



ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certification



# **WEBINAR – Setembro/2016**

## **Tema: Pre-preg Termoplástico**



ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certification



# TEXIGLASS

- **TECIDOS DE FIBRA DE VIDRO**
- **TECIDOS DE FIBRA DE CARBONO**
- **TECIDOS DE FIBRA ARAMIDA**

# Tema: Pre-preg Termoplástico



ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certification



# A TEXIGLASS está presente em todos os continentes



ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certification



# ASSUNTO: *PRE-PREG TERMOPLÁSTICO*

## Lançamento no Brasil

### Objetivo:

**Mostrar as vantagens do pre-preg termoplástico.**



# O que são compósitos?

**Chama-se de compósito todo o material que é resultado da junção de dois ou mais materiais (componentes), resultando num único produto.**



**A madeira natural é um *compósito*  
(fibra de celulose + resina natural)**



**MDF é um compósito; um produto similar à madeira, criado a partir dos componentes da madeira natural (fibra de celulose em forma de folhas e uma resina para agregar).**





**Fenolite é um compósito; fenolite é um composto de papel (celulose extraída da madeira) e resina fenólica. Consegue-se simular madeira com propriedades técnicas muito superiores às da madeira natural.**



O que é "*composite*"?

Composite é o nome genérico dado ao compósito comumente chamado de "plástico reforçado"

FRP = Fiberglass Reinforced Plastic ou

CFRP = Carbon Fiber Reinforced Plastic

Este conceito e esta técnica podem ser levados para o concreto, criando-se o chamado G.R.C. (Glass Reinforced Concrete).

Composite é a palavra usada em inglês e nos países de língua espanhola; por isso é também muito usada no Brasil.



## Quais os tipos de reforços utilizados?

Os reforços podem ser de fibra de vidro, fibra de carbono, fibra aramida além de outras fibras naturais ou sintéticas.



### **Fibra de Vidro**

Óxido de Silício +  
Óxidos de metais  
alcalinos



### **Fibra de Carbono**

Fio de Acrílico  
Carbonizado



### **Fibra Aramida**

Poliamida Aromática

**Os reforços podem ser apresentados em forma de fios picados (spray-up e mantas) ou fios contínuos (tecidos). Os tecidos podem se bi-direcionais, uni-direcionais, multiaxiais, tecidos na forma de tela (plain weave), sarja (twill), cetim (satin), etc. Os tecidos podem ser compostos de uma única fibra ou duas ou mais fibras, fazendo-se assim os tecidos híbridos (vidro+carbono, vidro+aramida, carbono+aramida, vidro+carbono+aramida).**



**Tecido de Fibra de vidro**



**Tecido de Fibra de carbono**



**Tecido híbrido  
Fibra de Carbono+ Aramida**

# Quais os métodos de laminação de compósitos?

O mais antigo e tradicional é o "HAND LAY UP", laminação manual. Ainda é muito usado por ser de fácil processamento, embora as propriedades técnicas do laminado não sejam uniformes.

Há o sistema chamado "SPRAY-UP", que consiste em projetar a fibra picada e a resina ao mesmo tempo em um molde. Utiliza-se um equipamento que funciona com ar comprimido que picota a fibra e cria um "spray" de resina. Também é muito usado por ser de fácil processamento, mas as propriedades técnicas do laminado também não são uniformes.

Há processos mais modernos e com maior tecnologia como o de colocar previamente os reforços no molde fechado (bolsa ou contra-molde) e através de vácuo fazer com que a resina flua pelo molde. RTM, RTM light, INFUSÃO, etc. Podem-se obter peças de grandes dimensões e as propriedades são muito precisas.

Há ainda o sistema chamado de "PRE-PREG".

- O que é um pre-preg?



