



Resina líquida termoplástica para compósitos reforçados com fibras contínuas

POLIMERIZÁVEL EM CADEIA,

PROCESSADA COMO TERMOFIXO,

TERMOFORMÁVEL, SOLDÁVEL E RECICLÁVEL

Painel Sul – Tecnologias para fabricação de peças em composites, poliuretano e plástico de engenharia

Felipe Medeiros

08 JUNHO 2016



Arkema em Compósitos Termoplásticos



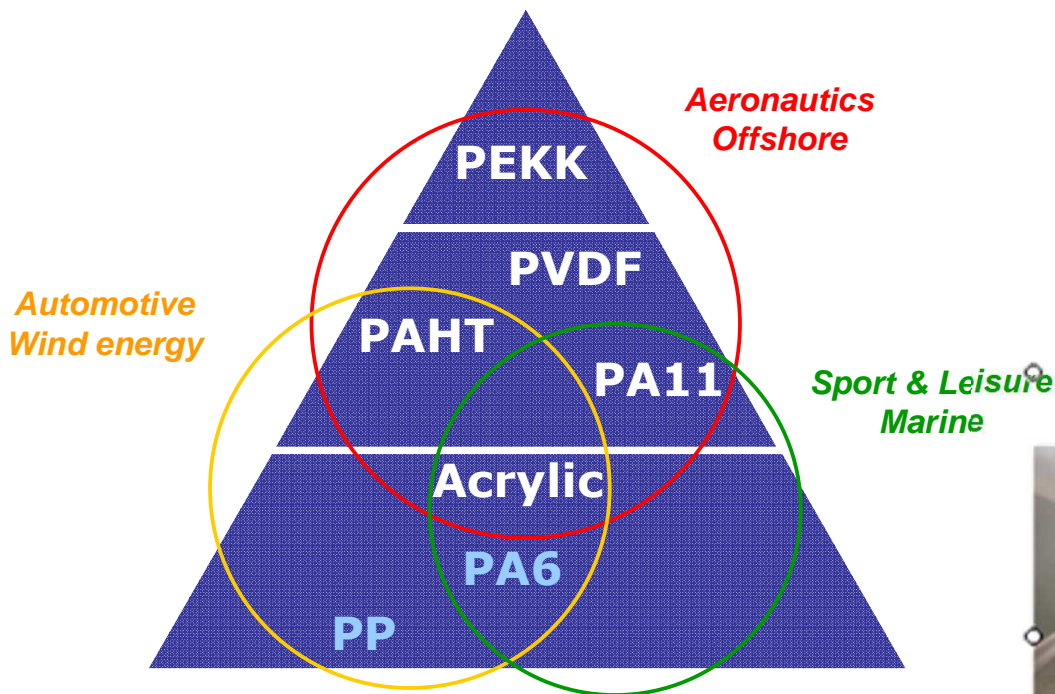
➤ **Várias estruturas químicas que se encaixam em vários mercados e aplicações.**



