

## INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DO COPOLÍMEROS TRIBLOCOS PEG-B-PPG-B- PEG NA DECOMPOSIÇÃO TERMOGRAVIMÉTRICA E TENACIDADE DE UMA BLENDA COM EPÓXI <sup>1</sup>

Lohana Vieira Bataglini<sup>2</sup>, Marcia Bär Schuster<sup>3</sup>, Luana Bettanin<sup>4</sup>, Marlene Bampi<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Sistemas Termorrígido Multicomponentes”

<sup>2</sup> Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Química – CEO – Voluntário PIVIC – [lobataglini@gmail.com](mailto:lobataglini@gmail.com)

<sup>3</sup> Orientador (a), Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – CEO

[marcia.schuster@udesc.br](mailto:marcia.schuster@udesc.br)

<sup>4</sup> Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química - CEO

As resinas epóxis representam um grupo de pré-polímeros amplamente conhecidos pela fácil aderência a outros materiais, estabilidade química e estrutura tridimensional termorrígida na presença de agentes de cura/reticulação, também chamados de endurecedores. Contudo, esse processo de reticulação das cadeias moleculares acaba por reduzir a mobilidade dos sistemas, conferindo-os a característica de fratura frágil. Dessa forma, a adição de copolímeros triblocos como uma fase macia em matriz epóxi, tem se apresentado como uma alternativa para aumentar a mobilidade das cadeias, e com isso melhorar o desempenho mecânico do epóxi, sem prejudicar simultaneamente outras propriedades, como a estabilidade térmica.

A partir disso, blendas poliméricas de matriz epóxi diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA) incorporadas com copolímero tribloco poli(etilenoglicol)/poli(propilenoglicol)/poli(etilenoglicol) (PEG-b-PPG-b-PEG) ~ 2000 g/mol nas concentrações 10, 20 e 30 % (m/m) foram desenvolvidas neste trabalho e submetidas a análise termogravimétrica (TGA) e tenacidade a fratura, visando avaliar como a adição de uma fase macia em uma matriz termorrígida, afeta a decomposição térmica (sob um programa controlado de aquecimento) e a tenacificação do sistema.

As amostras foram preparadas em regime de batelada, onde o epóxi e as diferentes concentrações do copolímero (CB) foram misturados em um béquer e mantidas sob agitação de um agitador magnéticos digital por 10 min a  $75 \pm 5$  °C. Em seguida adicionou-se o endurecedor 4,4 diaminodifenilmetano (28 % em relação a massa de resina), e manteve-se a mistura sob agitação por mais 7 minutos. Ao fim do processo de mistura, as amostras foram vertidas em moldes de silicone pelo método de *casting*, e curadas em estufa por 24 h a 100 °C. Um processo de acabamento com lixas d’água foi realizado nas amostras submetidas aos ensaios de tenacidade, antes de proceder a pós-cura por 1 h a 140 °C, juntamente com as amostras de TGA. Ao fim da pós-cura as amostras de TG foram raspadas utilizando lâminas laboratoriais, com intuito de formar pós (~ 0,5 mm). O ensaio de Tenacidade foi realizado com célula de carga de 5kN e velocidade de 10 mm/min, enquanto a análise termogravimétrica, foi realizada com taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera de Nitrogênio (N<sub>2</sub>), com faixa de temperatura de 25 °C a 600 °C.