**- O que é um pre-preg?**

**- Trata-se um tecido de reforço previamente impregnado com resina.**

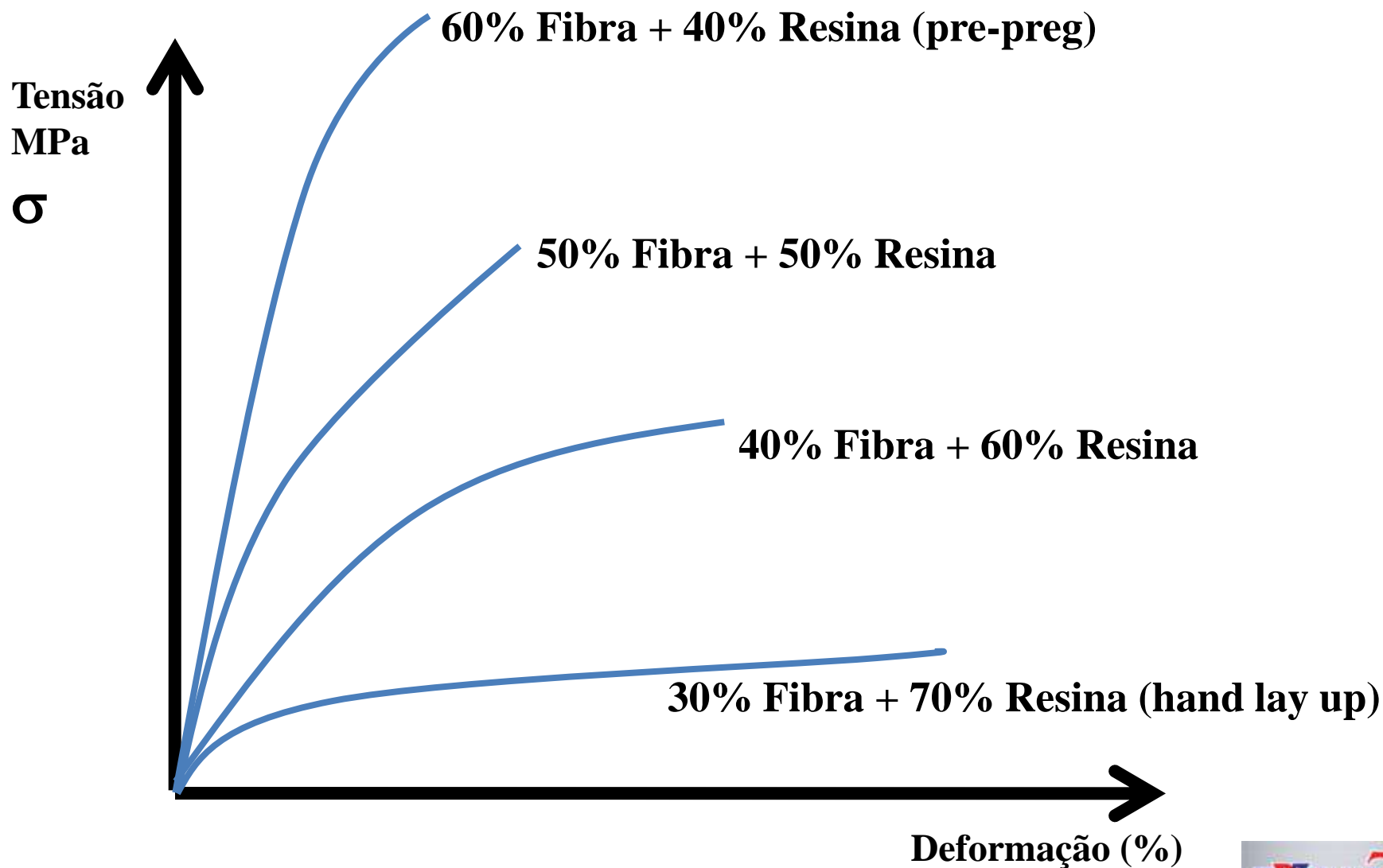
**- Qual é a vantagem de se trabalhar com pre-pregs?**