KEPSTAN
BY ARKEMA



Courtesy Coriolis Composites

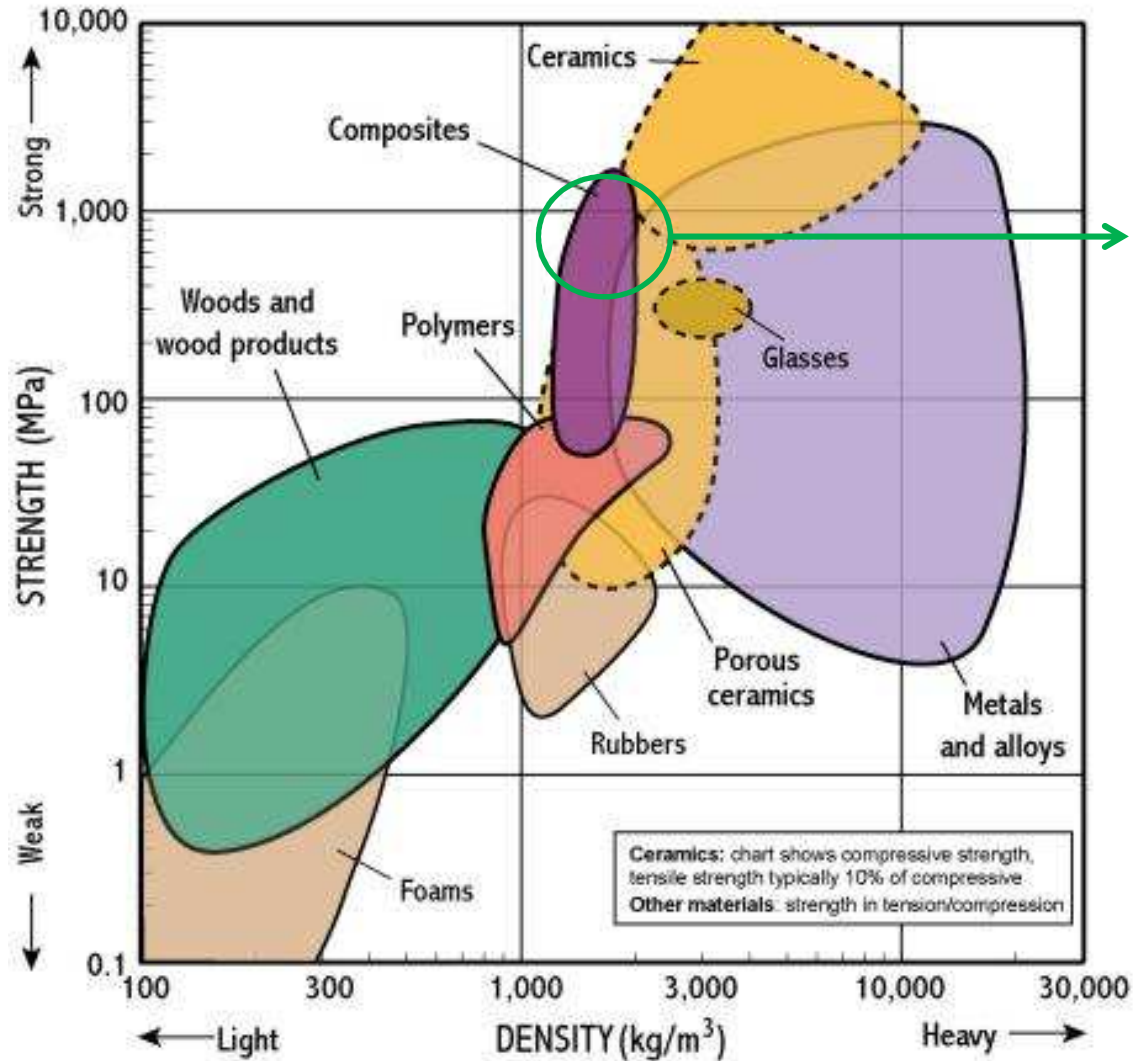


Sofia Project- MVC Plásticos



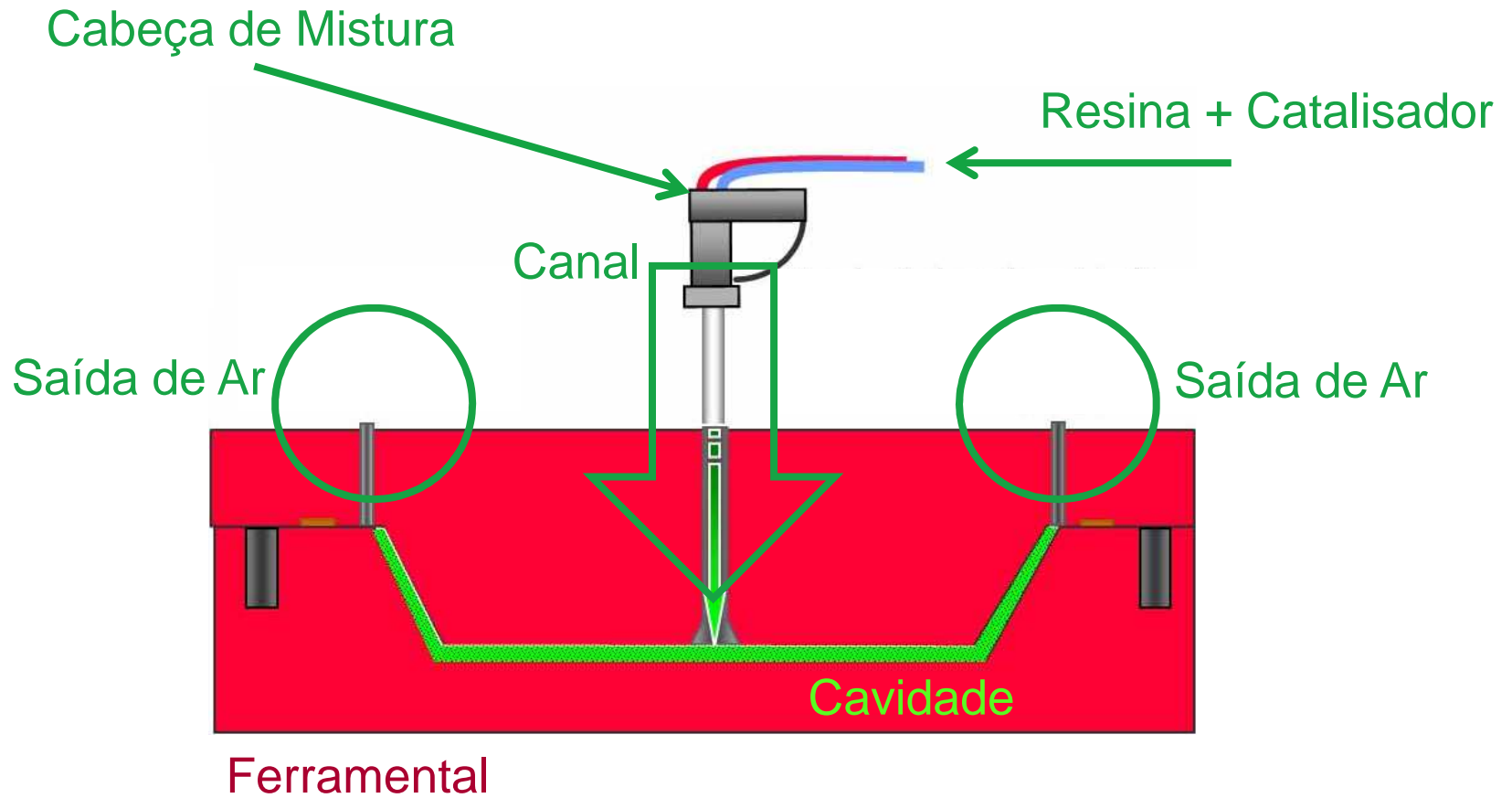
ELIUM
BY ARKEMA

Compósitos: Materiais Nobres



Epóxi, Poliéster com fibras contínuas (tecidos, mantas, etc.)

Moldagem via RTM



Resina Líquida Termoplástica para RTM



Resina Líquida (LTR - Liquid Thermoplastic Resin) a 20°C

- Viscosidade Brookfield entre 100 e 500cPs em temp. ambiente permite **excelente impregnação da fibra**
- Sistema reativo Bi-Componente, permite **ciclos rápidos**
- Polimerização por radicais livres leva a um termoplástico, com alta massa molar, resultando em **elevada resistência ao impacto (tenacidade)**.
- **Isento de Estireno (Styrene Free)**



Adequado ao processo convencional de compósitos termofixos.

- Infusão a vácuo, Resin Transfer Molding (RTM), RTM-Light, etc.
- **Sem mudança de ferramental** para poliéster, vinil-éster, epóxi, etc.

