

ENSAIOS RELEVANTES PARA ESTUDO DE VIDA ÚTIL DE UM PREPREG



AVISO LEGAL

INFORMAÇÃO PÚBLICA: As informações contidas nesta apresentação podem ser divulgadas para o público geral, interno e externo. A divulgação oficial só pode ser feita pela área de Comunicação Corporativa ou com autorização da direção que retém a informação ou um gestor apontado pelo mesmo.

➔ Expectativa

Compartilhar algum conhecimento sobre os ensaios capazes de detectar o avanço da cura resina, antes que as propriedades mecânicas sejam afetadas



AGENDA



01. Introdução

02. Materiais

03. Ensaaios

04. Dúvidas



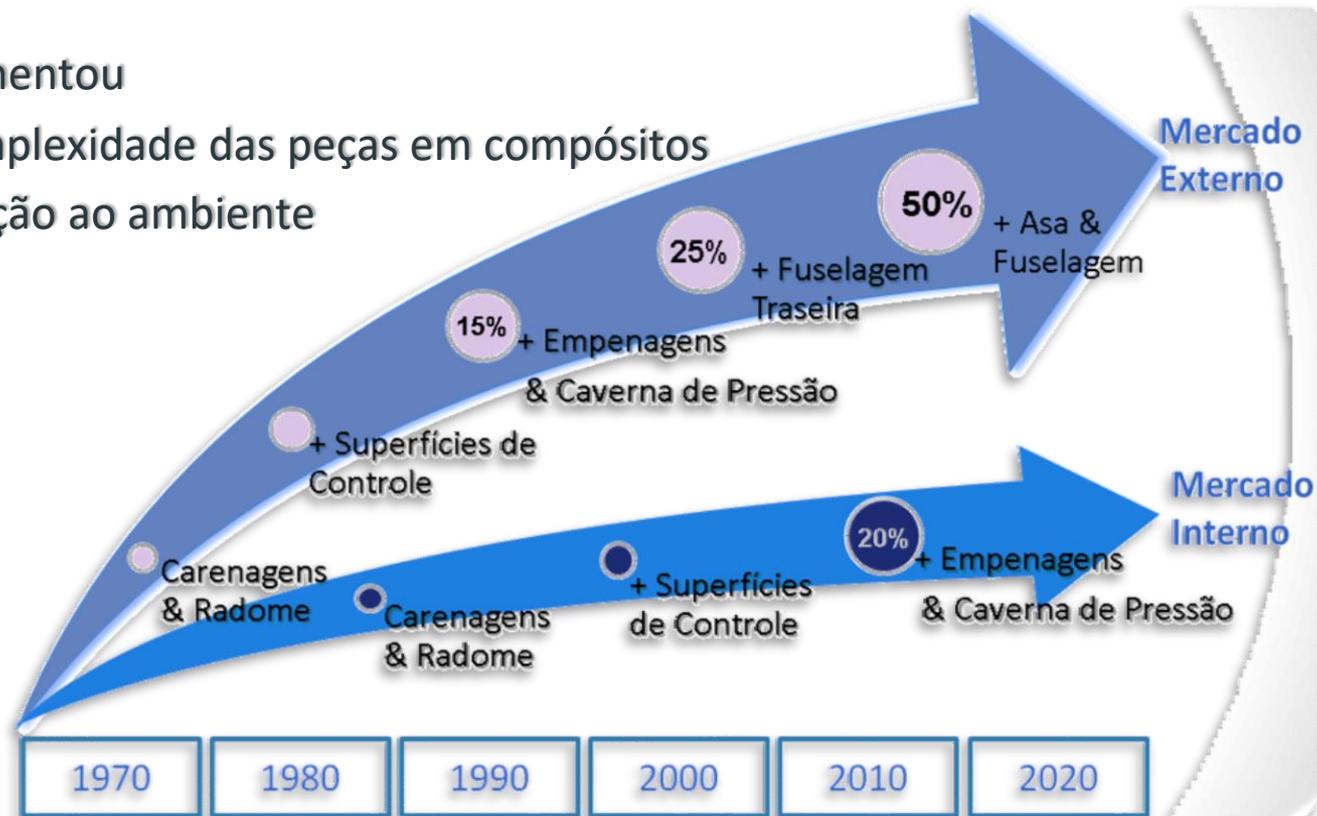
INTRODUÇÃO

CENÁRIO DO COMPÓSITOS NO MERCADO AERONÁUTICO

% Uso de compósitos aumentou

Maiores dimensões e complexidade das peças em compósitos

Longos tempos de exposição ao ambiente



FONTE: Produção da própria autora

INTRODUÇÃO

COMPÓSITOS EM PEÇAS AERONÁUTICAS

Tamanho das peças



A350-fuselage-panel – FONTE:-CTC-
Stade fig25



Airbus wing - A350 XWB - FONTE AIRBUS

Aplicação em peças estruturais



X-55 Advanced Composite Cargo
Aircraft Dornier – Fuselagem - FONTE:
Lockheed Martin