**- Sabe-se que uma peça em composite tem a forma dada pela resina e a resistência dada pelo reforço.**

**Respeitados certos limites de conformação da peça, quanto maior for a % de reforço, maior será a resistência da peça.**

**Além disso, evita-se o desperdício de resina.**

Este gráfico demonstra bem que quanto mais rica em reforço for a relação “fibra x resina” maior é a tensão (resistência)



# **RESINAS TERMOFIXAS e TERMOPLÁSTICAS:**

- Quais os tipos de resinas que existem no mercado?
- Existem vários tipos de resinas, mas basicamente podemos dividi-las em "TERMOFIXAS" e "TERMOPLÁSTICAS".
- Qual é a diferença entre as resinas TERMOFIXAS e as TERMOPLÁSTICAS?
- Resinas TERMOFIXAS são resinas que são formadas a partir de um polímero e um endurecedor ou catalizador, criando-se um novo polímero. Este polímero, uma vez formado, adquire novas propriedades físico-químicas, e mesmo aquecido, não volta ao seu estado original.

**As resinas TERMOPLÁSTICAS, diferentemente das termofixas, quando aquecidas voltam ao seu estado original, podendo ser retrabalhadas e recicladas.**



- Quais os tipos de pre-pregs que existem no mercado?
- Até bem pouco tempo existiam apenas o pre-pregs feitos a partir de resinas termofixas.

A **TEXIGLASS** está lançando no Brasil o pre-preg fabricado a partir de resinas termoplásticas.

**- Qual é a vantagem de se utilizar pre-pregs termoplásticos?**

**- Os pre-pregs termofixos, têm um tempo de vida (shelf-life) bastante curto (geralmente entre 1 e 3 meses) e precisam ser armazenadas em câmara fria ou freezers.**

**Além disso, os pre-pregs termofixos precisam ser retirados da câmara fria várias horas antes de sua utilização, o que colabora para diminuir o "shelf-life" do pre-preg.**

**O processamento é bastante demorado; geralmente precisa-se de várias horas para fazer a cura obedecendo alguns gradientes de "tempo X temperatura", e depois geralmente precisa-se ainda de uma pós-cura.**

**No processamento de um pre-preg termofixo, pode-se obter uma peça por dia de trabalho.**

**A primeira grande vantagem do pre-preg termoplástico é que ele dispensa o uso de câmara fria e tem um tempo de vida (shelf-life) praticamente indefinido.**

**Porém a maior vantagem está no reduzido tempo de processamento para se fabricar uma peça.**

**Pode-se colocar o pre-preg diretamente no molde previamente aquecido, esperar o tempo de conformação (geralmente apenas alguns minutos), esfriar o molde e retirar a peça pronta.**

**A grande barreira para a fabricação de peças seriadas em composites sempre foi justamente o demorado tempo de processamento. Com o pre-preg termoplástico, essa barreira foi quebrada.**

**Grosso modo, pode-se dizer que enquanto que com o pre-preg feito a partir de resinas termofixas pode-se fabricar uma peça por dia, com o pre-preg termoplástico pode-se fabricar uma ou mais peças por hora.**

