ANÁLISE MORFOLÓGICA E DINÂMICO-MECÂNICA DE UM COMPÓSITO AUTORREGENERÁVEL CONTENDO UM POLISSILOXANO ENCAPSULADO

Matheus Ponick[1], Sara Ferreira da Costa[2], Sérgio Henrique Pezzin[3]

[1] Acadêmico(a) do Curso de Engenharia Mecânica CCT - bolsista PIBIC/CNPq
[2] Doutoranda em Ciência e Engenharia de Materiais CCT
[3] Orientador, Departamento de Química CCT – sergio.pezzin@udesc.br

Palavras-chave: Compósitos, autorregeneração, microcápsulas, resina epoxídica

Compósitos poliméricos estão suscetíveis à falha por múltiplos mecanismos, tais como fadiga térmica e mecânica, descolagem e microtrincas geradas durante um impacto. Esses danos podem ser reparados através de mecanismos de autorregeneração [1], os quais podem ocorrer através do uso de microcápsulas preenchidas com um agente de cicatrização que, quando liberado, restaura total ou parcialmente as propriedades do material [2].

Microcápsulas de poli(ureia)formaldeído (PUF) preenchidas com um polissiloxano aminado são relativamente estáveis, permanecendo em sua maioria intactas dentro da matriz polimérica. Além disso, mostram adequada força de adesão e estabilidade térmica, demostrando que podem funcionar adequadamente para compósitos poliméricos [3]. Nesse estudo, microcápsulas de PUF [4] foram preenchidas com um polissiloxano aminado e incorporadas dentro de uma matrix polimérica composta por diglidicil éter de bisfenol A (DGEBA). A morfologia das microcápsulas, seu tamanho médio e o tempo de preenchimento foram avaliados por microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura com efeito de campo (FEG-SEM) e análise dinâmico-mecânica (DMA).

A Figura 1 (a) mostra microcápsulas de PUF preenchidas com o polissiloxano aminado e dispersas na resina DGEBA. É possível observar que as microcápsulas permaneceram estáveis após dispersão na resina polimérica e que, quando completamente preenchidas, aparecem claras e as não completamente preenchidas aparecem escuras. Na Figura 1 (b) o histograma da distribuição das microcápsulas mostra que a maior porcentagem das microcápsulas tem aproximadamente 70µm.

A fim de avaliar as propriedades mecânicas do compósito polimérico após a inserção das microcápsulas, uma análise dinâmico-mecânica, no modo flexão foi realizada. Microcápsulas aglomeradas ou rompidas podem agir como pontos de tensão, diminuindo as propriedades térmicas e mecânicas do material. Na Figura 2 (a), que mostra os resultados da análise dinâmico mecânica, observa-se que o módulo de perda está aproximadamente 50% abaixo do esperado, mesmo na frequência mais alta. O pico de tan δ, em 1 Hz, que indica a temperatura de transição vítrea (Tg) está aproximadamente 15 ºC abaixo do esperado, indicando que as microcápsulas podem agir como defeitos na matriz, diminuindo suas propriedades.