INTRODUÇÃO

IMPACTO



Garantir os mesmos aspectos

FONTE: Comseal Limited

Garantir o *tack*

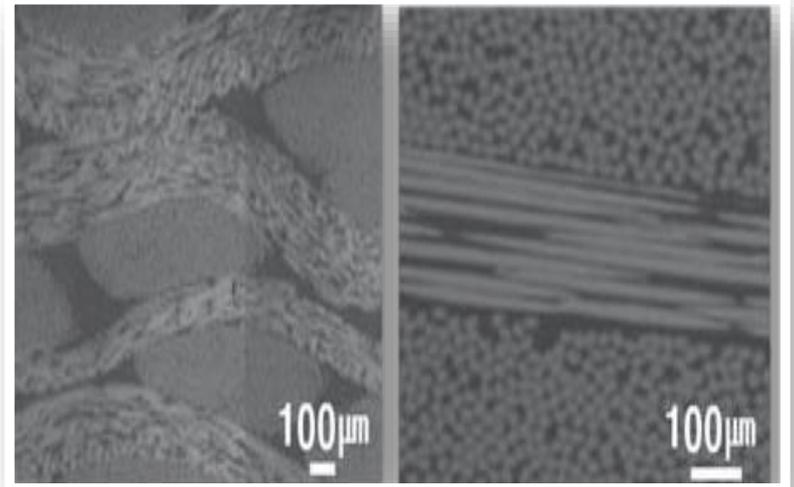


FONTE: Composite World, 2019

INTRODUÇÃO

IMPACTO

Garantir peças com boa qualidade



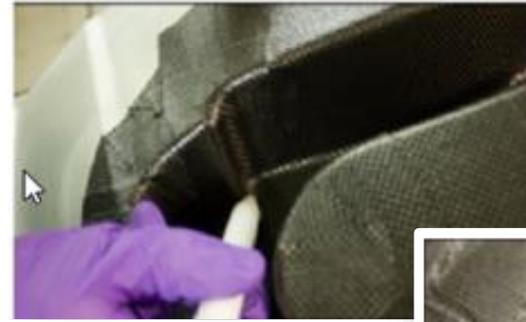
Baixa porosidade

INTRODUÇÃO

LAMINAÇÃO



Laminação manual



Laminação de
detalhes



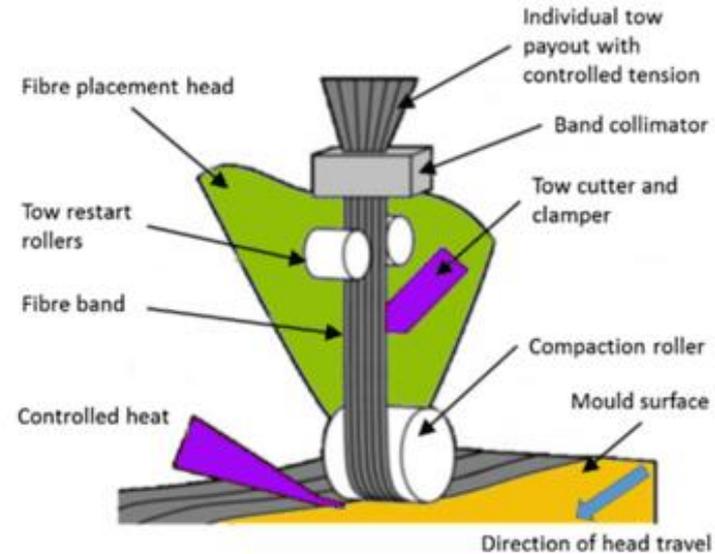
Formação de
rugos



Má acomodação
da camada

INTRODUÇÃO

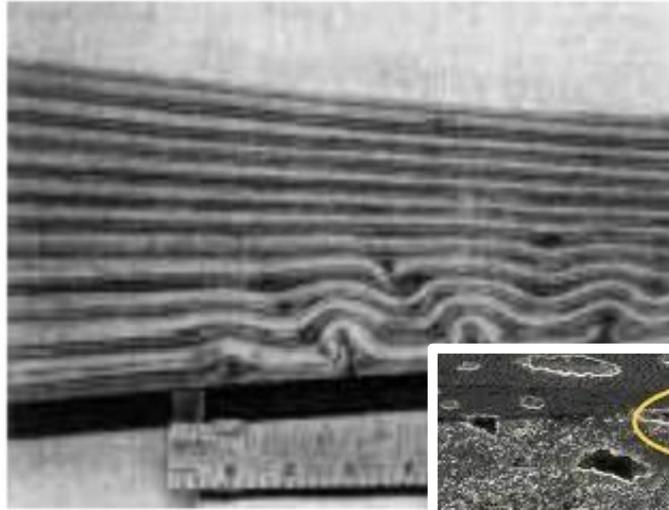
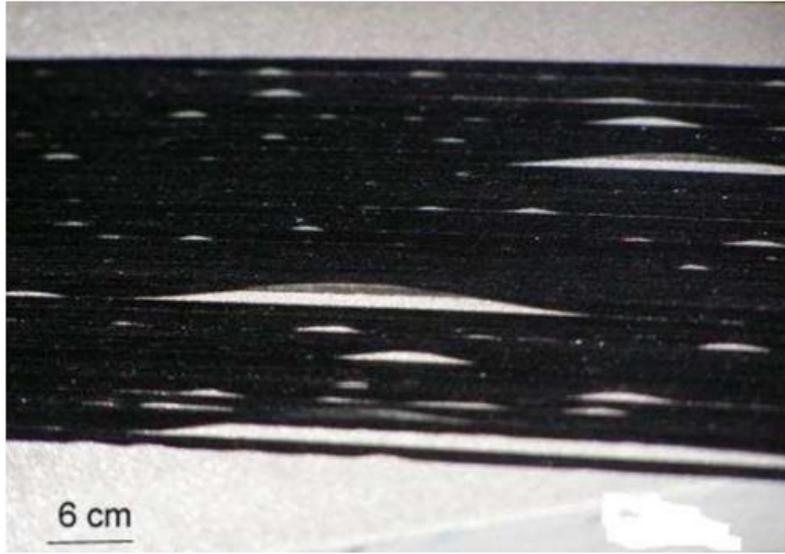
LAMINAÇÃO



Laminação automatizada

INTRODUÇÃO

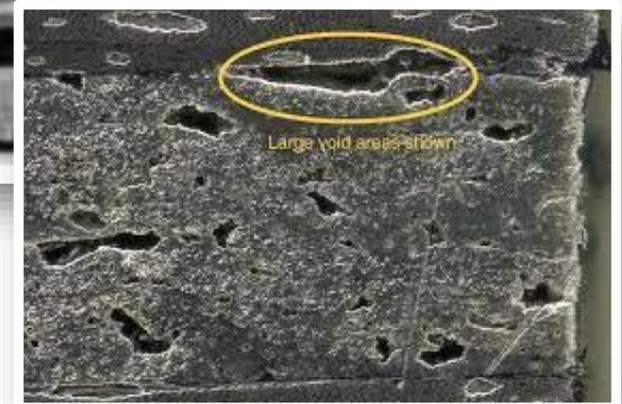
LAMINAÇÃO



Formação de
vazios após a
cura

Baixo *tack* na laminação automatizada

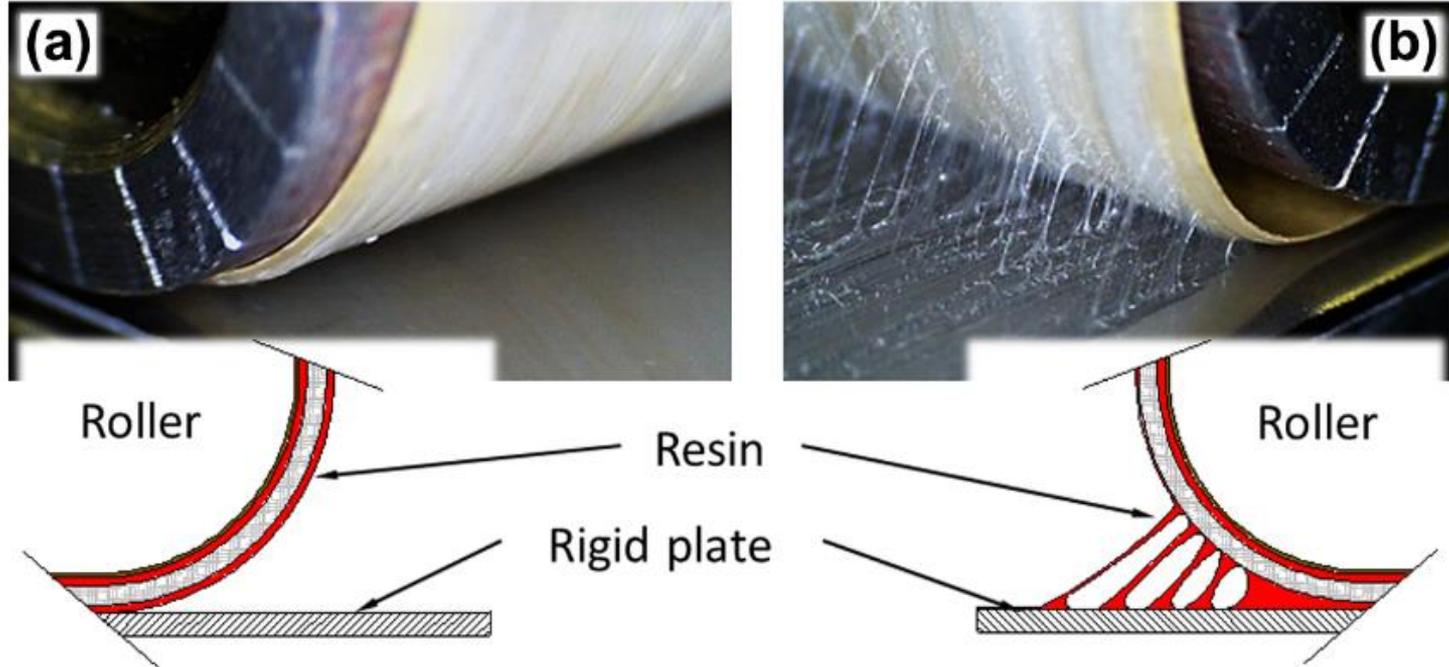
FONTE: Modelling slit tape buckling during automated prepreg manufacturing: A local approach