**Dependendo do processamento, podem-se obter até várias peças por hora.**

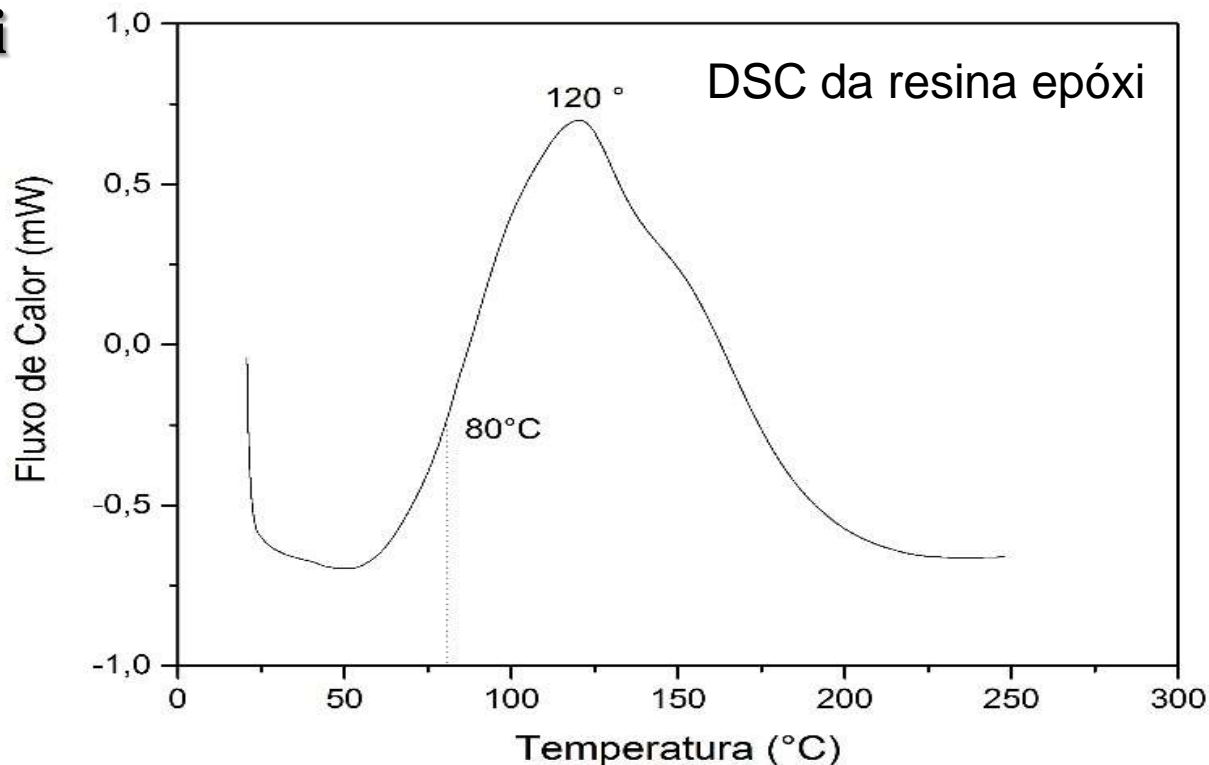
**Produção com pre-preg termofixo**



**Produção com pre-preg termoplástico**



# Resina Epóxi



**Dados:** aquecimento de 25 °C a 250 °C com taxa de aquecimento de 10°C/min em ar Nitrogênio (N<sub>2</sub>) com fluxo de 50ml/min.

De acordo com o gráfico, o início do processo de cura da resina inicia-se em aproximadamente 50 °C e apresenta em 120°C a máxima velocidade de reação. Assim, optou-se por processar o material em 80 °C de modo a garantir boa qualidade do laminado com uma taxa de liberação de voláteis em um velocidade intermediária.

