SP.

### **2.2. MÉTODO**

#### **Preparação das blendas**

Antes de cada etapa de processamento a PA6 e o compatibilizante foram secos em estufa a vácuo a 80°C, por 48 horas. As blendas binárias PA6/SBRr foram preparadas nas proporções em peso 90/10 e 80/20% e as misturas ternárias PA6/SBRr/PE-g-MA nas proporções em peso 87,5/7,5/5 e 77,5/17,5/5%. A fase dispersa das blendas foi passada numa peneira ABNT N° 35 (425 µm). As blendas foram processadas em uma extrusora dupla rosca corrotacional da Coperion ZSK 18 mm com temperatura de 240°C em todas as zonas, velocidade de 300 rpm e taxa de alimentação de 4kg/h. A poliamida 6 pura foi extrudada nas mesmas condições das blendas.

A PA6, as blendas binárias e ternárias extrudadas foram moldadas por injeção na forma de corpos de prova para ensaios de impacto Izod (ASTM D256), HDT (ASTM D648) e DMTA (corpos de prova tipo Izod ASTM D256), numa injetora modelo Fluidmec 30/40 com temperatura de injeção de 240°C, temperatura do molde de 40°C e ciclo do molde de 25s. Após a injeção, os corpos de prova foram mantidos em um dessecador por pelo menos 48 horas para a determinação de suas propriedades mecânicas.

#### **Caracterização Termomecânica, Térmica e Mecânica**

##### **Ensaio de Temperatura de Deflexão Térmica (HDT)**

A temperatura de deflexão térmica (HDT) foi obtida, conforme a norma ASTM D648, em um equipamento Ceast, modelo HDT 6 VICAT, com uma tensão de 1,82 MPa, taxa de aquecimento de 120°C/h (método A). A temperatura foi determinada após a amostra ter defletido 0,25 mm. Uma série de 6 amostras foi ensaiada e a temperatura de deflexão térmica medida.

##### **Análise térmica dinâmico-mecânica (DMTA)**

A análise térmica dinâmico-mecânica (DMTA) foi realizada em um equipamento de DMTA da marca TA Instruments Explorer, modelo Q 800. O modo de solicitação dinâmico-mecânico utilizado foi o de flexão em um ponto. Foi utilizados corpos de prova tipo Izod do

mesmo tipo do ensaio de impacto (norma ASTM D256). A taxa de aquecimento utilizada foi de 10°C/min e frequência de 1 Hz, na faixa de temperatura de -100 a 150°C. Os resultados foram analisados com uma média de 6 corpos de prova.

### Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

A análise térmica de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foi realizada em aparelho DSC Q20 da TA Instruments sob as seguintes condições: aquecimento da temperatura ambiente até 300°C, a uma taxa de aquecimento de 10°C/min, sob atmosfera de nitrogênio. A quantidade de amostra empregada foi de 5 mg.

### Ensaio sob impacto

O ensaio sob impacto Izod foi realizado em corpos de prova entalhados segundo a norma ASTM D256, em um aparelho da marca Ceast modelo Resil 5.5, operando com martelo de 2,75 J e os resultados analisados em uma média de 8 corpos de prova.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Ensaio de Temperatura de Deflexão Térmica (HDT)

O teste de HDT mede o efeito da temperatura sob uma tensão aplicada em uma área definida e a temperatura é então conduzida a uma taxa constante. Quando o corpo de prova atinge uma deflexão de 0,25mm, é registrada a temperatura de deflexão térmica. A amostra a ser ensaiada é aquecida num banho de óleo de silicone (Ulloa, 2007).

O ensaio de temperatura de deflexão térmica é de fundamental importância em polímeros, pois pode-se determinar uma temperatura máxima de trabalho para um dado polímero, acima da qual o mesmo possivelmente não conseguirá desempenhar as suas funções para a qual foi projetado. Este ensaio é comumente realizado na indústria automotiva, onde peças em contato com o motor podem atingir uma temperatura próxima de 100°C e o interior de um veículo pode chegar a atingir temperaturas próximas dos 60°C (Miguel, 2010).

A Figura 1 apresenta os dados obtidos para a temperatura de deflexão térmica da PA6 e das blendas binárias e ternárias.