FONTE: Composites World

INTRODUÇÃO

TACK



tack na laminação

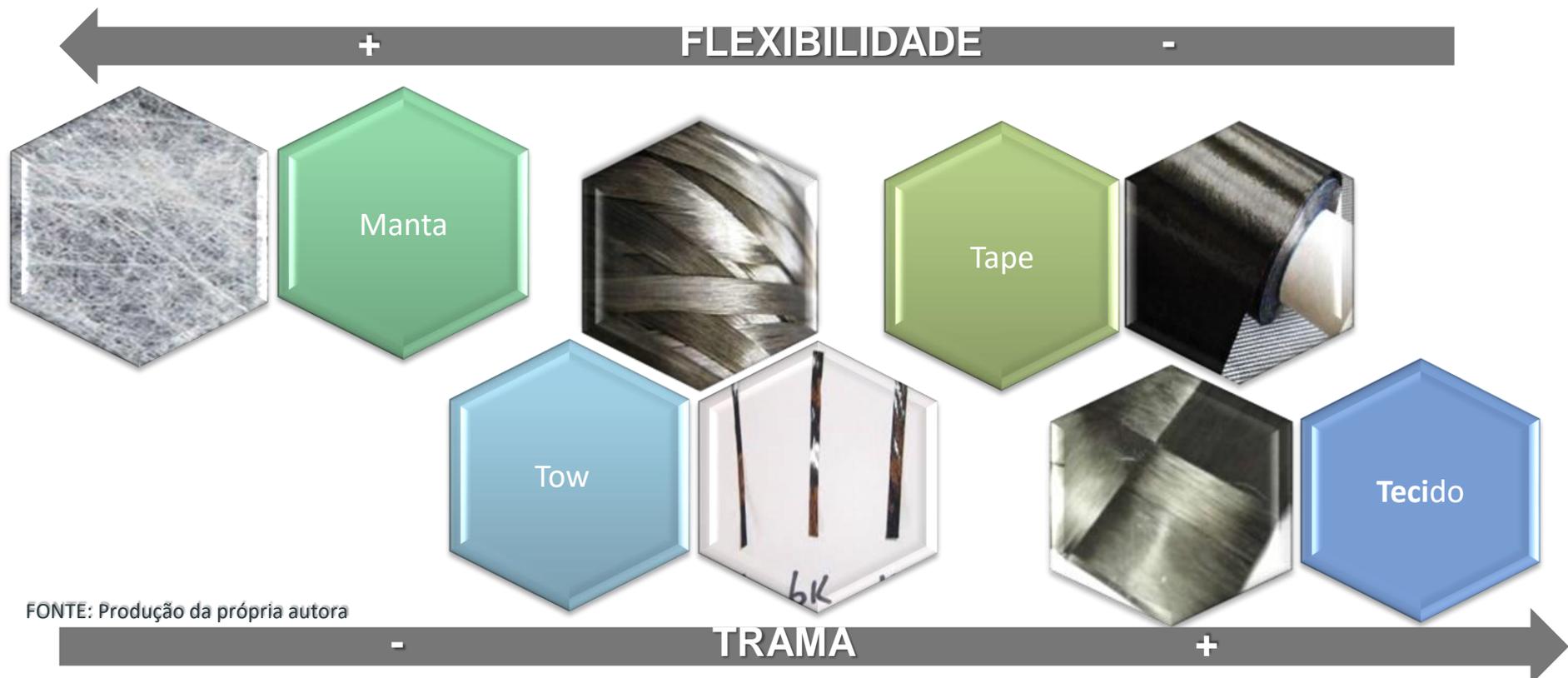
FONTE: R.J. Crossley et al./Composites: Part A 52 (2013) 126–133