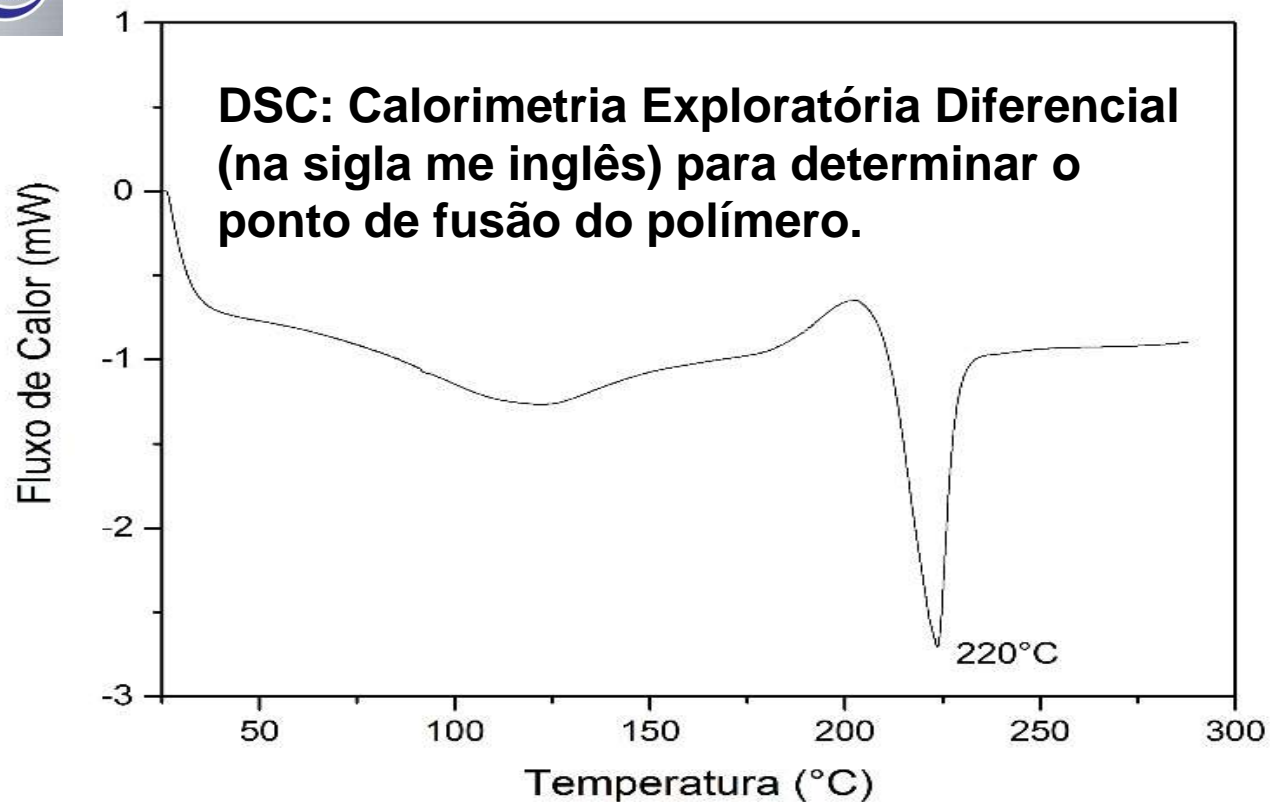
Desta forma, o laminado permaneceu em estufa a 80°C por 4 h, descansando em temperatura ambiente por mais 12 h.

