

TIMARCO, Letícia Ramos; MORELLI, Arnaldo Carlos. Desenvolvimento de materiais compósitos híbridos, compostos de fibras de carbono e fibras de aramida reforçadas com resina epóxi parte I. In: WORKSHOP DE INOVAÇÃO, PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 2., 2016, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos, SP: IFSP, 2016. p. 68-71. ISSN 2525-9377.

## **DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS COMPÓSITOS HÍBRIDOS, COMPOSTOS DE FIBRAS DE CARBONO E FIBRAS DE ARAMIDA REFORÇADAS COM RESINA EPÓXI PARTE I**

LETÍCIA RAMOS TIMARCO, ARNALDO CARLOS MORELLI

Curso de Tecnologia e Manutenção em Aeronaves – IFSP São Carlos, Brasil.

**RESUMO:** A nossa proposta, foi o desenvolvimento e a caracterização de um material híbrido, que consiste em fibras de carbono e de Kevlar, sob a forma de tecido, unidas entre si por uma matriz de resina epóxi. Partimos de uma composição padrão contendo uma fração volumétrica de fibras de aproximadamente, 55% e 45% de resina epóxi, sendo distribuídas em duas formulações. Formulação 1: é um produto normal contendo apenas 55 – 60 % de fibra de carbono e 40 – 45% de resina epóxi. Formulação 2: contém 30 – 33% de fibras de carbono na trama e 25 – 27% de fibras de Kevlar na urdidura e 40 – 45% de resina epóxi. Os testes mecânicos foram focados em tração, medições de resistência, resistência à flexão e ao corte, acompanhada por o módulo de elasticidade, cálculos dos três tipos de teste. Esperamos com estes procedimentos obter uma caracterização parcial destes produtos para aplicações na indústria aeronáutica.

**PALAVRAS- CHAVES:** Compósito híbridos. Fibra de kevlar/carbono. Resina epóxi.

**ABSTRACT:** Our goal was the development and characterization of a hybrid material composed of two kinds of fibers, carbon and Kevlar, as a fabric, joined together by an epoxy resin matrix. The composite materials were made of a standard composition containing a volumetric fraction of fibers of approximately 55% and 45% of epoxy resin that were represented in two compositions : Composition 1: it is a normal product containing only 55-60% carbon fiber and 40- 45% epoxy resin. Composition 2: it contains 30-33% carbon fiber, 25-27% Kevlar fiber and 40-45% of epoxy resin. The mechanical tests were focused on measurements of the tensile, flexural and impact Charpy stresses, and measures of bulk densities. Through these procedures, we hope to find out data that may be useful for a partial characterization of these products which might be used for applications in the aerospace industry.

**KEYWORDS:** Hybrid composites. Fibers Kevlar/carbon. Resin.

### **INTRODUÇÃO**

Materiais compósitos podem ser feitos de vários tipos de fibras e resinas. Fabricando compósitos constituídos de um único tipo de fibra, ficamos limitados a contribuição das propriedades destas fibras, para as propriedades finais do compósito.

Um outro aspecto que deve ser considerado com relação aos materiais compósitos se refere ao tipo de adesão matriz fibra, que também podem interferir significativamente nas propriedades finais do compósito.

Além dos fatores acima expostos, as propriedades mecânicas dos materiais compósitos podem ser modificadas pela introdução de mais de um tipo de fibra como reforço, obtendo

propriedades de diferentes fibras, compondo a fase de reforço e, por conseguinte, provocando mudanças nas propriedades mecânicas do compósito final.

Portanto podemos concluir que as propriedades dos materiais compósitos, podem ser modificadas por modificações na matriz, modificações na interface matriz fibra ou por modificações e/ou adições, nos materiais empregados como reforço, no caso as fibras

## MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais empregados na pesquisa, se basearam em matérias primas encontradas no mercado nacional, na forma de prepregs no formato sarja, tanto para fibras de carbono puro com resina epóxi, como para o compósito híbrido contendo fibras de Carbono e Kevlar.

As composições médias dos compósitos estudados foram: Composição 1: Composição normal, contendo 55-60% de fibras de carbono e 40-45% de resina epóxi.e, Composição 2: Composição híbrida, contendo 30-33% de fibras de carbono na trama e 25-27% de fibras Kevlar na urdidura e 40-45% de resina epóxi. A distribuição das fibras no compósito híbrido foi de aproximadamente 55% fibras de carbono colocados na trama e 45% fibras de Kevlar trançados na urdidura, no formato sarja.