Condições Típicas de Polimerização - LTR



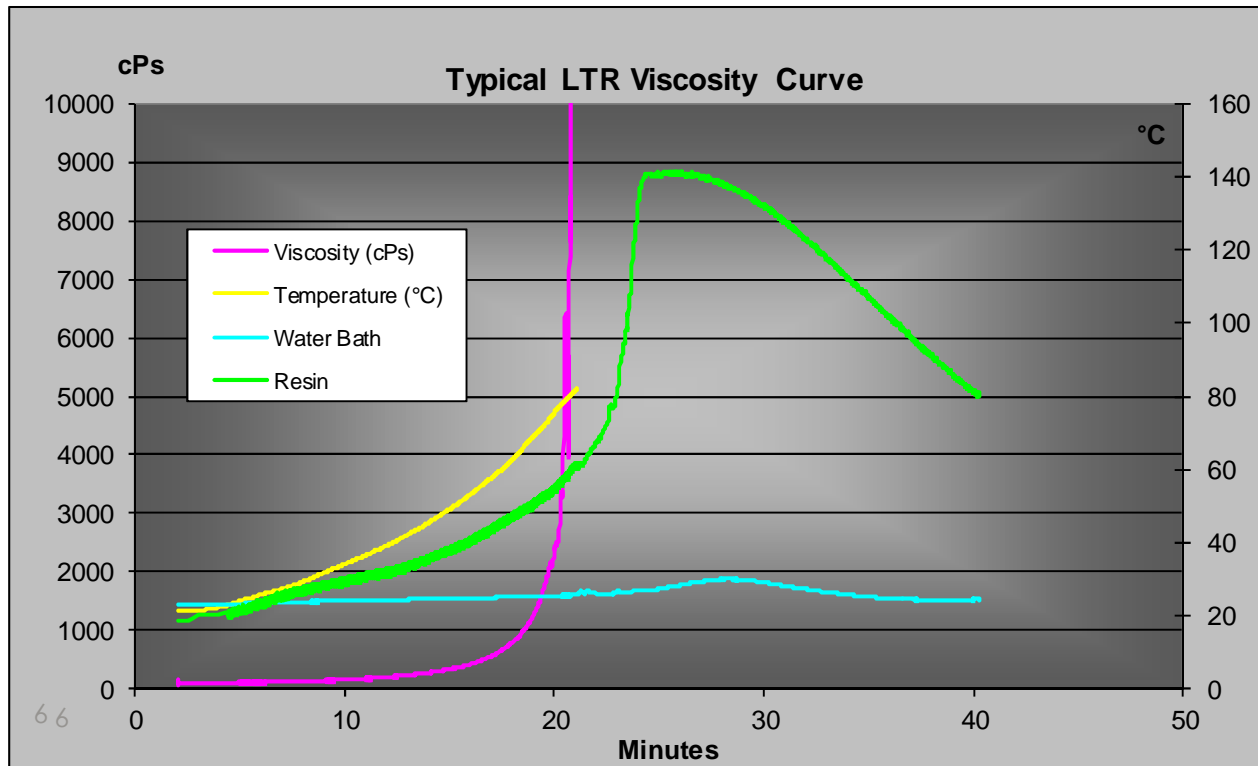
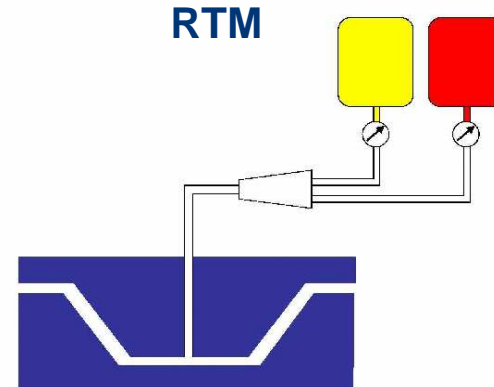
Temperatura de molde: Tamb a 80°C

- Tamb (20-25°C) = 20-30min tempo de reação
- 90min tempo de desmoldagem

RTM: 15 psi < P_{inj} < 150 psi

Sistema Bicomponente:

- 1 to 4 pcr iniciador





RTM



Molde é limpo e desmoldante aplicado



Abertura do molde e desmoldagem

Gel Coat aplicado se necessário



Polimerização da resina



Rebarbação, acabamento e pós revestimento.

Montagem do tecido, manta e insertos, se for o caso



Molde é fechado e resina injetada em média pressão (RTM) ou baixa pressão (RTM Light)

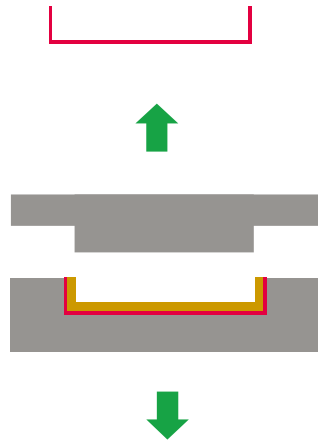
- Peças Estruturais e Estéticas
- Revestimento Gel Coat se necessário
- **RTM Light:** 200 a 10.000 pçs/ano, baixo custo de ferramental (FRP), baixa pressão.
- **RTM:** 1.000 a 30.000 pçs/anor, ferramental metálico, média pressão 10 a 50bar



RTM-TS

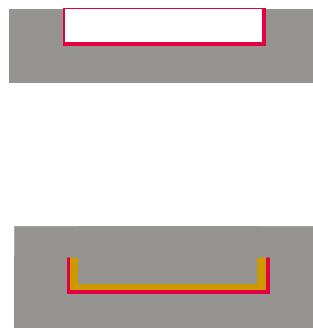


Termoformagem de chapa
ABS/PMMA Classe A



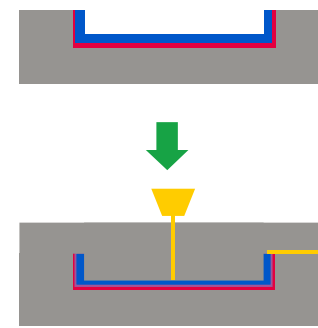
Abertura do molde e
desmoldagem

Chapa de ABS/PMMA é
montada no molde



Polimerização da resina

Montagem do tecido, manta e
insertos, se for o caso



Molde é fechado e resina injetada em
baixa a média pressão.