**Tempo de Processamento: 16 h**

# Corpos de prova do laminado CF/Epoxi usinado via CNC Router



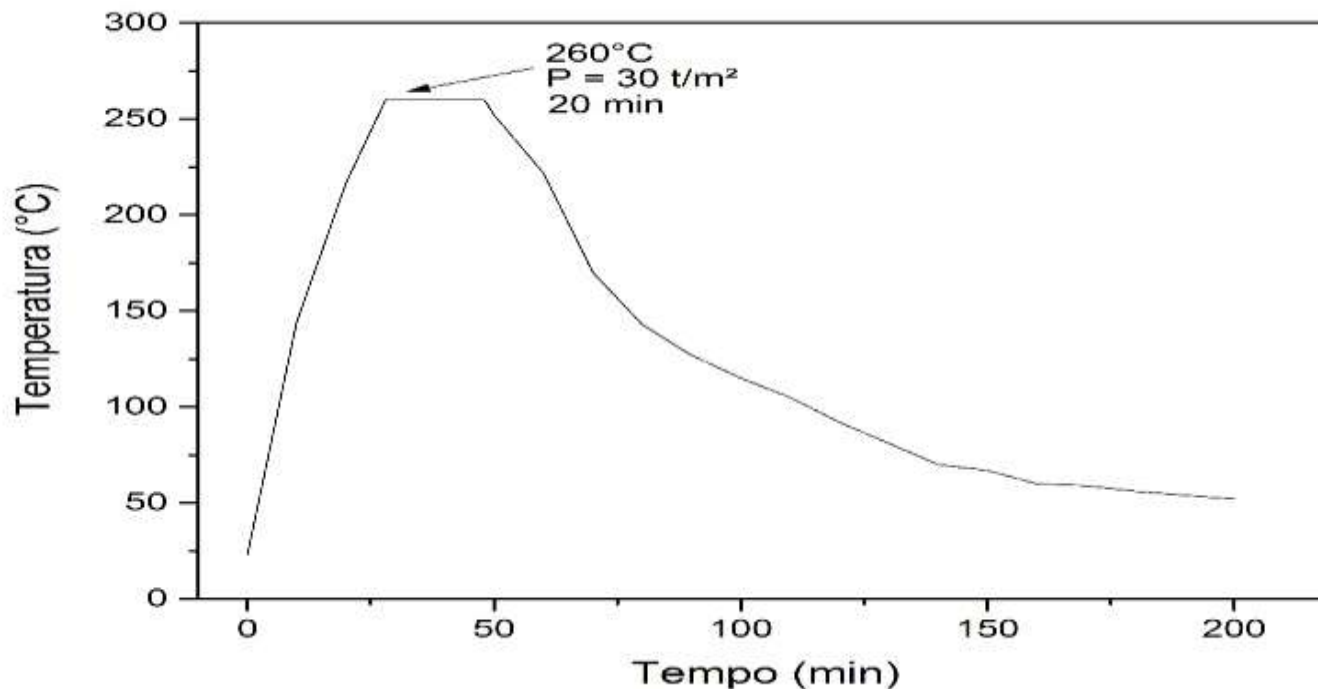
## Fibra de Carbono com poliamida FC/PA6



**Dados: aquecimento de 25 °C a 280 °C com taxa de aquecimento de 10°C/min em ar Nitrogênio (N<sub>2</sub>) com fluxo de 50ml/min.**

**De acordo com o gráfico, a temperatura de fusão da poliamida 6 (PA6) é 220°C. O pico característico é de caráter endotérmico (voltado para baixo), o que comprova ser um processo físico de fusão do polímero.**