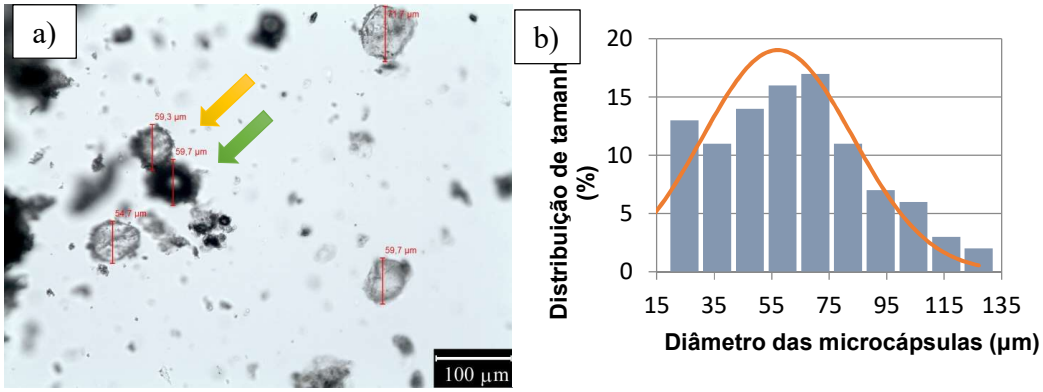

Fig.1 (a) Imagens de microscopia ótica de microcápsulas de PUF preenchidas com o polissiloxano aminado. A seta amarela mostra uma microcápsula preenchida e a seta verde mostra uma microcápsula parcialmente preenchida. A Fig. (b) mostra um histograma da distribuição do tamanho das microcápsulas. A maior porcentagem de microcápsulas está em aproximadamente 70µm.

Após a análise de DMA, a parte do compósito em que foi feito o ensaio de flexão foi observado por imagem de FEG-SEM com o objetivo de se localizar trincas e possíveis processos de regeneração. Na Figura 2 (b), nota-se que a superfície do compósito tem aspecto rugoso, devido à inserção de grande quantidade de microcápsulas e nenhuma trinca foi observada. Possivelmente houveram somente microtrincas internas, o que será avaliado em outro trabalho do grupo.

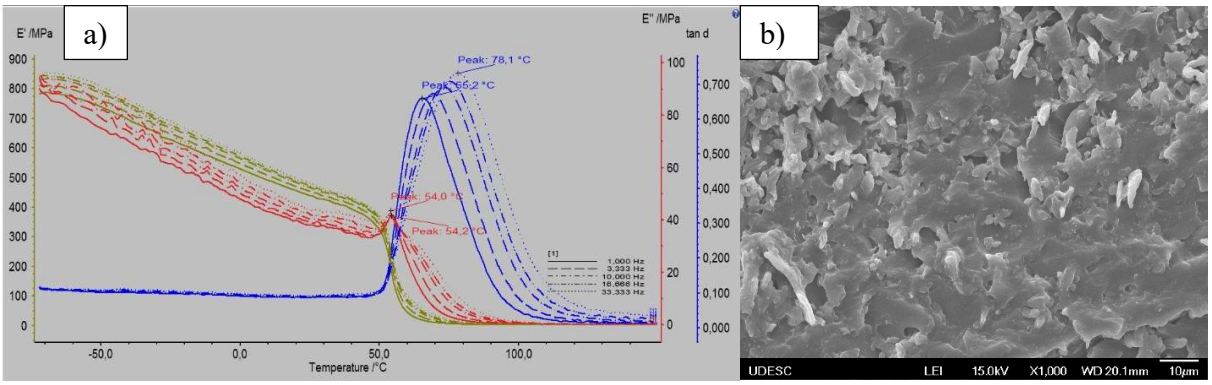

Fig. 2 (a) Curvas de DMA indicando a variação do módulo de armazenamento e de tan δ com a temperatura; (b) imagem FEG-MEV da superfície de fratura do compósito autorregenerável contendo 10%m/m de microcápsulas preenchidas. É possível observar que a superfície tem aspecto rugoso devido a inserção de microcápsulas na matriz polimérica.

REFERÊNCIAS

[1] C. Mangun, A. Mader, N. Sottos and S. White, "Self-healing of a high temperature cured epoxy using poly(dymethylsiloxane) chemistry," *Polymer,* pp. 4063-4068, 2010.

[2] B. Blaiszik, N. Sottos and S. White, "Nanocapsules for self-healing materials," *Composites Science and Technology,* pp. 978-986, 2008.

[3] W. R. Weihermann, M. M. Meier and S. H. Pezzin, "Microencapsulated amino-functional polydimethylsiloxane as autonomous external self-healing agent for epoxy systems," *J.Appl.Poly.Sci.,* p. 47627 (9), 2019.

[4] S. F. Costa, A. G. Andrade, M. M. Meier and S. H. Pezzin, "Modificação do diâmetro de microcápsulas de poli(ureia-formaldeído) pelo uso de octanol," *Matéria (Rio J.),* p. 12251, 2018.