

## **INFLUÊNCIA DO COPOLÍMERO TRIBLOCO PPG-*b*-PEG-*b*-PPG NA SEPARAÇÃO DE FASES NO EPÓXI**

Viviane Souza Borges<sup>1</sup>, Maria Luiza Paganini Maia<sup>2</sup>, Fernanda Ana Carraro Boaretto<sup>2</sup>, Marlene Bampi<sup>3</sup>,  
Bruna Louise Silva<sup>4</sup>, Marcia Bär Shuster<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Química-UDESC OESTE-bolsista PROIP/UDESC.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Química-UDESC OESTE.

<sup>3</sup> Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química-UDESC OESTE

<sup>4</sup> Pós-graduanda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - UFRN

<sup>5</sup> Orientadora, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química-UDESC OESTE –  
[marcia.schuster@udesc.br](mailto:marcia.schuster@udesc.br)

Palavras-chave: Blendas poliméricas; Matriz epoxídica; PPG-*b*-PEG-*b*-PPG.

Com o avanço das tecnologias, materiais com propriedades específicas são desejados. Quando a busca é por um material tenaz e de baixa densidade, alguns polímeros modificados podem suprir a demanda, como com a adição de copolímero em bloco numa matriz epoxídica. Esta mistura de uma fase macia pode resultar no aumento da tenacidade à fratura do polímero frágil.

Neste estudo foram utilizados como matriz a resina epóxi diglicidil éter bisfenol A descrita como DGEBA-D3415 e como fase macia o copolímero tribloco poli - (propileno - glicol) - bloco - poli - (etileno - glicol) - bloco - poli -(propileno-glicol) (PPG-*b*-PEG-*b*-PPG) com massa molecular de 2000 g mol<sup>-1</sup>, possuindo fração de PEG de 50 %(m/m) em seus blocos. O endurecedor utilizado foi o 4,4 diaminodifenilmetano descrito como DDM- 32950. Todos os materiais foram fornecidos pela empresa Sigma Aldrich.

As composições foram elaboradas através de agitação magnética por 10 minutos a 75 (±5) °C com 10, 20 e 30 %(m/m) de copolímero em bloco em relação a massa da matriz. O endurecedor foi adicionado e misturado durante 7 minutos e após as composições foram despejadas em moldes de silicone. O processo de cura foi realizado a 100 °C por 24 horas em estufa e posteriormente o processo de pós-cura realizado à 140 °C por 1 hora.

As propriedades térmicas foram avaliadas por calorimetria exploratória diferencial (DSC) (equipamento Maia-230/NETZSCH-UDESC/CCT) e a transparências das amostras comparadas através de fotografias. Os valores da temperatura de transição vítrea (T<sub>g</sub>) foram obtidos a partir dos pontos de inflexão das curvas do segundo aquecimento dos termogramas de DSC.

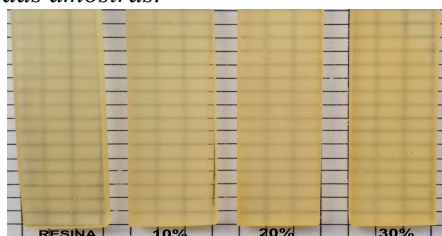
De acordo com a literatura, o valor para T<sub>g</sub> do epóxi DGBA puro é 180 °C e o copolímero tribloco puro tem a temperatura de cristalização de -28 °C (SILVA, 2018). Os blocos de PPG e PEG possuem valores de T<sub>g</sub> semelhantes, de modo que todo o copolímero em bloco, independentemente da sua razão ou conteúdo de cada bloco, mostra um único valor de T<sub>g</sub> (LARRAÑAGA et al., 2007). Estes valores apresentados foram adotados como base para comparação dos resultados deste trabalho.

A Figura 1 apresenta a fotografia das amostras, comparando cada composição com a matriz epóxi pura. É perceptível uma pequena diferença de coloração, porém relevante para a comparação da transparência de amostras, pois quanto menos transparente mais provável a ocorrência de separação de fase na blenda.