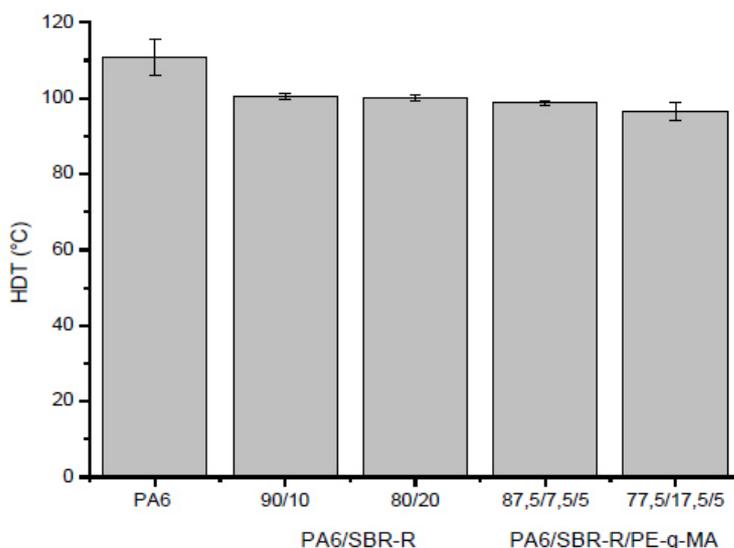


Figura 1. Temperatura de deflexão térmica da PA6, das blendas binárias e ternárias.

Verifica-se na Figura 1 que o valor máximo para a HDT foi de 110°C para a PA6 e o menor valor de 99°C para a blenda ternária PA6/SBRr/PE-g-MA (77,5/17,5/5%). Observa-se que a HDT das blendas compatibilizadas e sem compatibilizante reduziram pouco em comparação a PA6. Os valores observados nestas blendas são muito interessantes do ponto de vista tecnológico para aplicações industriais, uma vez que estão próximas da PA6, ou seja, não houve uma grande perda da HDT.

A temperatura de deflexão térmica não sofre influência com a variação da maioria das variáveis, mas somente com o aumento do teor de borracha (Grassi e Forte, 2001). Observa-se na Figura 1 que à medida que aumenta o teor de borracha nas blendas binárias e ternárias decai a HDT de forma moderada, ou seja, uma queda quase desprezível. A blenda binária na proporção 90/10% obteve o resultado mais expressivo. As características mais importantes no desempenho de uma blenda sob temperatura de deflexão térmica são a contribuição individual dos componentes e a morfologia gerada pelas fases nas blendas. Geralmente, a fase contínua numa morfologia de fases proporciona maior contribuição a HDT da blenda polimérica. A fase contínua, na maioria das vezes, é a própria matriz da blenda (Ferreira et al. 1997). Então, provavelmente a PA6 como a matriz das blendas processadas contribuiu mais significativamente na temperatura de deflexão térmica do que o SBRr nesta blenda 90/10%.

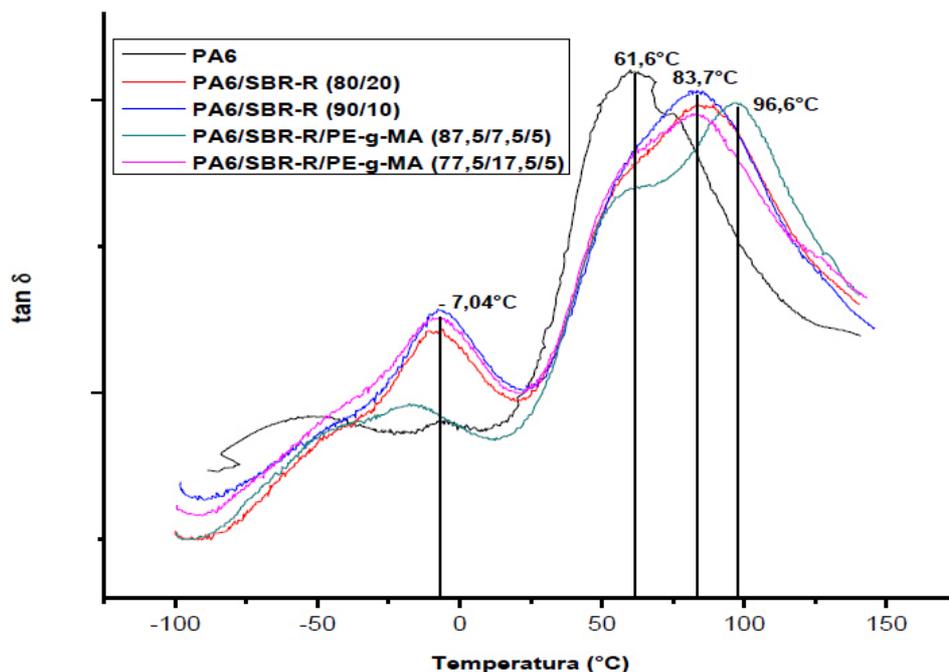
### 3.2. Análise térmica dinâmico-mecânica (DMTA)