Não há revestimento
devido ao acabamento
ABS/PMMA

- Peças estéticas
- Acabamento classe A (PMMA-ABS) sem pós-revestimento.
- 200 to 10.000 pçs/ano

RTM de Alta Produtividade (HP-RTM)



- Peças estruturais
- 30.000 a 200.000 pçs/ano
- **RTM**: média pressão(10-50bar) com múltiplos pontos de injeção para rápido preenchimento.
- **HP RTM**: alta pressão (> 100 bar) com cabeça de mistura e injeção auto-limpante

RTM de Alta Produtividade: Exemplos



Peças em potencial - Elium® em HP-RTM:



Estrutura de Porta



Estrutura Frontal



Chassi Monocoque



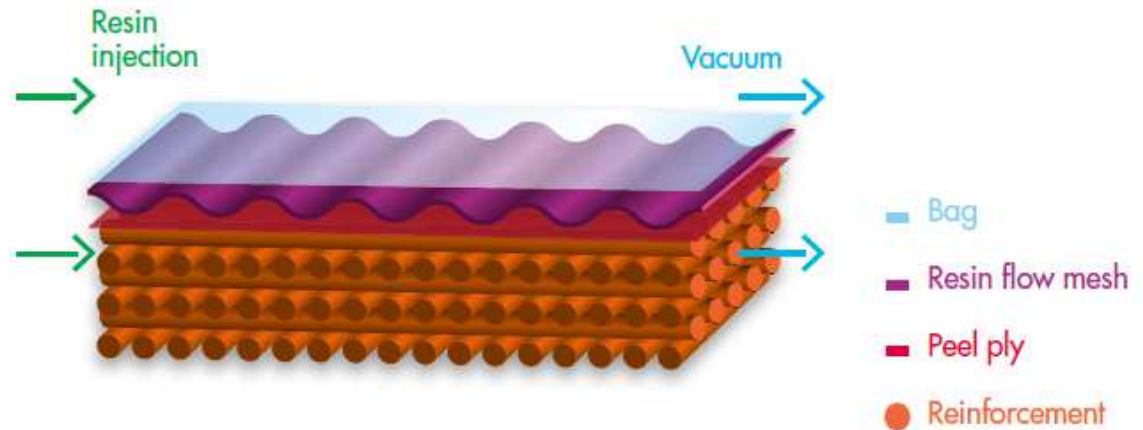
Estrutura de Assento

Outros processos possíveis



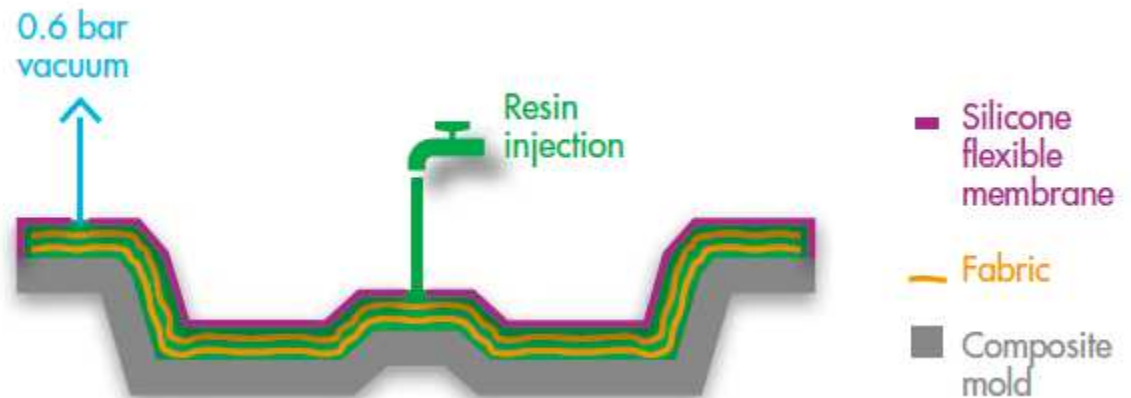
Infusão

- Filme plástico sob pressão negativa permite o fluxo de resina através de uma tela.



Bolsa Flexível

- Flex Molding, usa bolsa de silicone sob pressão negativa.



Principais Vantagens da Tecnologia LTR



LTR oferece:

- **Competitividade na fabricação de peças em compósitos termoplásticos**
- **Reciclabilidade**
- **Soldabilidade e Termoformabilidade (Vaccum Molding) a 200-220°C**
- **Peças estruturais com elevadas propriedades mecânicas**
- **Uso de equipamento disponível (PIRFV, epoxi, etc.)**

Resinas dimensionadas para:

- **Peças Estéticas com rigidez entre 10 e 15GPa**
- **Peças mecânicas estruturais (Rigidez 20 a 45 GPa – com fibra de vidro e até 125 GPa – fibra de carbono)**

Comparativo com Termofixos



Propriedades LTR baseadas em peças estéticas

- LTR Composite vs. Poliéster Insaturado

		Altuglas composite resin	Polyester
Fabrics		Chomarar Rovicore 450/B5/450	Chomarar Rovicore 450/B5/450
Process technology (Fibers volume fraction c.a 11 %)		RTM Room temp.	RTM Room temp.
Flexural properties (ISO 14125)	Strength(MPa)	270	210
	Modulus (GPa)	9.6	9.3
Tensile properties (ISO 527)	Max strength (MPa)	83	81
	Def. (%)	1.7	1.7
	Modulus (Gpa)	6.8	7.9
In-plane shear modulus (GPa) (ISO 141129)		2.5	3.3
Heat deflection temp. (°C) (ISO 75-3)		89	78