## Ciclo de processamento do material CF/PA6

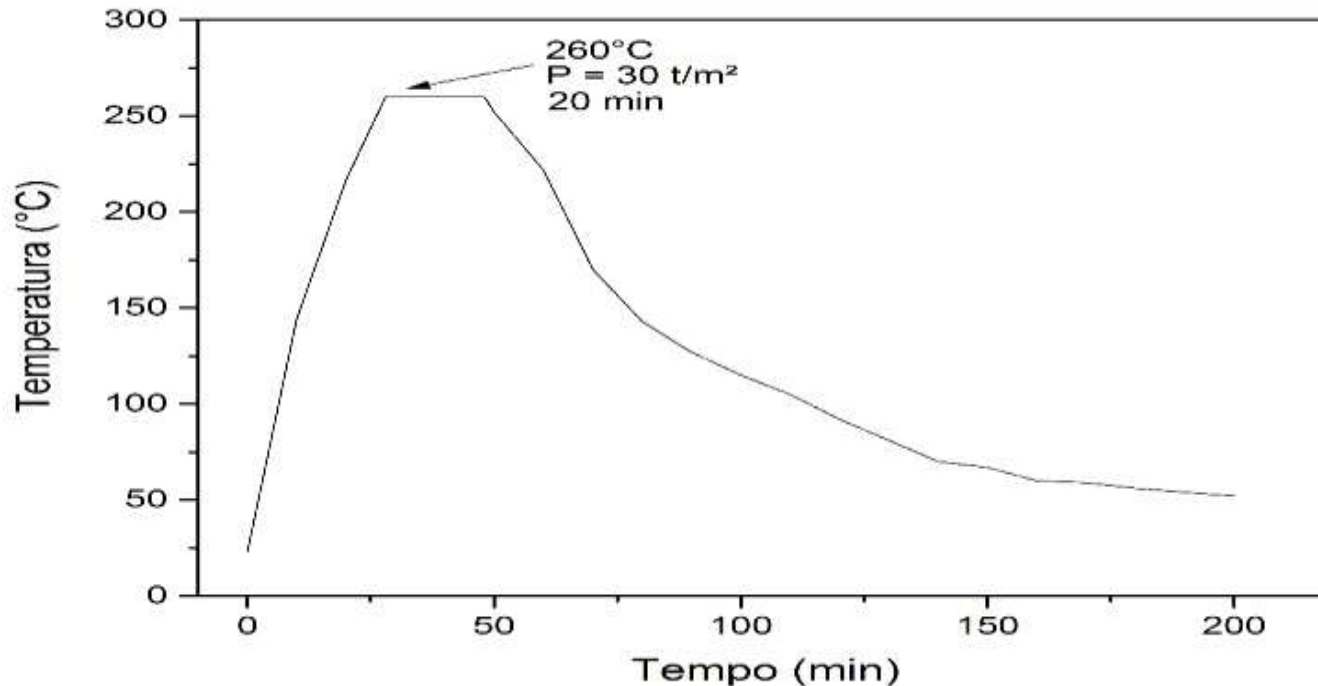


- I – Aquecimento de 25°C a 260°C
- II – Isoterma em 260°C (por 20 min com pressão de 30 ton/m<sup>2</sup>)
- III – Resfriamento brando, sob pressão, até o fim do ciclo.

**O material foi processado via consolidação sob pressão (prensa hidráulica com sistema de aquecimento) na temperatura de 260°C, ou seja, 40°C acima do ponto de fusão, com o objetivo de diminuir sua viscosidade e melhorar a molhabilidade da matriz fundida por entre as fibras de reforço.**



## Ciclo de processamento do material CF/PA6



- I – Aquecimento de 25°C a 260°C
- II – Isoterma em 260°C (por 20 min com pressão de 30 ton/m<sup>2</sup>)
- III – Resfriamento brando, sob pressão, até o fim do ciclo.

**O tempo de processamento foi longo pois optou-se por resfriamento ambiente. Poder-se-ia ter feito o resfriamento forçado, com água gelada, por exemplo. Notar que levou-se 15 min para atingir a temperatura de fusão e pouco mais de 10 min para atingir a temperatura de processamento e mais 20 min de isoterma.**

## Ensaio de cisalhamento interlaminar



Corpo de prova do material CF/PA6 durante ensaio de cisalhamento interlaminar

De acordo com a Figura, percebe-se que o corpo de prova deformou-se até o ponto em que o rolete superior comprime o material antes de sua falha. Desta forma, o ensaio de cisalhamento interlaminar não obteve resultados conclusivos, porém comprovou que o material possui alta capacidade de deformação antes da fratura. Assim, pode-se inferir que o material possui alta tenacidade, que é a capacidade do material em absorver energia na forma de impacto.