Ensaio dinâmico-mecânico utiliza métodos que compreendem a variação da temperatura e/ou da frequência medindo-se a quantidade de energia armazenada (módulo de armazenamento) e a quantidade de energia dissipada (módulo de perda) na forma de calor pelo material. A razão entre os módulos de armazenamento e perda, denominada tangente de delta ( $\tan\delta$ ), permite avaliar a diferença entre o componente elástico e viscoso do material. O módulo de armazenamento corresponde à resposta elástica, sendo que quanto mais rígido for o material, maior será seu módulo de armazenamento. O módulo de perda corresponde à resposta viscosa, de maneira que quanto mais flexível maior o módulo de perda do material, e maior sua capacidade de dissipar energia mecânica (Fiegenbaum, 2007).

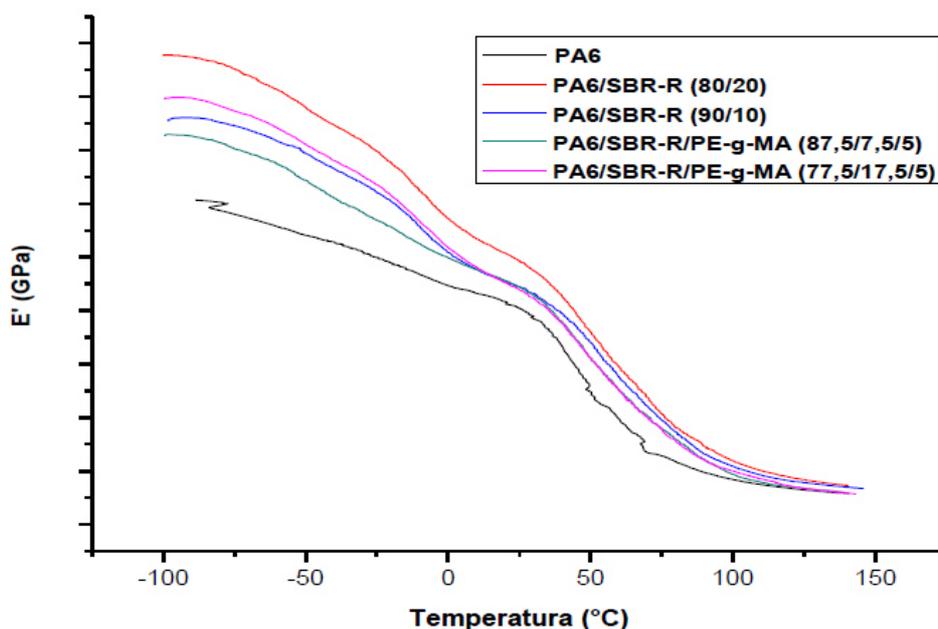
Por meio da análise térmica dinâmico-mecânica (DMTA), podem-se estimar mudanças de relaxações moleculares que ocorrem em materiais poliméricos em uma ampla faixa de temperatura. O conhecimento dessas mudanças permite relacionar parâmetros moleculares e propriedades mecânicas de polímeros.

Na Figura 2 (a) e 2 (b) são mostrados os valores de  $\tan\delta$  e do módulo de armazenamento ( $E'$ ), da PA6 e das blendas binárias e ternárias com 5% em peso de PE-g-MA em função da temperatura, respectivamente. Observa-se que a PA6 apresenta dois picos em aproximadamente -7°C e 61°C. A primeira transição pode estar relacionada à relaxação  $\beta$  e a outra seria a própria  $T_g$ , atribuída à relaxação  $\alpha$ . Para as blendas binárias e ternárias houve o deslocamento dos picos para aproximadamente -10°C e o deslocamento da relaxação  $\alpha$  da PA6 para valores maiores.

