



XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG  
Paper CREEM2010-CM-08

## ANÁLISE DE COMPÓSITOS DE FIBRA DE CARBONO NANOMODIFICADOS

**Luisa G. Z. O. Peixoto, Maria Gabriela R. Carvalho, Luis Gustavo B. Finotti, Priscila P. C. Rocha,  
Antônio F. Ávila**

UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Engenharia Mecânica  
Campus Pampulha, Av. Antônio Carlos, 662 - 31270-901 - Belo Horizonte - Minas Gerais  
Email para correspondência: luisazica@yahoo.com.br

### Introdução

A busca por materiais com características diferenciadas, que associem propriedades mecânicas, térmicas e elétricas elevadas e adequadas a diferentes aplicações tem sido constante. Os compósitos são materiais de engenharia constituídos por duas ou mais fases, em escala macroscópica, cujas características e propriedades mecânicas são diferentes daquelas apresentadas, individualmente, por cada um de seus componentes (Daniel e Ishai, 1994). Exibem elevadas razões resistência/peso e módulo/peso quando comparados aos materiais metálicos convencionais. Em virtude dessas características, tem sido extensivamente empregados, por exemplo, nas áreas aeroespacial, automobilística, de artigos esportivos e de dispositivos ortopédicos. Nanocompósitos poliméricos são uma classe especial de material compósito contendo partículas com pelo menos uma dimensão em escala nanométrica, o que possibilita uma escala do reforço muito diferente daquela do reforço de compósitos fibrosos convencionais, gerando propriedades excepcionais. Um tipo de reforço, o nanografite, tem sido reconhecido como uma das grandes promessas da área, uma vez que este material é formado por lâminas de grafeno, que são excelentes condutores elétricos e térmicos, além de apresentarem propriedades mecânicas excepcionais. Apesar dessas propriedades, a utilização de nanocompósitos em aplicações estruturais ainda é restrita (Yasmin e Daniel, 2004).

Os nanocompósitos e compósitos fibrosos podem ser combinados em um novo tipo de material, denominado compósito híbrido. A combinação de nanocompósitos e reforços fibrosos torna possível a otimização das propriedades dos materiais compostos, além de favorecer sua utilização em aplicações estruturais (Vlasveld *et al.*, 2005).

### Objetivos

Considerando que os estudos atuais tem relatado melhoria das propriedades mecânicas de compósitos fibrosos por meio da adição de partículas de grafite à matriz (Carvalho, 2009) e as excelentes propriedades elétricas do grafite, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar mecanicamente compósitos híbridos multifuncionais de fibra de carbono com matriz polimérica modificada através da dispersão de nanolâminas de grafeno.

### Metodologia

Para a fabricação da matriz do compósito híbrido utilizou-se o sistema epoxidílico HUNTSMAN formado por duas partes: Araldite RenLam M (DEGBA) e o endurecedor HY956. A razão de mistura entre a resina e o endurecedor, em peso, foi a indicada pelo fabricante, 100/20.

Para a modificação do sistema epoxidílico foi utilizado o grafite expandido HC 11-IQ produzido pela Nacional Grafite, em diferentes concentrações, 1%, 2% e 3%. As nanopartículas foram misturadas ao polímero com o misturador de alto-cisalhamento a 17500 rpm por uma hora e depois no misturador por ultrassom com uma potência de 250W, também por uma hora. Em seguida, a mistura foi submetida a vácuo por 30 minutos para eliminação de bolhas.

Para a obtenção do compósito híbrido, foram laminadas manualmente placas com 50% de fibras de carbono tecidura plana Barracudatec e 50% da matriz, em peso. Após isto os compósitos foram submetidos aos processos de cura e pós cura segundo as instruções do fabricante do polímero.

Os corpos de prova foram cortados das placas segundo a norma D 790 - 03 da ASTM International com 76,6 mm de comprimento, 16,0 mm de largura e 4,0 mm de altura.

O ensaio de flexão foi feito segundo a norma D 790 - 03 da ASTM International com velocidade de 1,7067 mm/min, distância entre apoios de 64 mm, limite de deformação de 5% e cinco corpos de prova para cada concentração de grafite.