UPR ref: Enydyne from CCP Composites

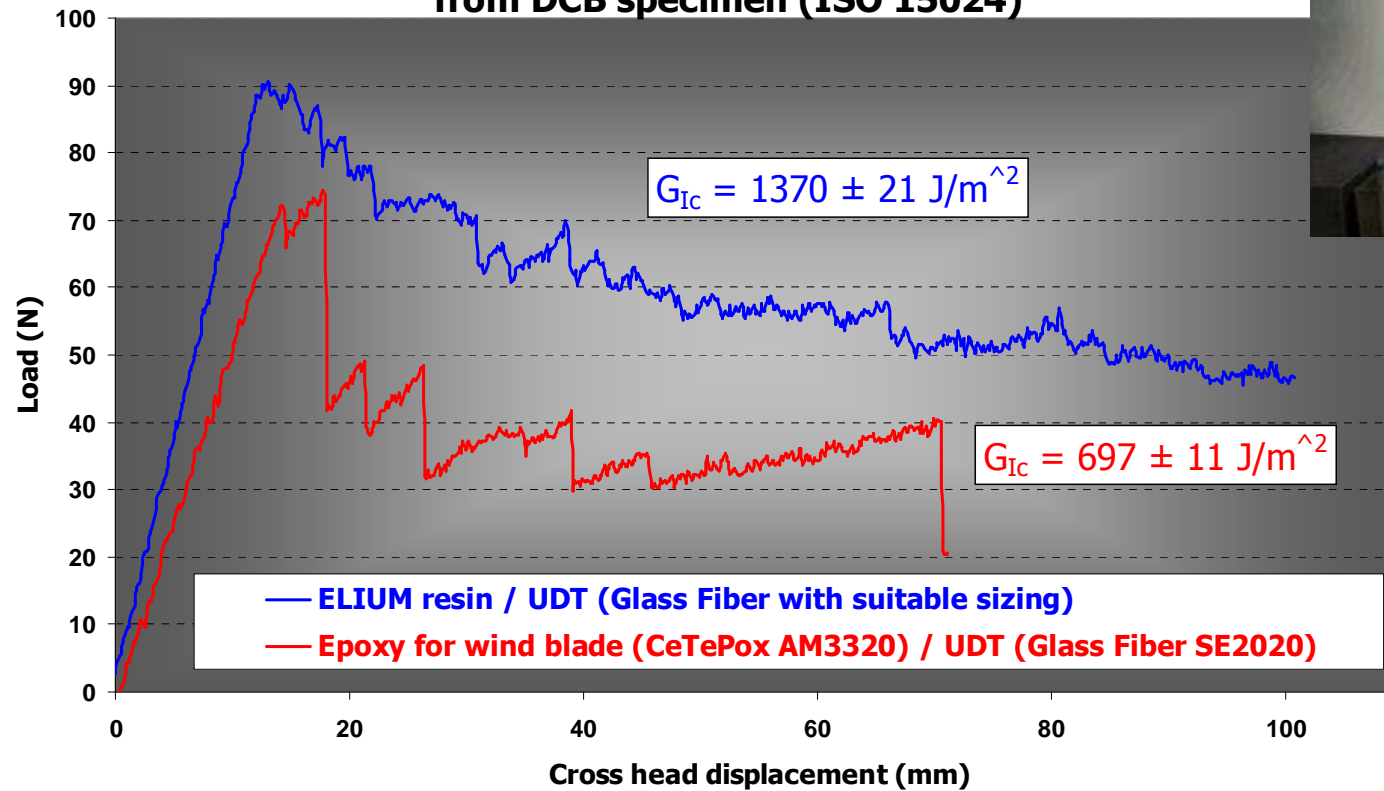
Maior Tenacidade que Epóxi (G_{1c})



Tenacidade – propriedades quanto à propagação de trincas

- G_{1c} LTR > G_{1c} Resinas Epóxi (CeTePox AM 3320)

Interlaminar Fracture Toughness Energy (mode I), G_{1c}
from DCB specimen (ISO 15024)