Na Figura 2 (b) observa-se que a altura do patamar do pico de módulo de armazenamento observado depois do pico da  $T_g$  da PA6, que apareceu a 25°C, pode ser relacionada ao módulo elástico da blenda, ou seja, quanto mais alto, maior é a energia armazenada e maior o módulo elástico do material. Logo, à medida que a quantidade de borracha foi aumentada, maior a altura desse patamar e intensidade dos picos e maior o módulo elástico.



(a)



(b)

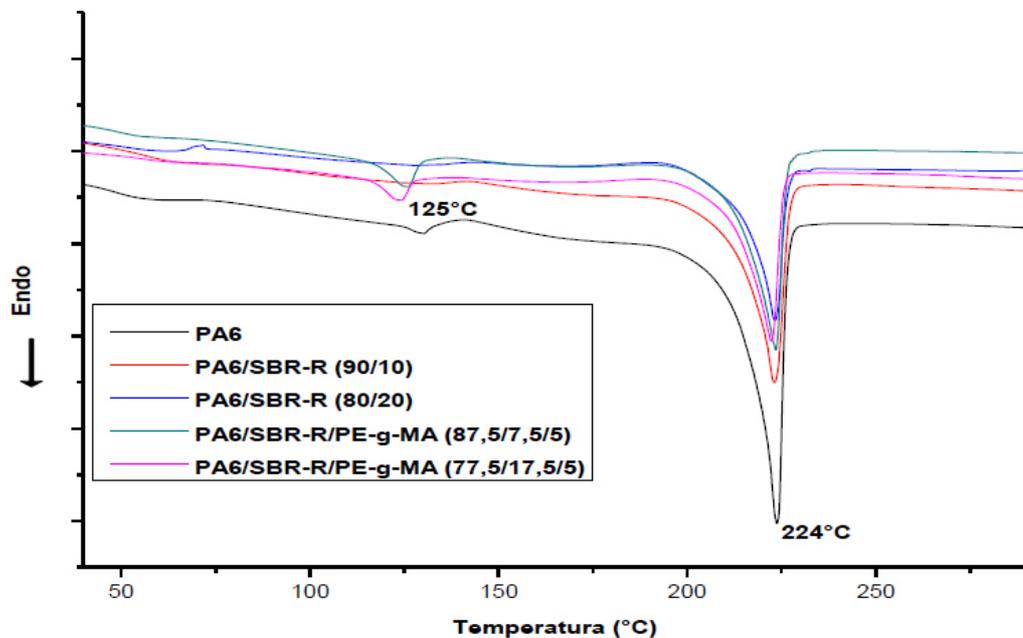
**Figura 2.** Curvas de  $\tan\delta$  e do  $E'$  em função da temperatura para a PA6 e as blendas binárias (PA6/SBR-R) e ternárias (PA6/SBR-R/PE-g-MA).

### 3.3. Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

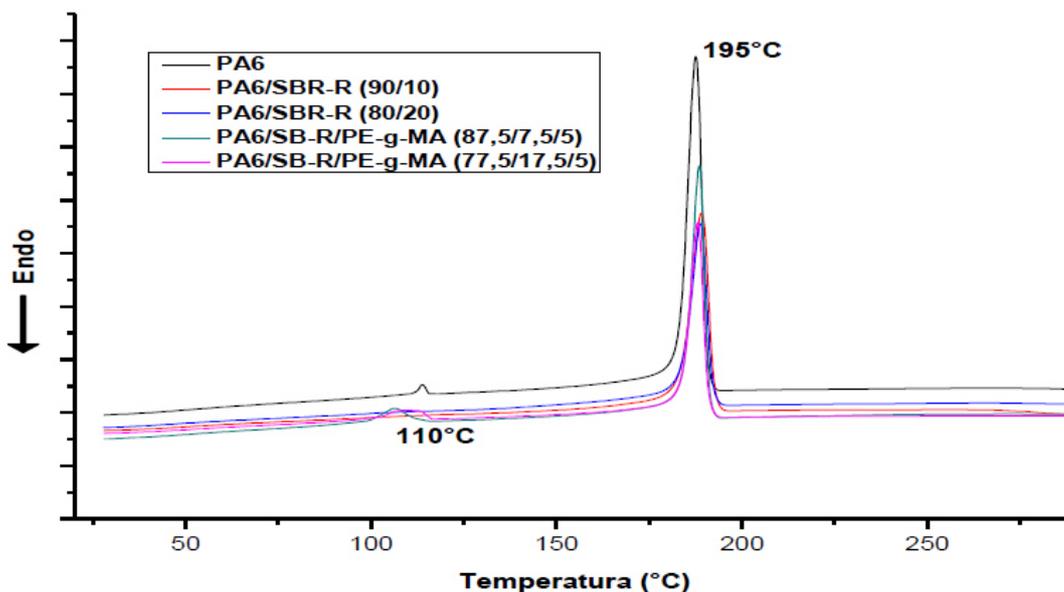
Na Figura 3 (a) aquecimento e (b) resfriamento estão apresentadas as curvas DSC da PA6 e das blendas de PA6/SBRr com 10 e 20% em peso de SBRr e ternárias com 5% em peso do compatibilizante PE-g-MA. Observa-se que a PA6 apresenta temperatura de fusão ( $T_m$ ) a aproximadamente 224°C, e inicia sua cristalização em aproximadamente 195°C. A entalpia de