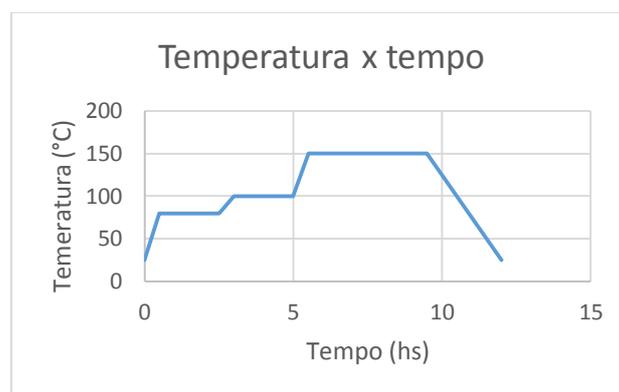
Os dois materiais foram feitos com a mesma resina, e algumas diferenças nas quantidades relativas de resina na matriz, também apresentaram diferenças nas gramaturas das fibras, no caso de compósitos de carbono puro, a gramatura das fibras foi de 200 g/m<sup>2</sup> e no compósito híbrido de 220 g/m<sup>2</sup>.

Apesar dos inconvenientes acima citados, podemos afirmar que os materiais atingiram os objetivos traçados, haja visto que estamos comparando produtos diferentes, e o que nos interessa é a verificação de perda ou ganho de determinadas propriedades relativas de um produto em relação ao outro.

Os tecidos pré-impregnados foram laminados na forma de placas planas com as dimensões 300x300 e dimensões impostas pelo tipo de ensaio. As placas foram colocadas numa bolsa de vácuo e colocadas numa estufa para cura em altas temperaturas.

Os corpos de prova feitos de tecido prepreg, foram laminados num conjunto de camadas subsequentes e colocados numa bolsa de vácuo a 1,5 bar, levada a uma estufa para cura à temperaturas de 150°C. A curva de temperaturas de cura é mostrada na Figura 1.

**Figura 1: Curva de cura do compósito temperatura versus tempo**



Das placas foram retiradas amostras para ensaios tração com as dimensões 250x25x2,5mm, seguindo os procedimentos da norma ASTM D – 3039 – 76. Amostras de 100x13x4,8mm para ensaios de flexão segundo a norma ASTM D – 790 – 00 e corpos de prova para ensaios de impacto Charpy sem entalhe de 127,0 x12,7x12,7mm, segundo a norma ASTM D – 6110 – 2010, realizadas com um pendulo de impacto de 150 J.

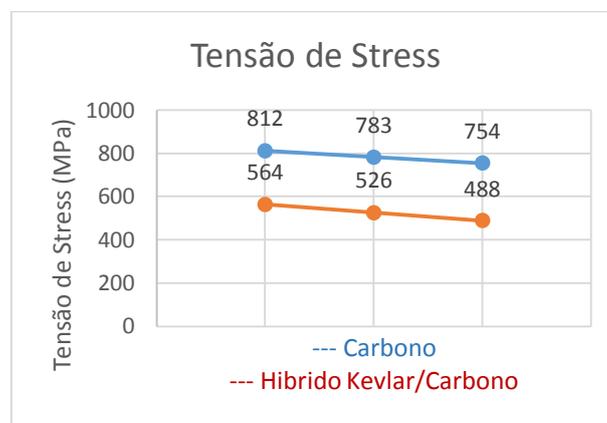
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de densidades aparentes foram obtidos através de mediadas e pesagens dos corpos de prova para os ensaios de flexão e tração, e os valores teóricos foram calculados através da regra das misturas.