MATERIAIS

FIBRAS

Formas, Tramas & Geometrias



FONTE: Produção da própria autora

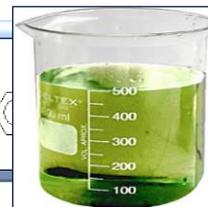


MATERIAIS

RESINAS

Termorrígidas

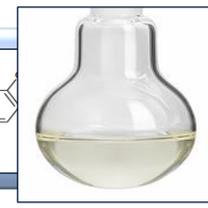
Epóxi



Fenólica



Bismaleimida

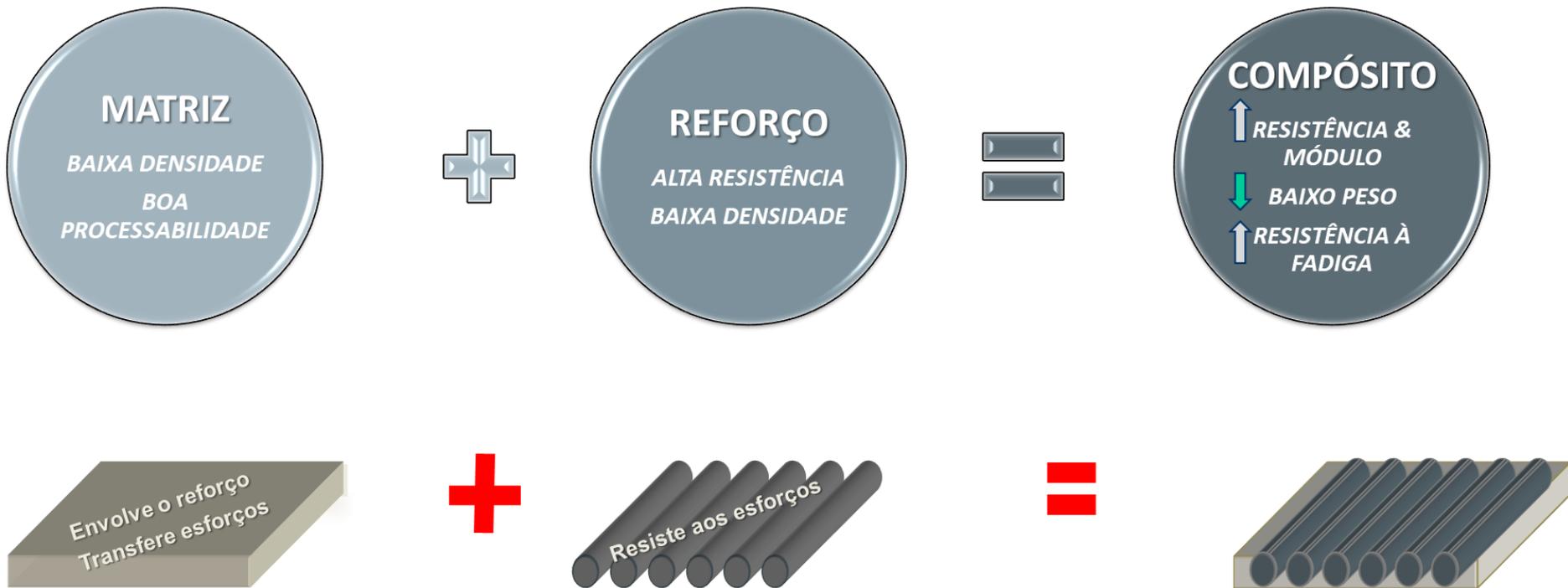


Outras



MATERIAIS

COMPÓSITO - PREPREG



FONTE: Produção da própria autora

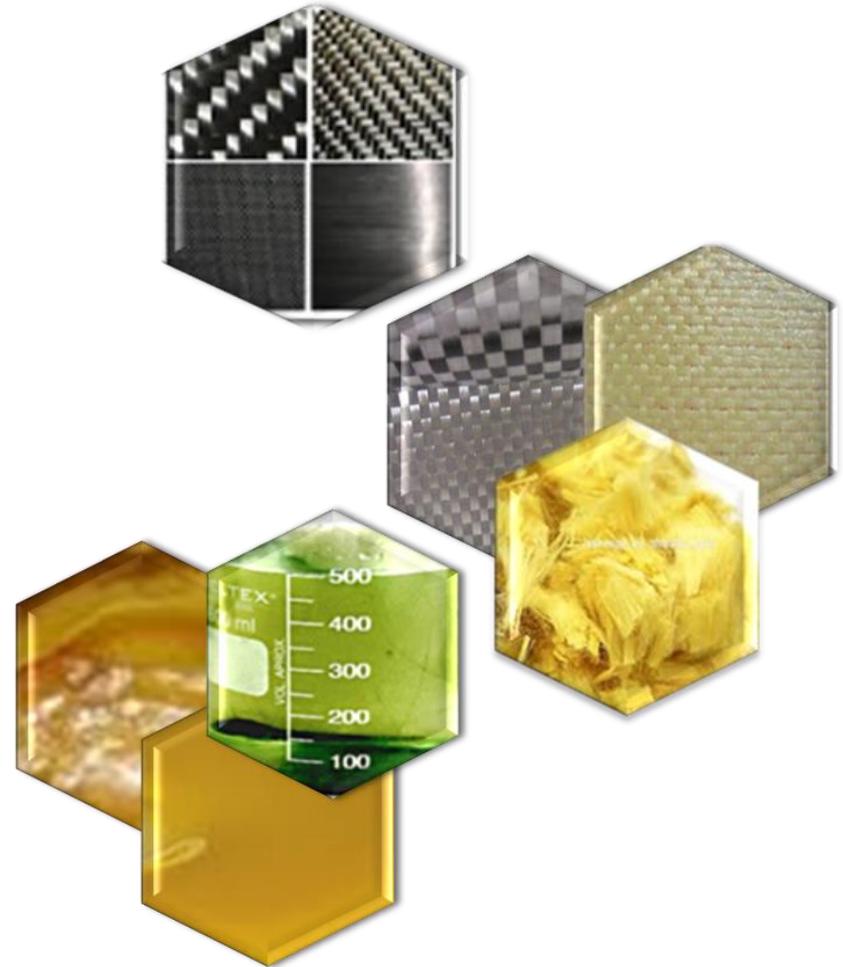
MATERIAIS

PREPREG:

Compósitos poliméricos

Constituídos por:

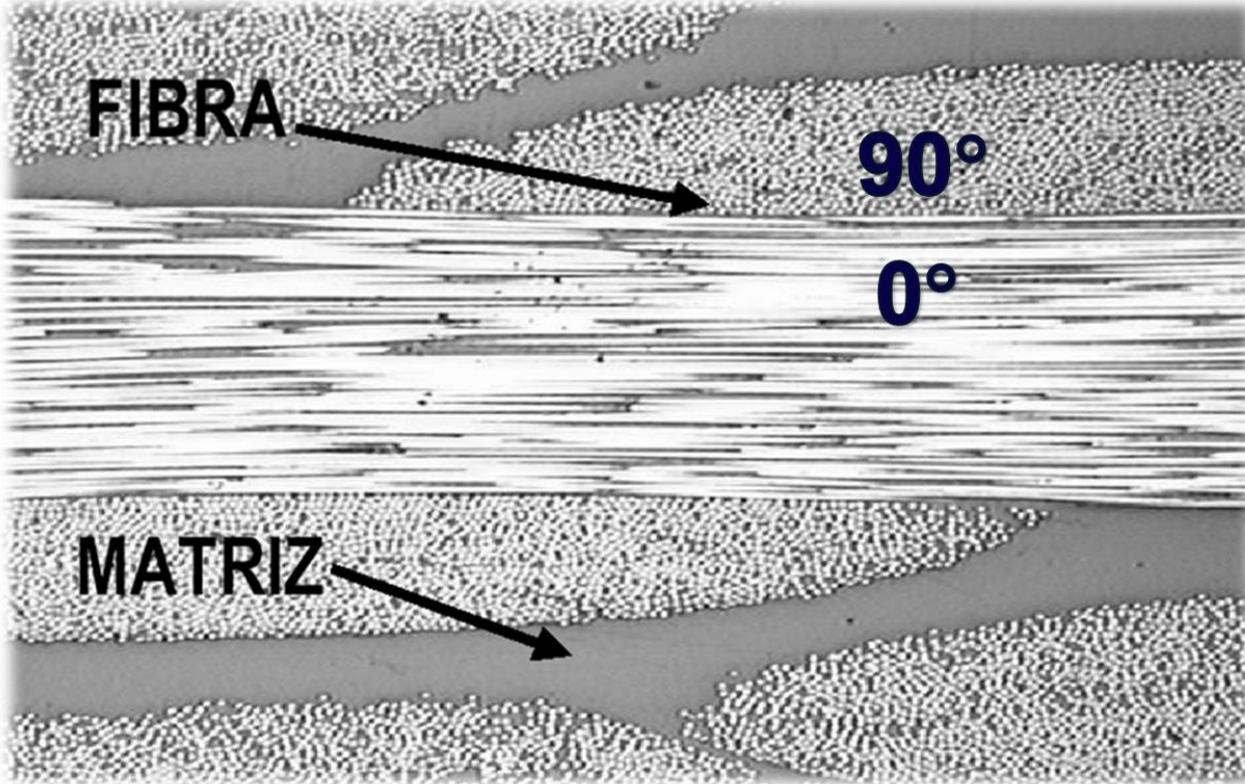
- **Fibras de alto desempenho:**
 - fibras de vidro,
 - aramida e/ou
 - carbono
- **Resinas termorrígidas :**
 - epóxi,
 - fenólica,
 - bismaleimida,
 - outras