fusão ( $\Delta H_m$ ) para a PA6 é aproximadamente 191 J/g. Nas blendas ternárias observam-se picos de fusão e de cristalização referentes ao agente compatibilizante PE-g-MA, onde a temperatura de fusão cristalina ( $T_m$ ) é de aproximadamente 125°C e a temperatura de cristalização ( $T_c$ ) é de aproximadamente 110°C.

Em todas as curvas observa-se a presença dos picos da temperatura de cristalização da PA6 tanto nas blendas binárias e ternárias indicando que o compatibilizante não influenciou diretamente a cristalinidade da PA6.



(a)



(b)

Figura 3. Curvas DSC da PA6 e das blendas binárias e ternárias: a) aquecimento; b) resfriamento.

### 3.3. Resistência ao impacto

O ensaio sob impacto mede a resistência à deformação sob impacto dos polímeros ou blendas poliméricas a cargas impostas sob alta velocidade. Através desse ensaio o comportamento dúctil-frágil dos materiais poliméricos pode ser analisado. A resistência ao impacto é a capacidade de absorção de energia mecânica ou a capacidade de conversão de energia mecânica em outras formas de energia, antes da fratura completa de um material (Libio, 2011).

A Tabela 1 encontram-se os resultados da propriedade mecânica de resistência ao impacto da PA6, das blendas binárias e ternárias com 5% em peso de PE-g-MA.

**Tabela 1:** Propriedades mecânicas da PA6 e das blendas binárias e ternárias.

Composições	Tenacidade (J)*	RI (J/m)
PA6	94,1±4,1	51,9±11,8
PA6/SBRr 90/10 %	26,5±11,2	41,2±3,6
PA6/SBRr 80/20 %	14,9±5,2	35,9±6,1
PA6/SBRr/PE-g-MA (87,5/7,5/5%)	32,3±5,4	48,0±6,7
PA6/SBRr/PE-g-MA (77,5/17,5/5%)	18,4±8,1	40,1±4,4

RI=Resistência ao impacto; \*Calculada pela área sob a curva de tensão x deformação.

Na Tabela 1 nota-se que a resistência ao impacto tanto para as blendas binárias e ternárias diminui em relação a PA6 pura. A redução na resistência ao impacto para as blendas binárias e ternárias deve-se provavelmente a fraca adesão entre as fases. Porém nota-se que a blendas compatibilizadas PA6/SBRr/PE-g-MA (87,5/7,5/5%) apresentou o melhor resultado entre as blendas processadas. Possivelmente o anidrido maleico favoreceu a formação do copolímero na interface desta blenda, diminuindo a tensão interfacial e aumentando a adesão entre os domínios e a matriz na blenda polimérica (Barra et al. 2003).

Entretanto, quando se considera que a incorporação de um material reciclado, com ligações cruzadas em teores de até 20% em peso na PA6, esta redução é aceitável já que não compromete significativamente as propriedades e contribui para a redução de custo do composto final.