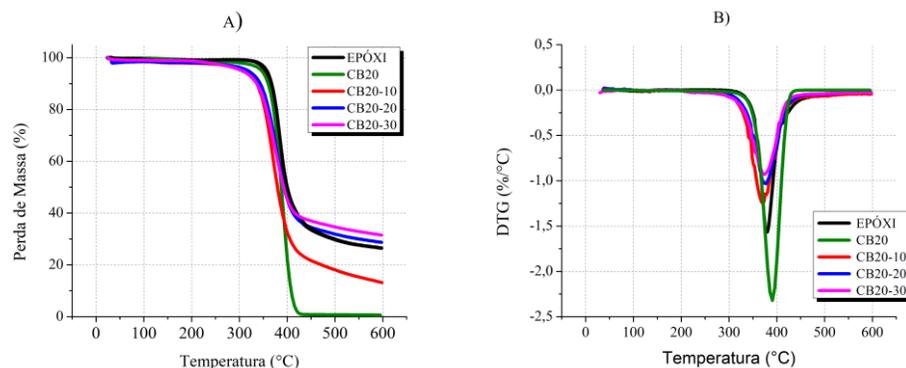
A partir da perda de massa em função da temperatura (Figura 1-A), observar-se que a maior perda de massa (85%) foi atribuída a amostra com 10% (m/m) de CB (CB20-10), enquanto a menor perda de massa (70%) foi observada na amostra com 30% (m/m) (CB20-30). Pela 1° derivada da perda de massa em função da temperatura (DTG), observou-se a temperatura no ponto de máxima perda de massa para as amostras (Figura 1-B), sendo 380 °C para a amostra contendo apenas epóxi (EPÓXI) e 370 °C para CB20-10 que apresentou a menor temperatura dos sistemas avaliados. Com isso, nota-se que adição da fase macia antecipou a temperatura de máxima degradação nas amostras

com CB e diminuiu a velocidade de degradação, como pode ser observado pela menor intensidade e maior largura dos picos.

Pode-se observar que a  $T_{onset}$  (Temperatura em que se inicia a perda de massa) foi reduzida para as amostras contendo CB quando comparadas ao epóxi (Tabela 1), sendo a maior redução atribuída à amostra com 30% (m/m) de copolímero (CB20-30). O mesmo comportamento observa-se para a  $T_{5\%}$  (Temperatura em que ocorrer a perda de massa de 5%), onde a amostra CB20-30 também apresentou a maior redução em relação ao epóxi puro. Em  $T_{50\%}$  (Temperatura em que ocorrer a perda de massa de 50%) inicia-se a decomposição estrutural das amostras. As altas temperaturas atribuídas ao epóxi sugerem alto grau de ligações cruzadas, assim a redução desses valores para as amostras com copolímero pode indicar um aumento na mobilidade da cadeia devido à redução dessas ligações reticulares.

Por outro lado, a partir do Fator de intensidade crítico ( $K_{Ic}$ ) apresentado na Tabela 1, pode-se observar que as amostras CB20-10 e CB20-30 não apresentaram diferença significativa entre si, e que ambas apresentaram tenacidade parcialmente igual as amostras de Epóxi. Já a amostra CB20-20 foi a única a apresentar uma diferença significativa, apresentando uma redução de  $K_{Ic}$  de 14% em relação ao matriz. Com isso pode-se constatar que a incorporação do copolímero não influenciou positivamente na tenacidade dos sistemas.

Sendo assim, a partir dos resultados das análises, conclui-se que apesar dos sistemas terem apresentado temperaturas de degradação elevadas para polímeros, a incorporação de uma fase macia diminuiu a estabilidade térmica do epóxi. Fato já esperado, considerando a dificuldade de se manter a estabilidade térmica quando se busca reduzir a fragilidade de material com a adição de fase macia. Ainda, mesmo apresentando indícios de que houve uma possível mobilidade na cadeia epoxídica com a adição do copolímero, esta não resultou em aumentos significativas na tenacidade das amostras.



**Figura 1.** Curvas de TGA e DTG

**Tabela 1.** Comportamento térmico e mecânico das amostras

Amostra	$T_{onset}$ (°C)	$T_{5\%}$ (°C)	$T_{50\%}$ (°C)	$T_{max}$ (°C)	$K_{Ic}$ (MPa·m <sup>1/2</sup> )
EPÓXI	340	353	395	380	1,17 ± 0,04 <sup>a</sup>
CB20-10	315	313	380	370	1,10 ± 0,04 <sup>ab</sup>
CB20-20	320	317	392	377	1,00 ± 0,05 <sup>b</sup>
CB20-30	310	305	392	372	1,09 ± 0,02 <sup>ab</sup>
CB20	335	347	387	390	-

Média ±desvio padrão seguidas da mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Palavras-chave:** Sistemas termorrígidos. Copolímeros triblocos. Termogravimetria.