FONTE: Produção da própria autora

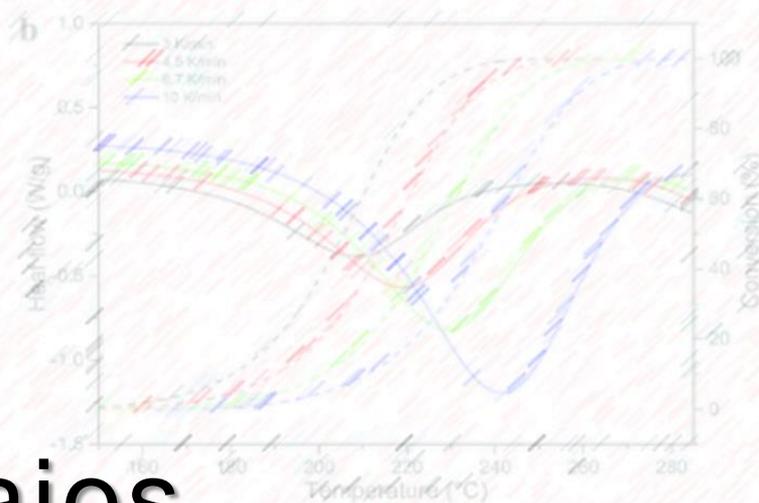
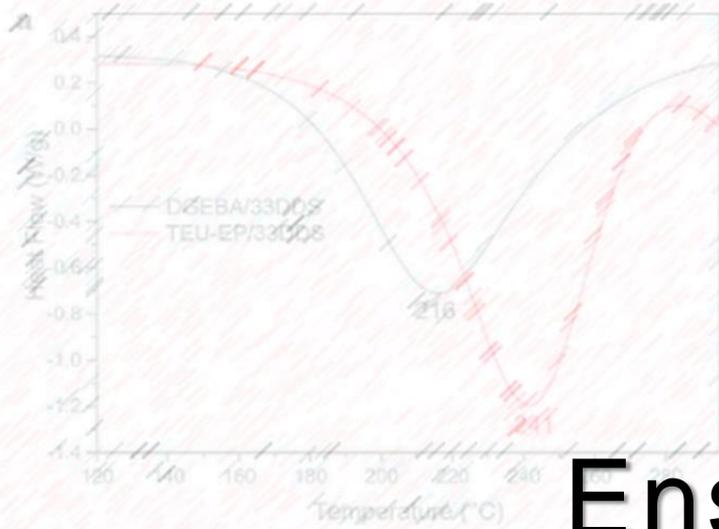
MATERIAIS

PREPREG:

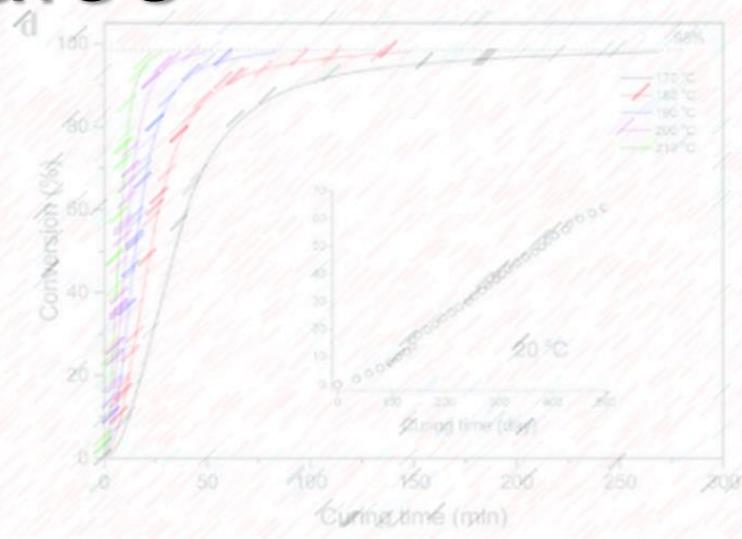
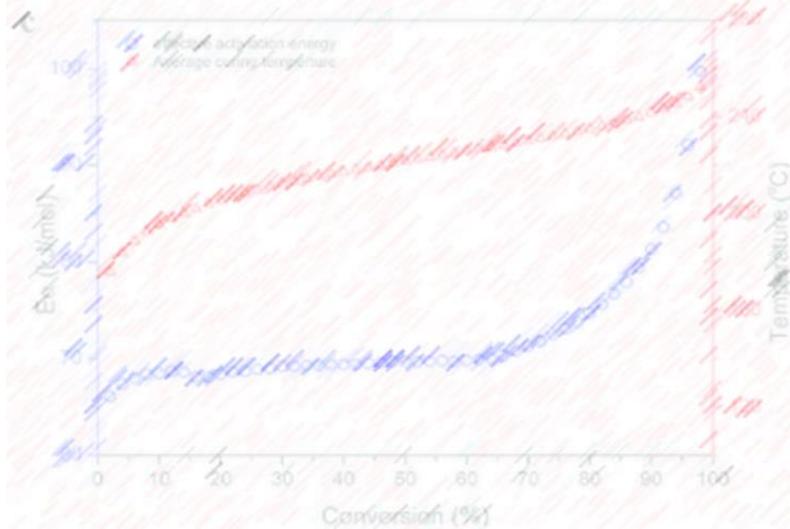


PREPREG ESTRUTURAL
FRAÇÃO VOLUMÉTRICA:
RESINA ~ 40%
FIBRA ~ 60%

FONTE: Produção da própria autora



Ensaïos

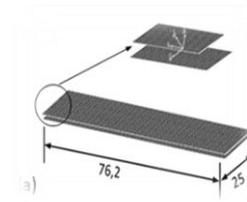


ENSAIOS

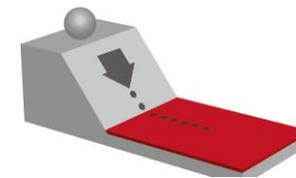
ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

TACK

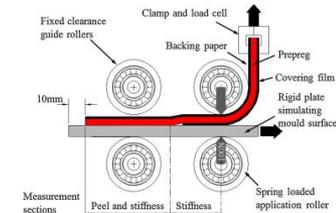
Nível de <i>Tack</i>	Parâmetro
I	Baixo <i>tack</i> , <i>prepreg</i> está rígido e não flexível;
II	<i>Prepreg</i> seco, mas ainda levemente dobrável;
III	<i>Prepreg</i> com leve <i>tack</i> , capaz de auto-aderência, mas não é capaz de colar a uma superfície vertical; ou incapaz de permanecer colado a uma superfície vertical por 30 minutos;
IV	<i>Prepreg</i> com bom <i>tack</i> , capaz de auto-aderência e de permanecer colado a uma superfície vertical por mais de 30 minutos;
V	<i>Prepreg</i> pegajoso, gruda na mão, nas luvas, mas sem deixar resíduo de resina;
VI	<i>Prepreg</i> com alto <i>tack</i> , sensivelmente molhado com resina e transfere resina quando tocado.



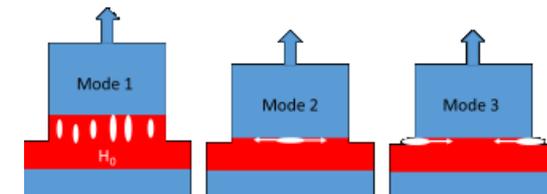
FONTE: Produção da própria autora



FONTE: tesa SE



FONTE: Davide S. A. De Focatiis



FONTE: Sticking Together: The Science of Adhesion

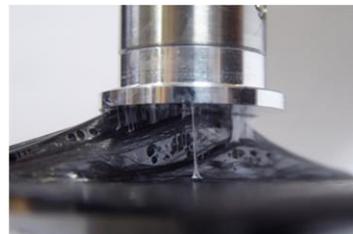
Referência: NCAMP(National Center for Advanced Materials Performance)

ENSAIOS

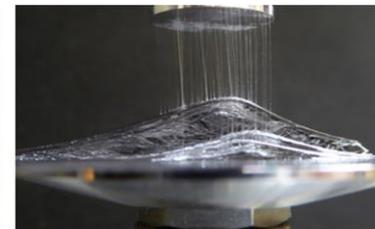
ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

TACK

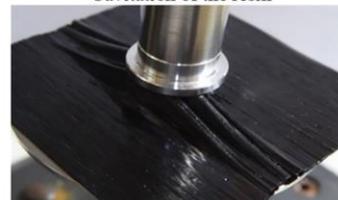
Nível de <i>Tack</i>	Parâmetro
I	Baixo <i>tack</i> , <i>prepreg</i> está rígido e não flexível;
II	<i>Prepreg</i> seco, mas ainda levemente dobrável;
III	<i>Prepreg</i> com leve <i>tack</i> , capaz de auto-aderência, mas não é capaz de colar a uma superfície vertical; ou incapaz de permanecer colado a uma superfície vertical por 30 minutos;
IV	<i>Prepreg</i> com bom <i>tack</i> , capaz de auto-aderência e de permanecer colado a uma superfície vertical por mais de 30 minutos;
V	<i>Prepreg</i> pegajoso, gruda na mão, nas luvas, mas sem deixar resíduo de resina;
VI	<i>Prepreg</i> com alto <i>tack</i> , sensivelmente molhado com resina e transfere resina quando tocado.