## 4. CONCLUSÕES

A resistência ao impacto e a temperatura de deflexão térmica das blendas compatibilizadas reduziram pouco quando comparadas com a poliamida 6. Já a resistência ao impacto das blendas compatibilizadas aumentou em relação às não compatibilizadas. A adição do agente compatibilizante não foi suficiente para apresentar diferenças significativas nas propriedades termomecânica e mecânica em relação à poliamida pura. Mesmo assim, as blendas de PA6/resíduo de borracha reciclada são uma boa alternativa para o reaproveitamento dos resíduos de SBRr, resultando num novo material com propriedades específicas. Além disso, pode minimizar o efeito nocivo do SBRr sobre o meio ambiente e agregar valor a um material descartado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo do doutorado e PIBIC e a São Paulo Alparagatas/PB pelo fornecimento das matérias primas

## REFERÊNCIAS

GOBBI, A. J. D. **Reaproveitamento de Pneus Inservíveis Como Fonte de Energia e Matéria-Prima**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

ARAÚJO, S.S. **Estudo das Alternativas Tecnológicas de Reaproveitamento e Reutilização de Pneus Provenientes de Descarte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais e Metalúrgica), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

SILVA, D. F. **Desenvolvimento de Blendas de Poliamida 6/Composto de Borracha Reciclada**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

PASSADOR, F. R.; PESSAN, L. A.; JÚNIOR, A. R. Estado de Mistura e Dispersão da Fase Borrachosa em Blendas PVC/NBR. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 174-181, 2006.

WERLANG, M. M.; ARAÚJO, M. A.; NUNES, S. P.; YOSHIDA, I. V. P. Miscibilidade de Blendas de Poliestireno com Polímeros de Silício. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 3, p. 77-81, 1998.

SCHUSTER, R. H. "Recycling of Rubber: Problems and Strategies". **Anais do 11º Congresso Brasileiro de Polímeros**, v. 2, p. 1135-1143, São Paulo, 1993.

NASCIMENTO, W. A.; LIMA, J. C. C.; AGRAWAL, P.; LIRA, H. L.; MÉLO, T.J. A. Blendas de PP/PA6: Efeito da Concentração de PA6 e Compatibilizantes Reativos nas Propriedades Mecânicas, Térmicas e Morfológicas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 8, n. 3, p. 155-162, 2013.

OLIVEIRA A. D. **Dispersão seletiva de argila montmorilonita em blendas poliméricas de PA6/ABS**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

ARAÚJO, E. M.; JÚNIOR, E.H.; CARVALHO, A. J. F. Compatibilização de Blendas de Poliamida 6/ ABS Usando os Copolímeros Acrílicos Reativos MMA-GMA e MMA-MA. Parte 2: Comportamento Termomecânico e Morfologia das Blendas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 22-30, 2004.

JÚNIOR, E. C. **Propriedades Mecânicas e Térmicas, Morfologia e Reologia de Blendas de Poliamida 6 e Elastômero**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Desenvolvimento de blendas de poliamida 6/composto de borracha reciclada (SBRr). **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 7, n. 2, p. 104-110, 2012.

LAURINDO, V. **Desenvolvimento de blendas poliméricas policarbonato/poli (Tereftalato de Butileno) (PC/PBT) compatibilizadas e nanoestruturadas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

BARRA, G. M. O.; ROEDER, J.; SOLDI, V.; PIRES, A. T. N.; AGNELLI, J. A. M. Blendas de Poliamida 6/Elastômero: Propriedades e Influência da Adição de Agente Compatibilizante. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 94-101, 2003.

ULLOA, M. E. P. **Estudo do Efeito da Radiação Ionizante em Compósitos de Polipropileno/Pó de Madeira Usando Titanato de Bário como Agente de Acoplagem**. Dissertação (Mestrado em Ciência em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2007.

MIGUEL, J. J. P. **Estudo Comparativo das Propriedades Térmicas e Mecânicas do Polipropileno Reforçado com Óxido de Zinco, Carbonato de Cálcio e Talco**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial), Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Salvador, 2010.

GRASSI, V. G.; FORTE, M. M. C. Aspectos Morfológicos e Relação Estrutura-Propriedades de Poliestireno de Alto Impacto. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 3, p.158-168, 2001.

FERREIRA, L. A. S.; PESSAN, L. A.; JÚNIOR, E. H. Comportamento Mecânico e Termo-Mecânico de Blendas Poliméricas PBT/ABS. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.19, n.3, p. 67-72, 1997.

FIEGENBAUM, F. **Estudo da Compatibilização das Blendas PP/PA6 e PA6/EPR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LIBIO, I. C. **Efeito de Agentes de Compatibilização em Blendas de PS/EPDM**. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.