Para uma melhor visualização foram feitos gráficos individuais dos ensaios, que são mostrados nas Figuras 2,3 e 4

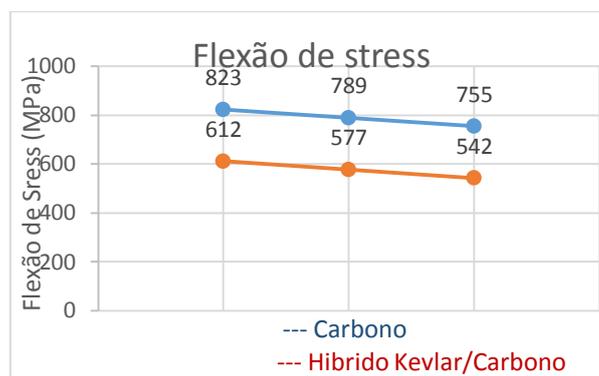
Na Figura 2 vemos os ensaios de resistência a tração comparativos de compósitos contendo somente fibras de carbono, em azul, com seus respectivos desvios padrões e os compósitos contendo fibras de carbono e fibras de aramida, também com seus respectivos desvios padrões. Podemos notar que existe uma queda na resistência a tração de 33% do material híbrido contendo fibras de aramida/carbono em relação ao material com fibras de carbono.

**Figura 2: Tensão de tração e desvio padrão**



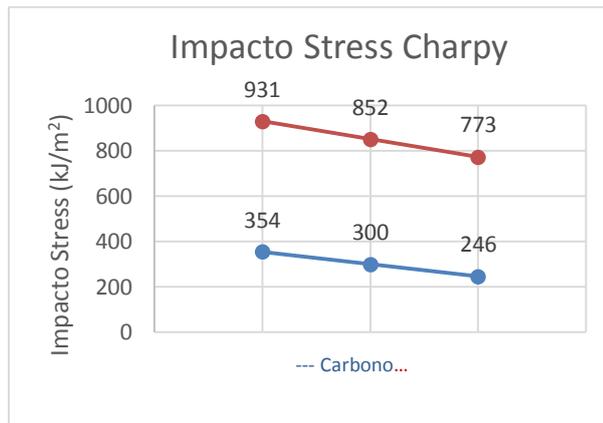
Analisando os dados da Figura 3, verificamos que ocorre um decréscimo na resistência a flexão, da ordem de 27%, do material híbrido em relação ao material feito de fibras de carbono puro.

**Figura 3: Tensão de flexão e desvio padrão**



Através da análise dos dados de resistência ao impacto, (Figura 4), verificamos uma inversão, muito acentuada, das propriedades de impacto destes materiais, onde o material contendo fibras de aramida e carbono apresenta um aumento, da resistência ao impacto da ordem de 282% maior que o constituído somente por fibras de carbono.

**Figura 4: Impacto e desvio padrão**



Este resultado, é bastante significativo relativamente aos materiais empregados na pesquisa, pois permite dizer que variando apenas uma parte da fração volumétrica de fibras numa matriz podemos mudar significativamente as propriedades de impacto, sem grandes perdas de outras propriedades, como resistência a flexão e a tração.

## CONCLUSÕES

O trabalho permite concluir que podemos modificar as propriedades mecânicas de materiais compósitos através de sua hibridização sem grandes prejuízos a outras propriedades que desejamos manter nestes produtos.

O trabalho abre boas perspectivas para pesquisas na área de conhecimento, pois outras composições contendo, quantidades menores ou maiores de fibras de aramida nos tecidos híbridos, podem ter efeitos não deletérios aos materiais desta classe, e mesmo em aplicações em que se deseje melhorar características de resistência ao impacto, como no caso de materiais compósitos para a indústria aeronáutica, outras composições deverão ser estudadas de forma a se manter propriedades originais de compósitos com fibras de carbono, com adição de quantidades menores de fibras de aramida e com outras formas de distribuição das mesmas. Trabalhos futuros deverão ser desenvolvidos nesta área em nossa instituição que serão objeto de novas investigações e novos desenvolvimentos.

## REFERÊNCIAS

- [1] KRETSIS, G.A. A review of the tensile, compressive, flexural and shear properties of hybrid fibre-reinforced plastics. **Composites**, v.18(1), pp. 13-23, 1987.
- [2] SEVKAT, E.; LIAW, B.; DELALE, F.; RAJU, B.B. Effect of repeated impacts on the response of plain-woven hybrid composites. **Composites Part B-Engineering**, v.41(5), pp. 403-13, 2010.
- [3] SWOLFS, Y.; GORBATIKH, L.; VERPOEST, I. Fibre hybridisation in polymer composites: a review. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v.67, pp. 181-200, 2014.
- [4] CZÉL, G.; WISNOM, M.R. Demonstration of pseudo-ductility in high performance glass/epoxy composites by hybridisation with thin-ply carbon prepreg. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v.52, pp. 23-30, 2013.