Cavitation of the resin



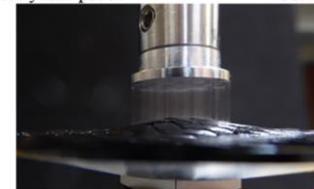
Fibrillation of the resin



Failure of the interfaces yarns/probe



Fracture in the yarn



Failure of the interface prepreg/support

Referência: NCAMP(National Center for Advanced Materials Performance)

Fonte: Influence of the reinforcement on prepreg tack
Desire Mbotto Tonye, Karine Buet Gautier – Polymer - Composite

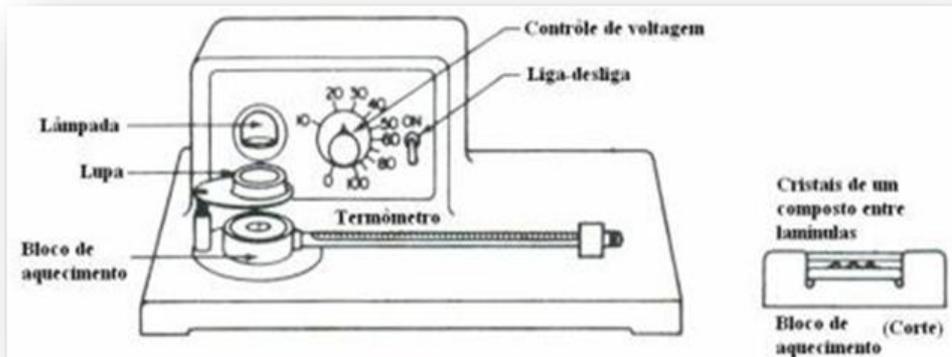


ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

Tempo de Gelificação

conforme ASTM D 3532



FONTE: Produção da própria autora



ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

Teor de Voláteis

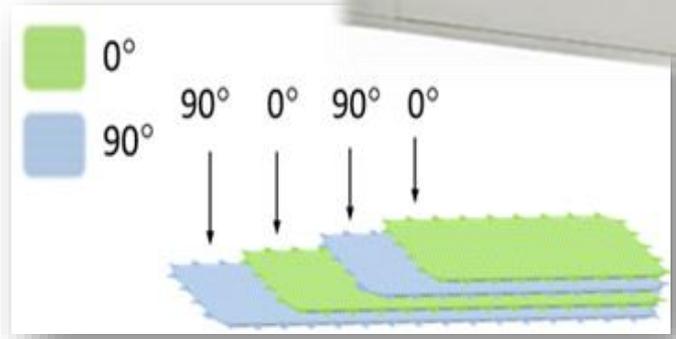
conforme ASTM D 3530

$$V_c (\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

M_i = massa inicial (g),

M_f = massa final (g)

(após removido do forno)



FONTE: Produção da própria autora

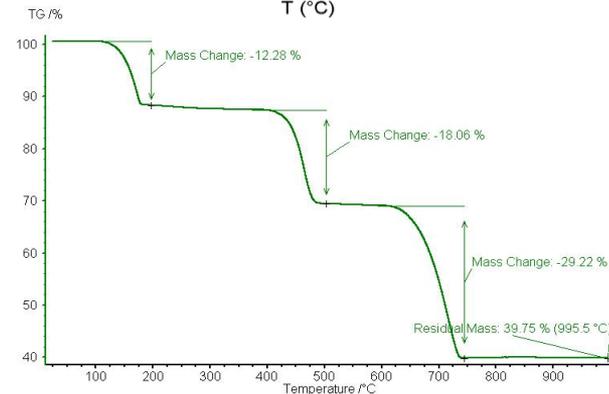
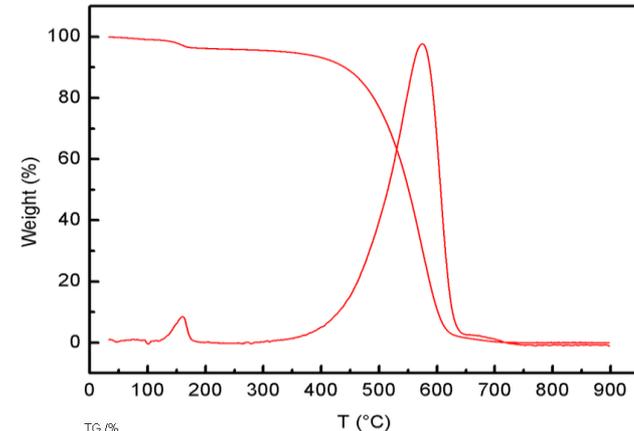


ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

TGA (Termogravimetria)