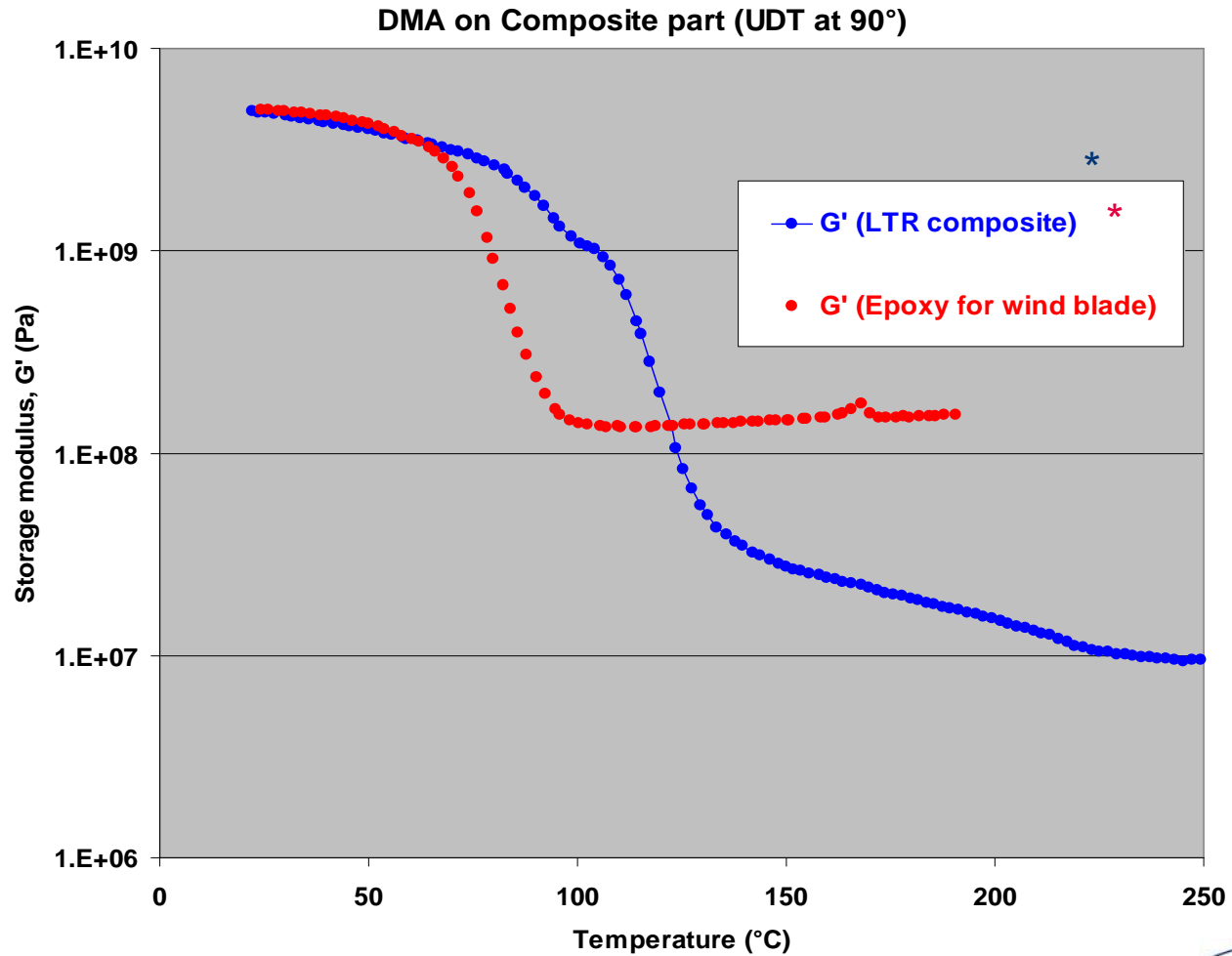




Propriedades Termomecânicas



T_g ~ 110-120° C



*LTR Composite RT300

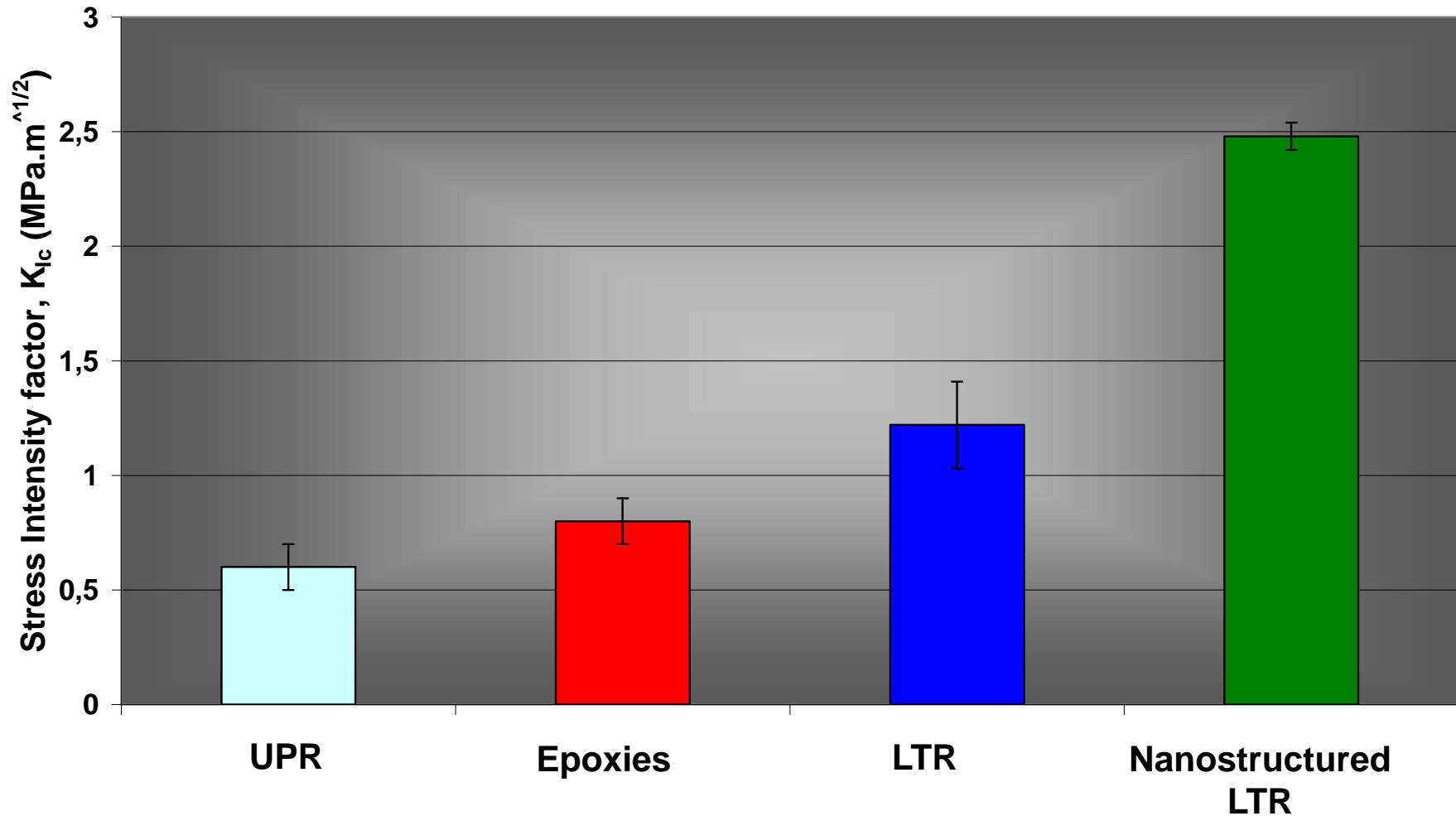
*EPIKOTE Resin MGS RIMR 135 (Momentive)



Maior Tenacidade à Fratura que Epóxi (K_{Ic})



Fracture toughness of neat resin, K_{Ic} from SENB specimen (ISO 13586)



K_{Ic} é o Fator de Intensificação de Tensões ou Tenacidade à Fratura (Propriedade Mecânica do Material).

LTR Adequado ao Uso com Fibras de Carbono



Ensaio de Tração
Reforço Unidirecional
(60% ϕ_r)

