cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Influência nas propriedades de filmes de poliamida 12 com adição de nanoplaquetas de grafeno para uso em tubulações offshore

De Almeida, M.K.[1]*; Zimmermann, M.V.G.[1]

[1] Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Criciúma, SC, Brasil.

*marinakauling.a@gmail.com

Introdução

Com a escassez de reservas em terra, cresce a exploração *offshore*. Os *risers* transportam óleo e gás sob alta pressão, corrosão marinha e fadiga, e suas falhas geram perdas de produção e acidentes ambientais (Liu et al., 2022; Yoo et al., 2019).Os *risers* são materiais multicamadas, divididas entre metálicas e poliméricas. Suas camadas poliméricas, compostas normalmente por poliamida 12, podem ser aprimoradas com nanoplaquetas de grafeno, de alta área superficial (2600 m²/g) e resistência mecânica (Urade et al., 2023).

Objetivos

Avaliar a degradação por radiação UV de filmes de poliamida 12 (PA12) com 1% em massa de nanoplaquetas de grafeno (PA12.G1), visando uso em *risers*.

Metodologia

- **Materiais:** PA12 (Arkema, RILSAMID® AESNO P302 TL) e nanoplaquetas de grafeno UGZ-1004 (UCSGRAPHENE).
- **Processamento:** extrusão dupla rosca com 1% de grafeno (200–240 °C; 250 rpm) e extrusão de filmes planos de 100 µm.
- **Envelhecimento:** câmara QUV, UVA-340 (ASTM G154), ciclos de 4 h UV a 60 °C + 4 h de condensação a 50 °C; 0, 720, 1440 e 2160 h (≈ 4 anos).
- **Caracterização:** TG/DTG (10 °C/min, N_2, até 1000 °C), tração (ASTM D882; 50 mm/min; 5 corpos de prova) e colorimetria CIELAB.

Resultados e Discussão

Tabela 1. Colorimetria (CIELAB) antes e após exposição UV.

		0 h	720h	1440 h	2160 h	Δ	ΔE
PA12.UV$_x$	L*	90,537 ± 0,067	89,870 ± 0,521	89,457 ± 0,265	89,290 ± 0,079	-1,307	2,564
	a*	0,037 ± 0,112	-0,093 ± 0,210	0,092 ± 0,211	0,167 ± 0,174	0,130	
	b*	2,596 ± 0,159	6,100 ± 0,194	6,135 ± 0,552	4,798 ± 0,094	2,202	
PA12.G1.UV$_x$	L*	25,587 ± 0,513	28,510 ± 0,675	28,973 ± 2,050	30,190 ± 1,190	4,603	4,637
	a*	2,115 ± 0,310	1,837 ± 0,173	1,858 ± 0,150	1,557 ± 0,542	-0,558	
	b*	-0,611 ± 0,151	-0,791 ± 0,093	-0,782 ± 0,192	-0,600 ± 0,220	0,011	

A PA12 fica mais amarela (Δb* = 2,20; ΔE = 2,56); a PA12.G1 fica mais clara (ΔL* = 4,60; ΔE = 4,64).