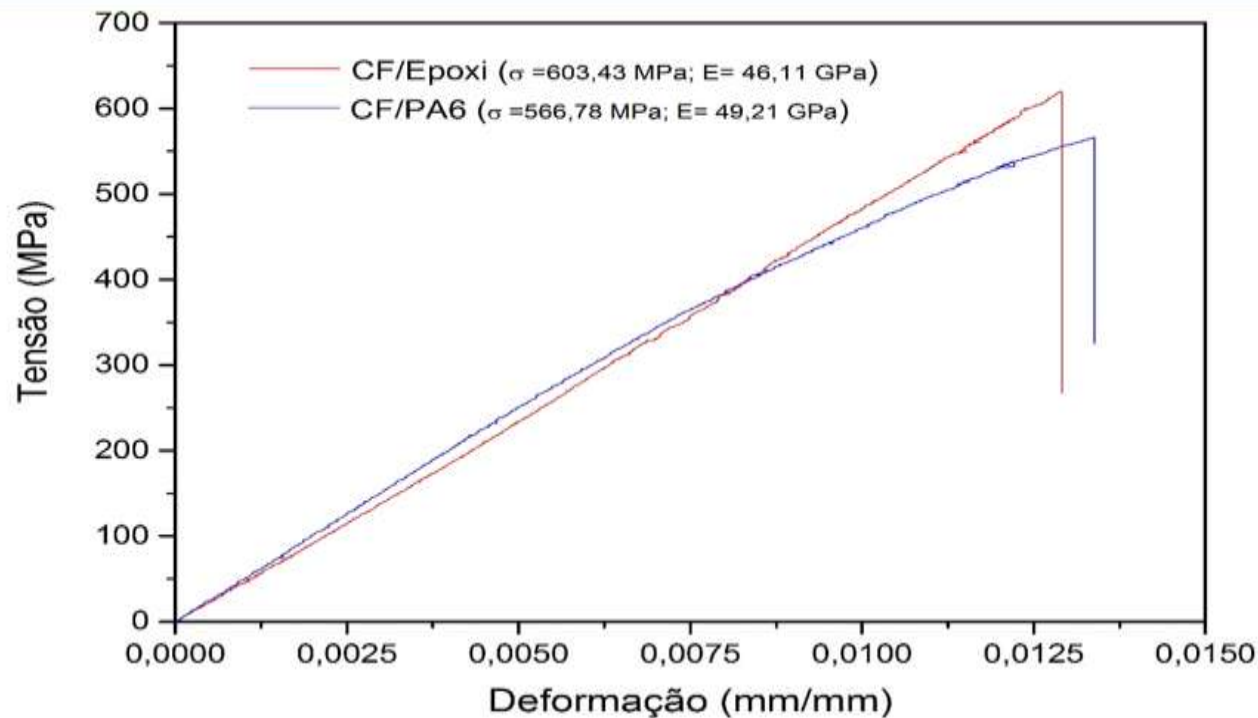


Figura 8 – Gráfico comparativo do ensaio de tração dos compósitos CF/PA6 e CF/Epoxi.

Material	Resistência à Tração	Módulo de Elasticidade
Pre-Preg FC/PA6 (Nylon)	566,78 MPa	49,21 GPa
Pre-Preg FC/Epóxi	603,43 MPa	46,11 GPa

# CONCEITO DE TG

- **O que é TG?**

- TG é a temperatura de transição vítrea; é a temperatura a partir da qual, a peça começa a sofrer distorções.

- **O TG dos termofixos é mais alto que o dos termoplásticos?**

- Geralmente sim, mas há vários tipos de resina termoplásticas que possuem TG muito alto (próximo a 300°C) como PPS, PEEK, PEAK, etc. Tudo vai depender da aplicação final da peça.

Um capô de automóvel utiliza-se à temperatura ambiente.

Um exemplo de aplicação é para capacetes de segurança (do tipo utilizado por pedreiros) que podem ser fabricados com pre-pregs termoplásticos reforçados com fibra de vidro, com baixo custo e alta performance.

**-Quais os tipos de pre-preg termoplásticos?**

**-Como foi dito anteriormente, há vários tipos de resinas termoplásticas com alta performance, como PPS, PEAK, PEEK, etc. Essas resinas são utilizadas em peças especiais de grande exigência técnica como peças aeronáuticas e aeroespaciais.**

**Há ainda outras resinas que a TEXIGLASS utiliza para fabricar pre-pregs termoplásticos como Poliamida (Nylon) e Acrílico.**



Vista Aérea das Fábricas em Vinhedo (SP) e  
detalhe do Laboratório de Controle de Qualidade



Obrigado pela atenção  
Giorgio Solinas

[giorgio@texiglass.com.br](mailto:giorgio@texiglass.com.br) [www.texiglass.com.br](http://www.texiglass.com.br) (19) 3515-5500