## Resultados e Conclusões

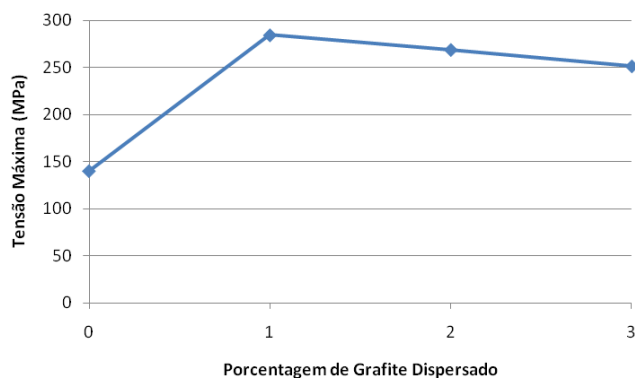


Figura 1 – Tensão Máxima para as diferentes condições experimentais

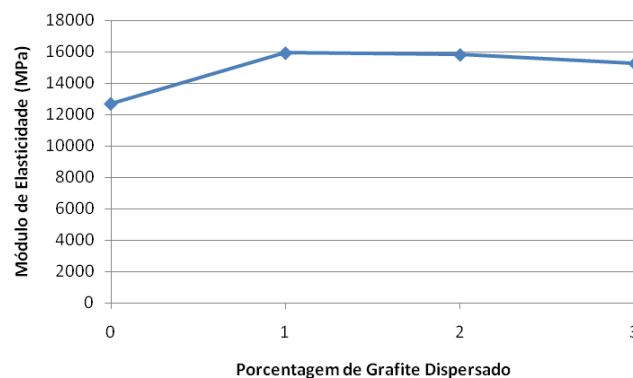


Figura 2 – Módulo de Elasticidade para as diferentes condições experimentais

Conforme esperado, a adição de nanopartículas aumentou o valor da Tensão Máxima e do Módulo de Elasticidade dos compósitos como pode-se ver nas Figuras 1 e 2. Este resultado pode estar relacionado ao elevado módulo de elasticidade das nanopartículas, que podem restringir a mobilidade das cadeias poliméricas na interface com as fibras quando o material é submetido a um carregamento e melhorar a interface entre a matriz e as fibras, promovendo uma melhor distribuição de tensões (Vlasveld *et al.*, 2005).

Quando analisado o efeito da concentração de nanopartículas no desempenho mecânico do material, verificou-se que o compósito contendo 1% de nanopartículas apresentou os melhores resultados. A redução da tensão máxima e da rigidez para concentrações de 2% e 3% pode indicar que o limite de saturação do sistema epoxídico é de cerca de 1%.

O limite de saturação da resina parece estar ligado aos diferentes parâmetros de dispersão (velocidade, tempo, tipo de dispersão e temperatura da mistura) e ao tipo de nanopartícula utilizada. Como todos os nanocompósitos com as diferentes concentrações de nanopartículas foram produzidos com o misturador de alto cisalhamento e utilizando os mesmos parâmetros de dispersão (tempo e rotação do rotor), é possível formular a hipótese de que para concentrações acima do limite de saturação são formados aglomerados e/ou precipitados de nanopartículas que acabam reduzindo a rigidez do material por serem concentradores de tensões (Carvalho, 2009).

## Referências Bibliográficas

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 790- 03. Standard test methods for flexural properties of reinforced plastic and electrical insulating materials. USA, 2003.
- CARVALHO, M. G. R. *Desenvolvimento e Caracterizações Mecânica e Térmica de Compósitos Híbridos com Matriz Nanoestruturada*. 2009. 119f. Dissertação de Mestrado (mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- DANIEL, I. M ; ISHAI, O. *Engineering mechanics of composite materials*. New York: Oxford University, 1994. 395p.
- VLASVELD, D. P. N; BERSEE, H. E. N.; PICKEN, S. J. Nanocomposite matrix for increased fibre composite strength. *Polymer*. v. 46, n. 23, p. 10269-10278, 2005.
- YASMIN, A.; DANIEL, I. Mechanical and thermal properties of graphite platelet/epoxy composites. *Polymer*. v. 45, n. 24, p. 8211-8219, 2004.