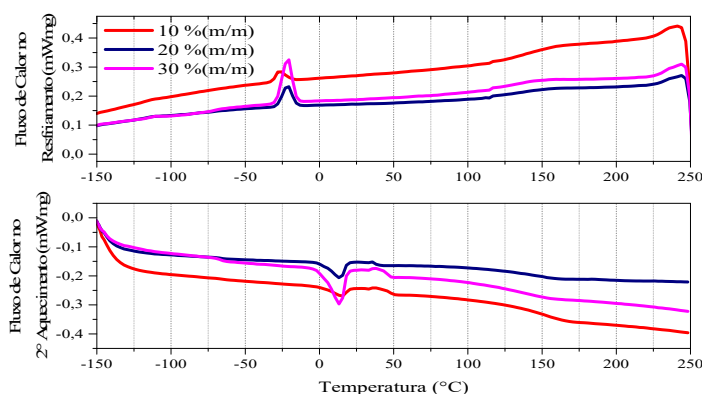
Os termogramas do segundo aquecimento e do resfriamento estão exibidos na Figura 2. Para a blenda com 10 %(m/m) de copolímero a temperatura observada é -26 °C para o pico de cristalização ( $T_c$ ), em 20 %(m/m) -21 °C, e em 30 %(m/m) -21 °C. As modificações da temperatura estão entrelaçadas com a miscibilidade das fases de cada amostra.

É visível um pico endotérmico, apresentado no ciclo de aquecimento, o qual é associado a uma transição de fase, conhecido como temperatura de fusão ( $T_m$ ) e relacionado ao copolímero, pois a matriz é termorrígida e não tem temperatura de fusão. O valor para todas as amostras foi de 13 °C, valor semelhante ao *datasheet* fornecido pela empresa Sigma Aldrich (ALDRICH, 2019). A presença do pico de fusão indica que o copolímero PPG-b-PEG-b-PPG mesmo em pouca quantidade na matriz termorrígida (10 %(m/m)) ainda apresenta as características originais.

**Fig. 1** Comparação da transparência das amostras.



**Fig. 2** Curvas do segundo aquecimento e do primeiro resfriamento de DSC das blendas.



Os valores da  $T_g$  referentes ao epóxi foram 151 °C, 151 °C e 138 °C para as blendas com 10, 20 e 30 %(m/m) de copolímero tribloco respectivamente, e as  $T_g$  referentes ao copolímero nas blendas foi -68 °C para estas composições. Conforme Larrañaga et al. (2007) a introdução de uma fase emborrachada dispersa provoca modificação ao reduzir a rigidez, a força e também a temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) do material curado. Segundo Quental et al. (2010) em blendas imiscíveis tem-se um sistema heterogêneo, ambos os componentes da blenda perdem parte de sua identidade e as propriedades finais representam uma média das propriedades de ambos os componentes da blenda.

Os resultados apontam efeitos na modificação acerca das temperaturas pelo copolímero sobre a matriz e vice-versa pela análise de DSC. Desta forma, os sistemas estudados neste trabalho têm características de blendas imiscíveis ou parcialmente miscíveis, o que será ainda estudado e complementado através de outros ensaios.

## REFERÊNCIA

- ALDRICH, Sigma. Product Specification. **Sigma Aldrich**. (2019). Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/435473?lang=pt&region=BR>. Acesso em: 02.08.2019.
- LARRAÑAGA, M. et al. Mechanical properties–morphology relationships in nano-/microstructured epoxy matrices modified with PEO–PPO–PEO block copolymers. **Polymer International**, v. 56, p. 1392-1403, 2007.
- QUENTAL, A.C. et al. Blends of PHB and its copolymers: miscibility and compatibility. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 438-446, 2010.
- SILVA, B. L. Efeitos da adição de copolímeros triblocos e nanopartículas de carbono nas propriedades de uma resina epóxi. 2018. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018.