conforme ASTM D 2550





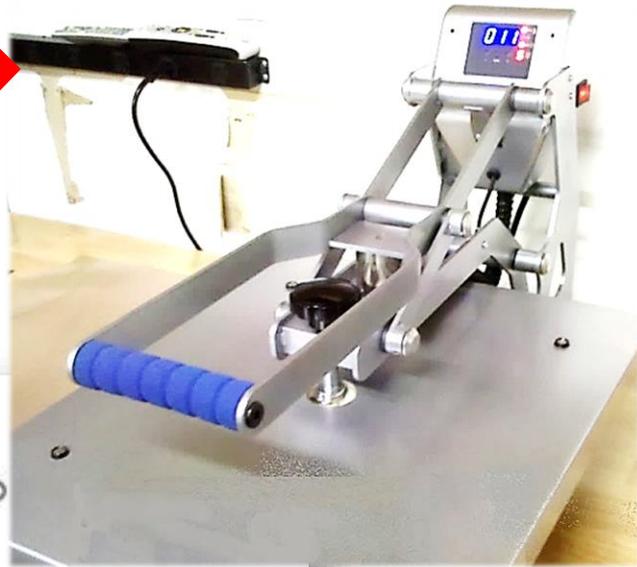
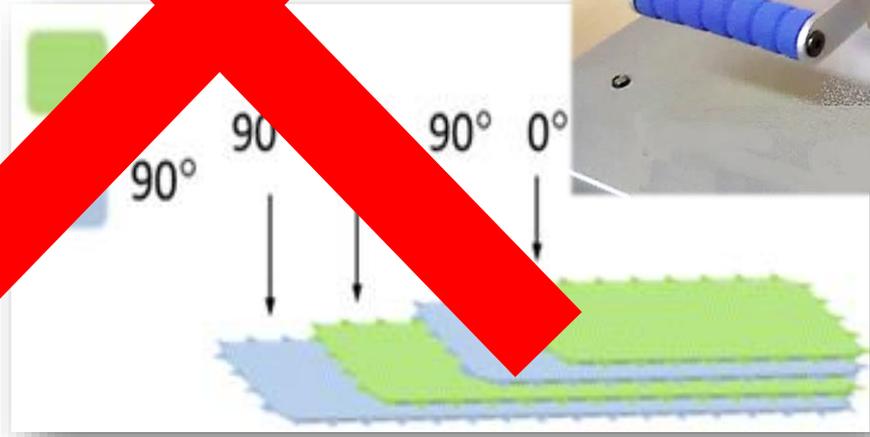
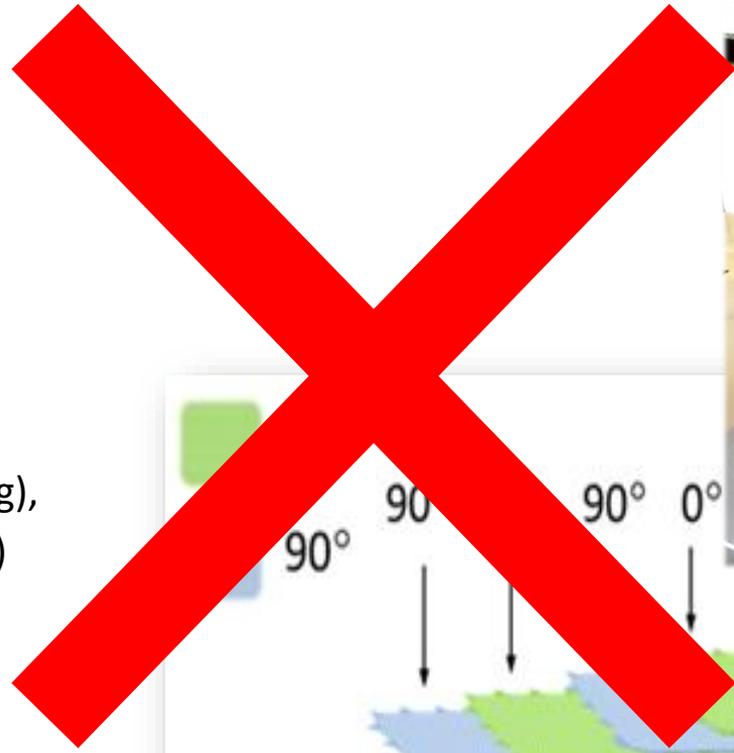
ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

Fluxo de Resina
conforme ASTM D 3531

$$RF (\%) = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Wi = massa inicial do CDP (g),
Wf = massa final do CDP (g)
(após o teste de Fluxo)



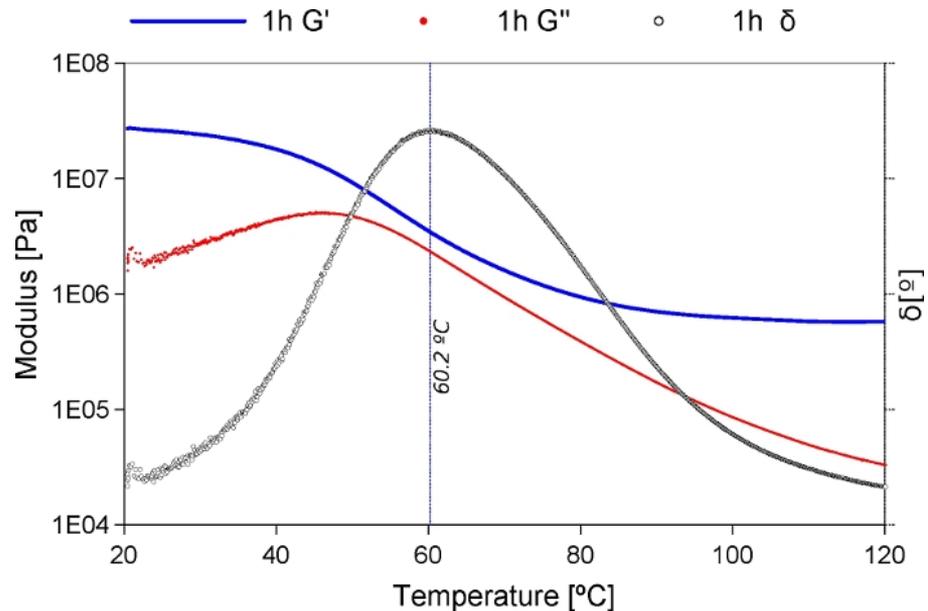
FONTE: Produção da própria autora



ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

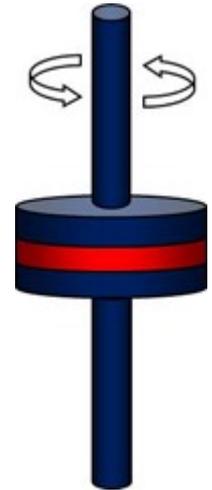
Reometria



Fonte: Rheology of Thermosets Part 2: Rheometers
Jeffrey Gotro



Reômetro
Fonte: Arlon Electronic Materials



Fonte: Rheology of Thermosets
Part 2: Rheometers
Jeffrey Gotro



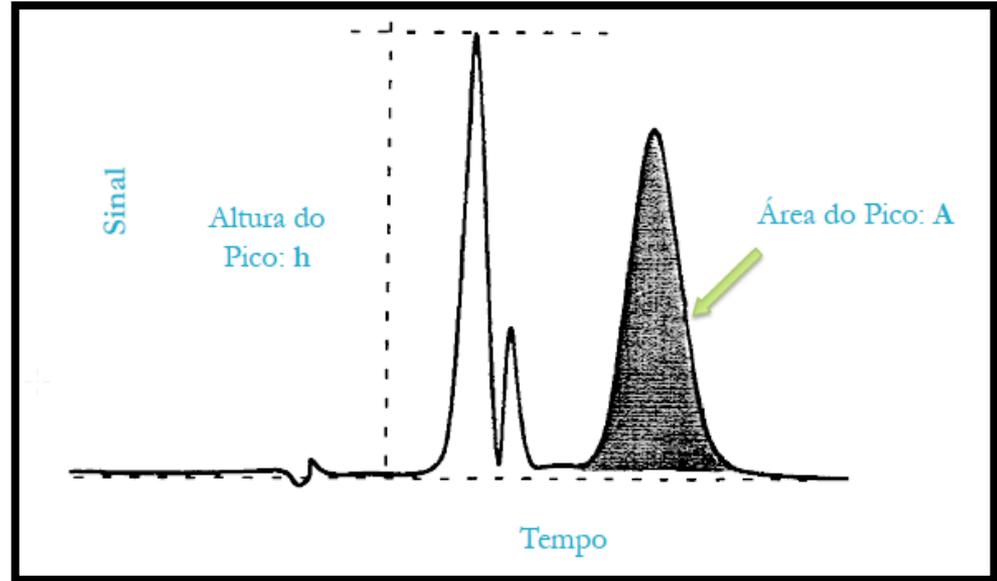
ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

HPLC (High Performance Liquid Chromatography)



