

# ESTUDO DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE HDLS NAS CARACTERÍSTICAS DE FLAMABILIDADE DA RESINA EPÓXI

Teo A. Dick<sup>1</sup>, Cristiane M. Becker<sup>1</sup>, Fernando Wypych<sup>2</sup>, Sandro C. Amico<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Escola de Engenharia/LAPOL, C.P. 15010, 91501-970 - Porto Alegre/RS  
<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná/Departamento de Química, Centro Politécnico, C.P. 19081, 81531-980 - Curitiba/PR

## INTRODUÇÃO

Resinas epóxi vêm desempenhando um papel muito importante como matriz em nanocompósitos poliméricos devido às propriedades mecânicas superiores. No entanto, estas resinas também possuem características indesejáveis que afetam seu desempenho, tais como alta inflamabilidade e baixa resistência à fratura. Neste contexto, a incorporação de nanocargas tem desempenhado papel fundamental na melhoria dessas propriedades.

Dentre as nanocargas destacam-se os hidróxidos duplos lamelares (HDLs), que são materiais de composição  $[M^{+2}_{1-x}M^{+3}_x(OH)_2](A^n)_{x/n}\cdot H_2O$ , onde M representa um metal e A-n, um ânion hidratado intercalado entre as lamelas da estrutura tipo Brucita ( $Mg(OH)_2$ ). Os HDLs incorporados às matrizes poliméricas tem o potencial de causar melhorias significativas em propriedades mecânicas e de flamabilidade.

## OBJETIVOS

Avaliar os efeitos da utilização de diferentes teores de HDLs de Mg/Al intercalados com o íon dodecil sulfato (HD) nas propriedades mecânicas e de retardância a chamas de compósitos HDL/epóxi.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais:

- HDL Mg/Al intercalados com dodecil sulfato (HD)
- Dimetilformamida (DMF) (Nuclear)
- Resina epóxi (Araldite LY 1316) à base de DGEBA (Huntsman)
- Endurecedor Aradur HY 1208 (Huntsman)

**Preparação dos compósitos:** i) Suspensões contendo HDL/DMF foram adicionadas à resina epóxi contendo os desaerantes, seguido de sonificação por 20 min. ii) O solvente foi removido com a utilização de rota-vapor por vácuo na temperatura de 90 °C. iii) O agente de cura foi adicionado e misturado por agitação mecânica e banho de ultrassom durante 5 min. iv) A mistura resultante foi vazada em moldes de silicone, curada à temperatura ambiente por 24 h e pós-curada a 70 °C em estufa por 2 h. A Tabela 1 mostra composição dos corpos de prova produzidos por casting.

Tabela 1 - Descrição das amostras utilizadas.

Identificação das amostras	HDL (%)	DMF
R-HD0	0	Não
R-HD1	1	Sim
R-HD2	2	Sim
R-HD3	3	Sim
R-HD5	5	Sim

**Caracterização dos compósitos:** Ensaios de queima horizontal (taxa de queima) e de queima vertical (grau de inflamabilidade), conforme as normas UL 94 V e UL 94 HB, respectivamente, e ensaios mecânicos de tração, flexão e impacto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### - Queima Vertical (Taxa de queima)

Os resultados obtidos nos ensaios de queima vertical mostram que os compósitos apresentaram taxa de queima muito inferior à exibida pela epóxi pura (Fig. 1). Isso porque os HDLs sofrem decomposição através de uma reação endotérmica que atua como dissipadora de calor, reduzindo o calor total gerado durante a combustão, além de formarem óxidos isolantes que evitam a propagação do calor. A utilização de DMF para dispersão da nanocarga levou à diminuição da taxa de queima do material quando comparado àquele em que não foi utilizado DMF.

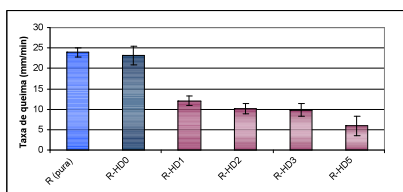


Fig. 1 - Taxa de queima dos corpos de prova (UL 94 - HB).

### - Queima Horizontal (Grau de inflamabilidade)

As amostras às quais não se adicionou HDL não puderam ser classificadas segundo a norma UL94 V, visto que apresentaram queima sustentável após a retirada da chama.

Todos os compósitos (resina + HDL) avaliados apresentaram comportamento auto-extinguível sendo classificados como V-1.

Tab. 2 - Queima vertical (UL 94 - V).

Amostras	Tempo de queima	Classificação
R-HD0	Queima total	sem classificação
R-HD1	~28 s	V-1
R-HD2	~23 s	V-1
R-HD3	~22 s	V-1
R-HD5	~21 s	V-1

### - Resistência à tração

Comparando a resina epóxi pura com os compósitos, pode-se observar que a adição de solvente prejudica muito as propriedades mecânicas em flexão e impacto. No entanto, a adição dos HDL consegue recuperar parcialmente essas propriedades. Os melhores resultados de resistência à tração foram obtidos com 3% de nanocarga e os melhores resultados em flexão e impacto foram obtidos com 1% de HDLs. Com 5% de nanocarga, as propriedades mecânicas caem bastante, o que pode ser atribuído à formação de aglomerados desta carga na matriz epóxi.

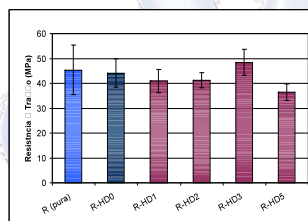


Fig.2 - Resistência à tração da resina epóxi e dos compósitos.

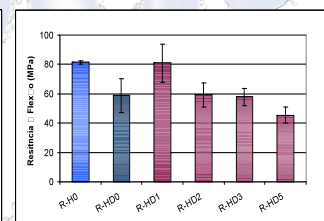


Fig.3 - Resistência à flexão da resina epóxi e dos compósitos.

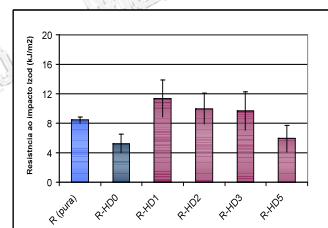


Fig. 4 - Resistência ao impacto da resina epóxi e dos compósitos.

## CONCLUSÕES

- O uso de dimetilformamida foi bem sucedido em dispersar os HDLs na resina epóxi, possibilitando a obtenção dos compósitos HDL/epóxi;
- O aspecto mais positivo dos materiais compósitos produzidos foi que todos eles mostraram uma taxa de queima muito menor do que a epóxi pura, revelando o potencial de utilização dos HDLs como retardantes de chama em matrizes epóxi.
- O uso dos HDLs como aditivos para este fim permite a obtenção de materiais com propriedades anti-chama e, ao mesmo tempo, ambientalmente corretos já que são livres de halogênios.

## AGRADECIMENTOS