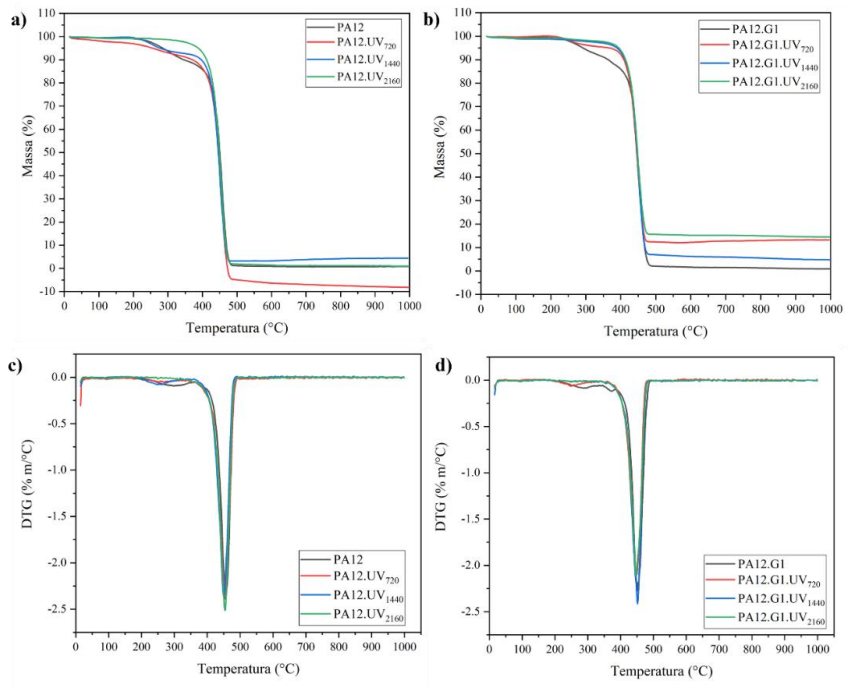


Figura 1. TG e DTG da PA12 (a, c) e PA12.G1 (b, d) após UV.

O grafeno desloca o pico de degradação (400–500 °C) para temperaturas maiores e eleva o resíduo.

Na PA12 a degradação se antecipa (cisão de cadeias); na PA12.G1 o efeito é menor e o resíduo é de 5–15% (barreira ao O_2).

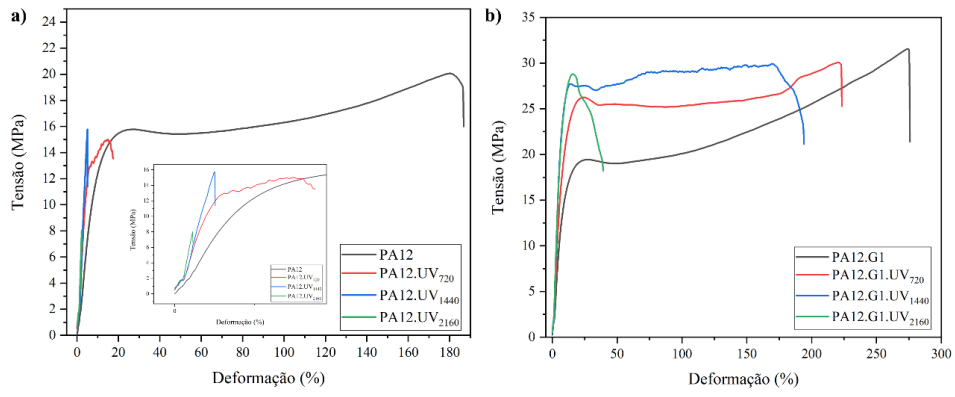


Figura 2. Tração de (a) PA12 e (b) PA12.G1 antes e após UV.

PA12: deformação na ruptura cai de 180% para menor que 20%.
PA12.G1: 32 MPa e 280% antes do UV; 200% após 1440 h.

Conclusões

- O UV degrada a PA12 (foto-oxidação): menor estabilidade térmica, perda de ductilidade (180% para menos de 20%) e mudança de cor.
- O grafeno (1%) atua como estabilizante: maior estabilidade térmica e melhor retenção da ductilidade (200% após 1440 h).
- Na cor, a variação foi maior com grafeno (ΔE = 4,64 contra 2,56): sem proteção óptica.
- A adição de grafeno trouxe melhorias para o matriz polimérica, porém para o uso citado são necessários mais estudos.

Referências e Agradecimentos

LIU, Y. et al. Research on bypass pigging in offshore riser system to mitigate severe slugging. **Ocean Engineering**, v. 246, p. 110606, 2022.

YOO, D.-H.; JANG, B.-S.; YUN, R.-H. A simplified multi-layered finite element model for flexible pipes. **Marine Structures**, v. 63, p. 117-137, 2019.

URADE, A. R.; LAHIRI, I.; SURESH, K. S. Graphene properties, synthesis and applications: a review. **JOM**, v. 75, n. 3, p. 614-630, 2023.

DA CRUZ, B. S. M. et al. Graphene nanoplatelets reinforced polyamide-11 nanocomposites thermal stability and aging for application in flexible pipelines. **J. Mater. Res. Technol.**, v. 18, p. 1842-1854, 2022.

Agradecimentos: UNESC, grupo de pesquisa CEPOL e FAPESC (processo nº 3247/2024).