Identificação dos grupos funcionais



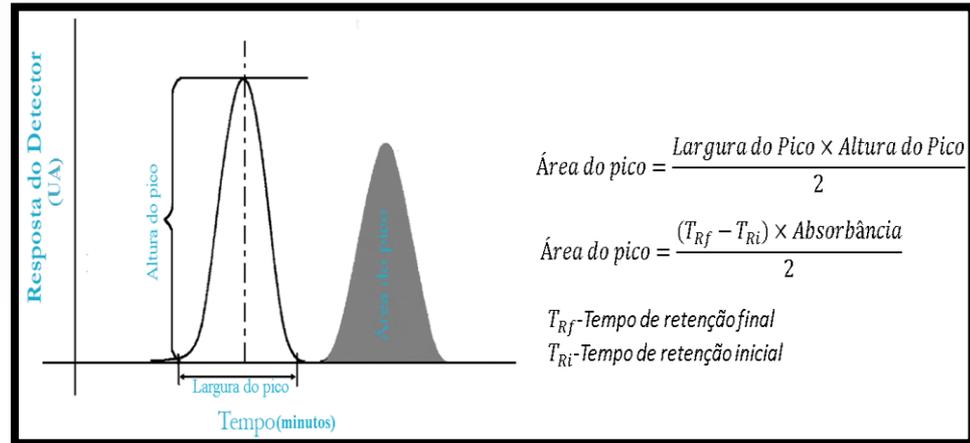
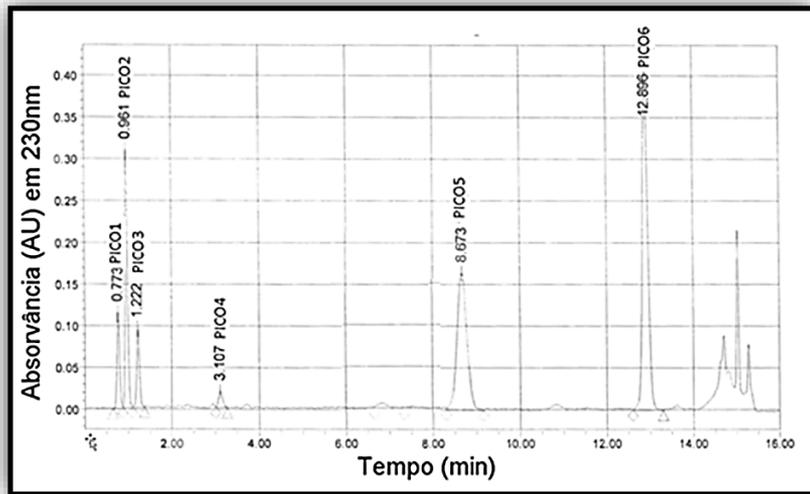


ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

Identificação dos grupos funcionais



$$\text{Área do pico} = \frac{\text{Largura do Pico} \times \text{Altura do Pico}}{2}$$

$$\text{Área do pico} = \frac{(T_{Rf} - T_{Ri}) \times \text{Absorbância}}{2}$$

T_{Rf} - Tempo de retenção final
 T_{Ri} - Tempo de retenção inicial

FONTE: Produção da própria autora



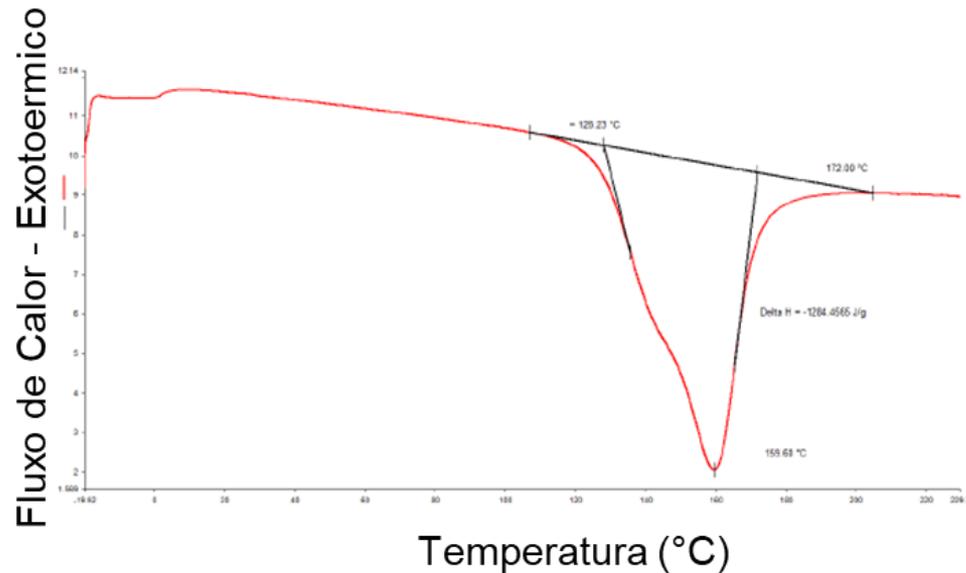
ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG NÃO CURADO

DSC (Calorimetria Diferencial Exploratória)



DSC 8000– FONTE: PerkinElmer



FONTE: Produção da própria autora



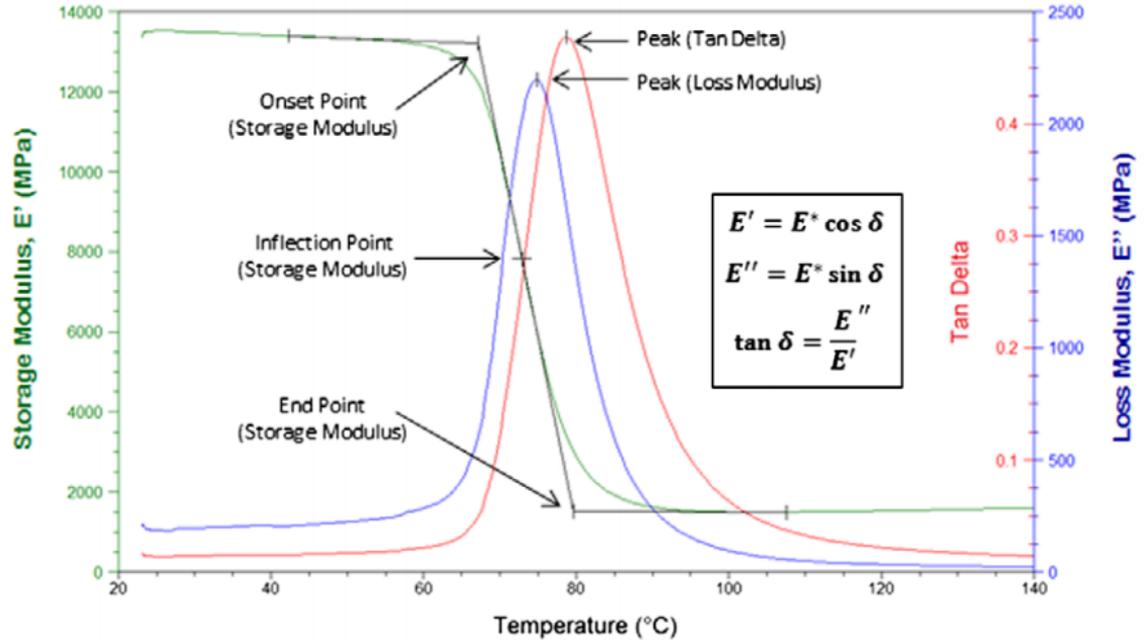
ENSAIOS

ENSAIOS FÍSICOS - PREPREG CURADO

DMA (Análise Dinâmico Mecânica)



DMA 8000



FONTE: PerkinElmer

DÚVIDAS

Tanila Faria
Tanila.faria@Embraer.com.br

