

## Dispersão de Nanotubos de Carbono em Resina do Tipo Epóxi

Thiago O. Nunan<sup>\*1</sup> (IC), Alexandre S. dos Santos<sup>2</sup> (IC), Adelina P. Santos<sup>1</sup> (PQ), Luiz O. Ladeira<sup>2</sup> (PQ), Luiz C. Pardini<sup>3</sup> (PQ), Glaura G. Silva<sup>2</sup> (PQ), Clascídia A. Furtado<sup>1</sup> (PQ),

[clas@cdtn.br](mailto:clas@cdtn.br), [tonl@catn.br](mailto:tonl@catn.br)

<sup>1</sup> CDTN/CNEN, Belo Horizonte, MG, <sup>2</sup> UFMG Belo Horizonte, MG, <sup>3</sup> CTA/IAE, São José do Campos, SP

Palavras Chave: Nanotubos de carbono, Epóxi, Dispersão.

### Introdução

Nanotubos de carbono (NC) são estruturas cilíndricas contendo apenas átomos de carbono, com  $f$  da ordem de nm e comprimento da ordem de  $\mu\text{m}$ . Os NC podem ser metálicos ou semicondutores, são ótimos condutores térmicos, mostram altos valores de resistência à tração e módulo elástico ( $\sim 1\text{TPa}$ ), e, em vantagem às fibras de carbono, podem ser torcidos e dobrados sem que haja rompimento<sup>1</sup>. Todas essas propriedades fazem dos NC candidatos excepcionais a reforço em compósitos poliméricos para setores estratégicos, como os nanocompósitos resina epóxi/NC para o setor aeroespacial<sup>2</sup>. Transferir, entretanto, as propriedades dos NC para um sistema compósito é um grande desafio que depende principalmente do grau de dispersão dos nanotubos e das interações interfaciais entre NC e matriz polimérica<sup>3</sup>. Neste trabalho, propusemos e avaliamos o uso de um procedimento prévio de dispersão de feixes de NC na qualidade das dispersões finais desses tubos em resinas epóxi usadas no setor espacial brasileiro. As dispersões foram avaliadas por microscopia de infravermelho e eletrônica de varredura (MEV).

### Resultados e Discussão

Amostras de NC de paredes múltiplas concêntricas (multi-wall nanotube, MWNT) comerciais (CNT Co., Incheon, Korea) foram inicialmente caracterizadas por TG, espalhamento Raman, MEV, microanálise por EDS e BET. Elas mostraram 95 m/m (%) de pureza e a presença de bandos de tubos com  $f$  entre 50 e 200 nm ( $\sim 5$  tubos por bando) e comprimento entre 5 e 20  $\mu\text{m}$ . Estes bandos estão enovelados em uma rede mesoporosa (área superficial:  $136\text{ m}^2\text{g}^{-1}$  e vol. mesoporos:  $0.4\text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ ).

Duas séries epóxi/MWNT (conc. entre 0 e 0,5 m/m (%)) foram preparadas, adicionando o nanotubo, 1) sem qualquer tratamento prévio (série 1) e 2) com os bandos previamente dispersos (série 2), na resina XR1555 (Vantico) endurecida com 951 Aradur, sob agitação mecânica e sonificação. O procedimento de pré-dispersão para abertura dos feixes de nanotubos consistiu na sonificação do MWNT em solução aquosa de dodecilsulfato de sódio, centrifugação e floculação da dispersão sobrenadante com acetona. A Fig. 1 mostra imagens capturadas por câmera de infravermelho acoplada a um microscópio ótico, ilustrando a diferença na qualidade da dispersão dos

MWNTs na resina para as duas séries. Na Fig. 1a (série 1), aglomerados compactos são claramente destacados na matriz polimérica. Na Fig. 1b (série 2), os feixes de tubos estão abertos e dispersos por toda a matriz.

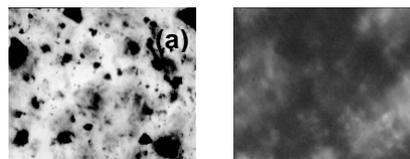


Fig. 1: Imagens de microscopia de infravermelho (100x) dos compósitos epóxi/MWNT obtidos a) sem pré-dispersão, b) com pré-dispersão do NT.

As imagens de MEV da superfície de fratura da resina pura (Fig. 2a) e dos compósitos (Fig. 2b e c) também mostram a eficiência do processo de pré-dispersão do NC na obtenção de nanocompósitos homogêneos. A clivagem unidirecional e a superfície lisa passam a isotrópica e rugosa, respectivamente, com a introdução dos tubos, sendo que na série 1 (2b) os nanotubos encontram-se aglomerados em pequenas áreas (circuladas), enquanto na série 2 os MWNTs estão distribuídos homogêneamente por toda a superfície.

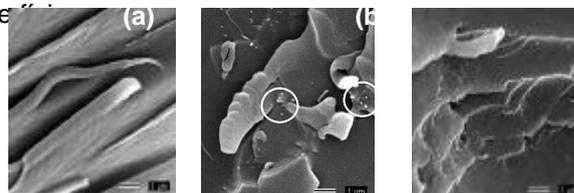


Fig. 2: Imagens de MEV para a) epóxi puro, b) epóxi/MWNT sem pré-dispersão do NT, c) epóxi/NT com pré-dispersão do NT.

### Conclusões

A abertura dos feixes de NC antes da sua introdução em resina epóxi é importante para obtenção de nanocompósitos homogêneos, com boa dispersão e distribuição da carga, podendo influenciar em suas propriedades finais.

### Agradecimentos

FAPEMIG, CDTN, CNEN e ao Laboratório de Inclusões Fluidas e Metalogênese do CDTN.

<sup>1</sup> Saito, R.; Dresselhaus, G.; Dresselhaus, M. S.; Physical Properties of Carbon Nanotubes, Imperial College Press: London, **1998**; P. Poncharal, Z. L. Wang, D. Ugarte, W. A. de Heer, Science **1999**, 283, 1513.

<sup>2</sup> Gojny, F. H.; Wichmann, M. H. G.; Kopke, U.; Fiedler, B.; Schulte, K.; Composites Sci. and Tech., **2004**, 64, 2363.

<sup>3</sup> Ajayan, P. M.; Schadler, L. S.; Giannaris, C.; Rubio, A.; Adv. Mater. 2000, 12, 750.