Módulo Elástico

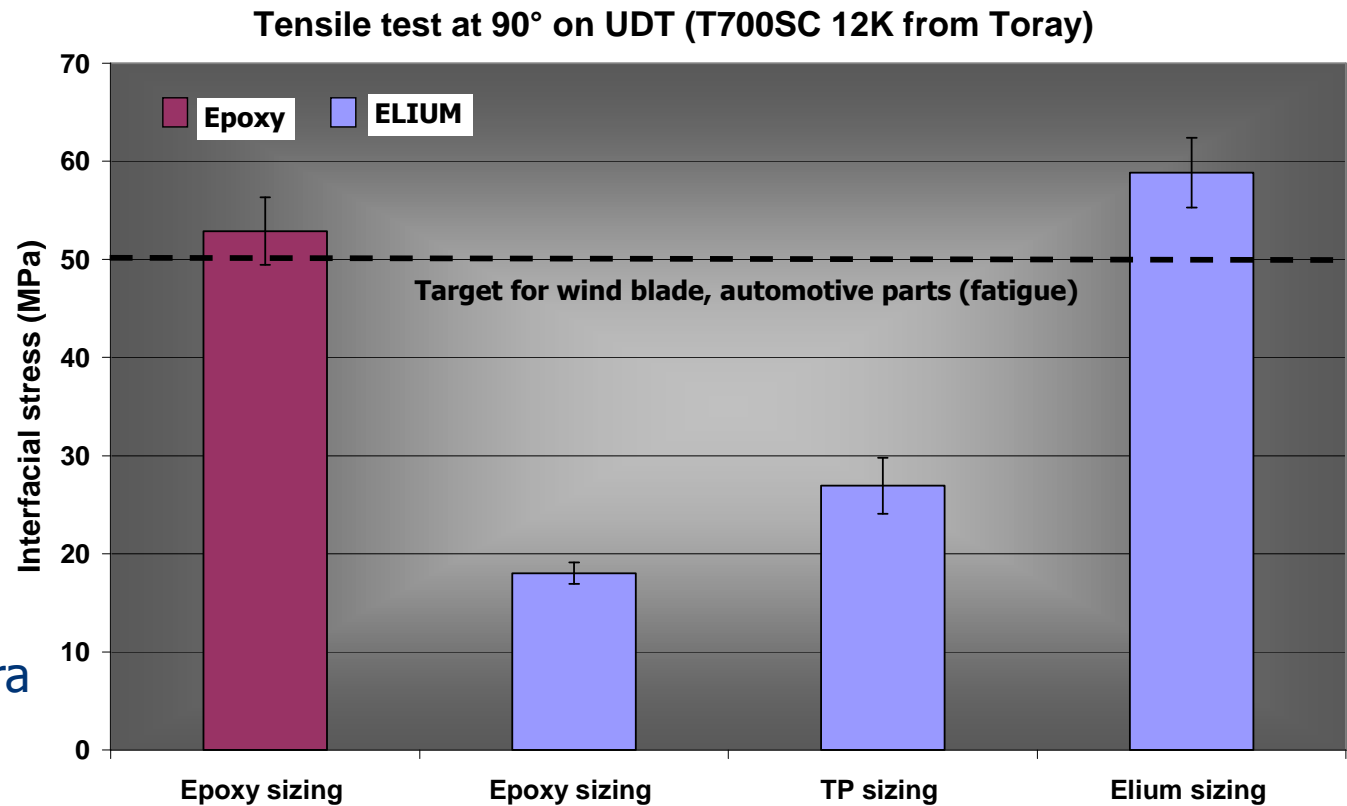
125 Gpa

Tensão na Ruptura

2350 Mpa

Deformação na Ruptura

1,8%





Propriedades Mecânicas Similares ao Epóxi

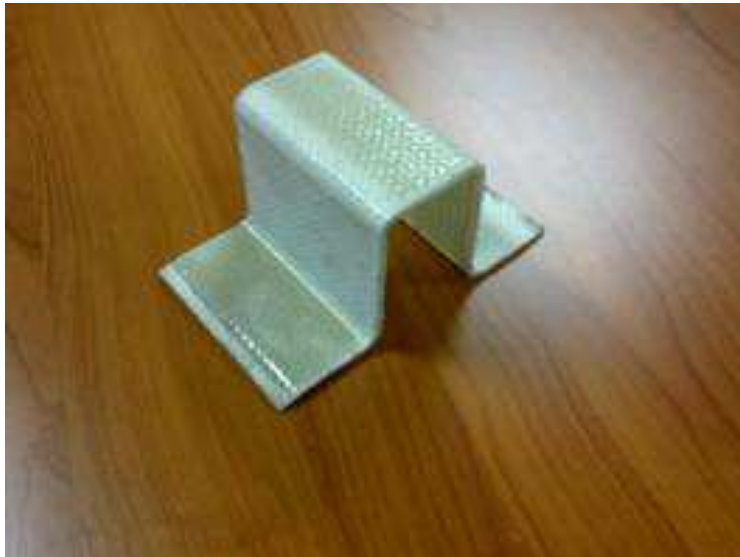


Properties of a carbon UD reinforced part ⁽²⁾	Value	ISO method
Tensile Strength (0°)	2350 MPa	527
Tensile Modulus (0°)	125 GPa	527
Strain at break	1.8%	527
Tensile Strength (90°)	59 MPa	527
Tensile Modulus (90°)	8 GPa	527
Interfacial Stress	59 MPa	527
Tg after wet ageing (90°C, 90%RH, 7 days)	90-95 °C	int.
Tg-peak (tan δ)	120-125 °C	int.

Properties of a carbon NCF reinforced part ⁽³⁾	Value	ISO method
Tensile Strength	1280 MPa	527
Tensile Modulus	59 GPa	527
Tensile Strength +/- 45°	118 MPa	527
Tensile Modulus +/- 45°	3.6 GPa	527
Flexural Strength	870 MPa	14125
Flexural Modulus	65 GPa	14125
Compressive Strength	480 MPa	14126
Compressive Modulus	54 GPa	14126

Termoformagem

- Termoformagem profunda possível, em torno de 200°C



Novas soluções para montagens Compósito/Compósito e Compósito/Metal

- Soldagem
- Colagem (AEC Polymers structural adhesives, ...)

Aplicações



Aplicações

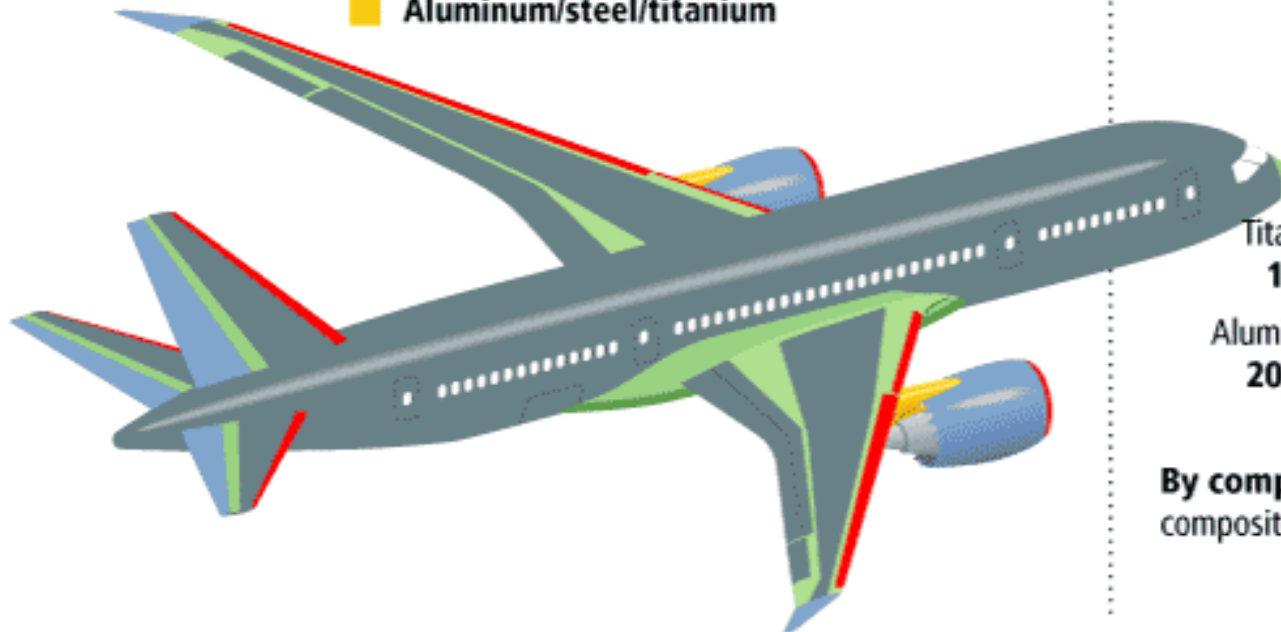


Compósitos na Aviação

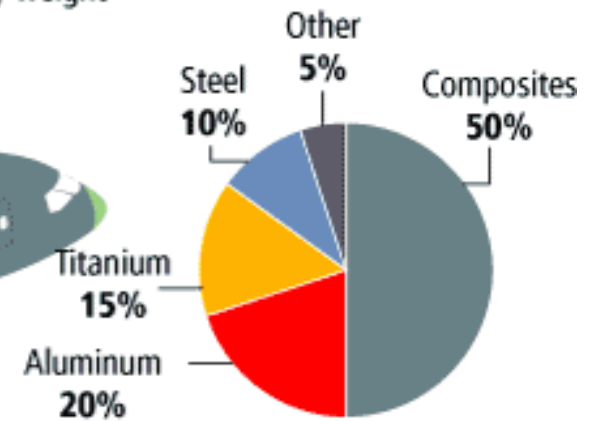


Materials used in 787 body

- Fiberglass
- Aluminum
- Carbon laminate composite
- Carbon sandwich composite
- Aluminum/steel/titanium



Total materials used By weight

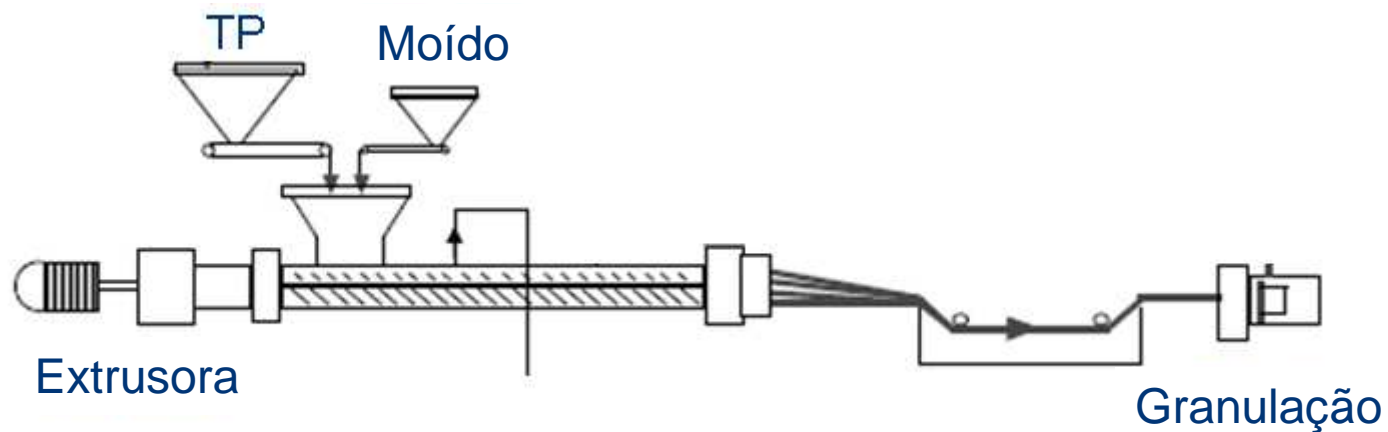


By comparison, the 777 uses 12 percent composites and 50 percent aluminum.

Fácil Reciclagem



- **Passo 1 : Moagem da Peça ou Scrap (moído grosseiro)**
- **Passo 2 : Compostagem do móido com termoplástico para fabricação de pellets reforçados com fibra curta.**
 - Principais TPs: ABS, PVC , PC/ABS, PMMA, PLA, PVDF



- **Passo 3 : Injeção de peças reforçadas com fibra de vidro.**

Reciclagem do LTR por Termólise



97 % de recuperação de fibra e resina

Experimento em TGA a 400°C

Cortesia da Univ. Of Delaware CCM; S. Sauerbrunn

Fibra Recuperada



Compósito Usado

2



Forno Tubular

87 %
Recuperação

3

Monômero Recuperado



6



Compósito LTR

7

8

T > 400C sob N2

4 100 %
Recovery



Fibra

5



Polímero



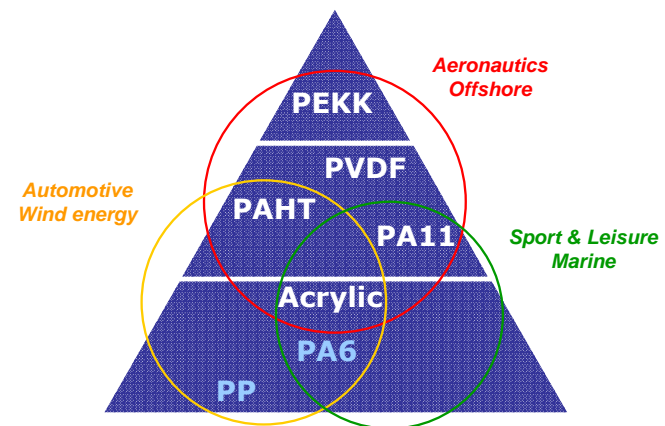
ELIUM[®]
BY ARKEMA

Conclusão



Tecnologia LTR

- Peças termoplásticas estruturais, reforçadas com fibras contínuas
- Reciclagem
- Excelente resistência ao intemperismo
- Montagem por soldagem, colagem, prensagem (prepreg)
- Ausência de VOCs (isento de estireno)
- Processo isento de gel-coat (RTM-TS)





Resina de Ultra-Alto Desempenho PEKK para fabricação de compósitos avançados

Processado via termofusão de prepreg, injetado e extrudado.

Painel Sul – Tecnologias para fabricação de peças em composites, poliuretano e plástico de engenharia
Fábio Paganini
08 JUNHO 2016

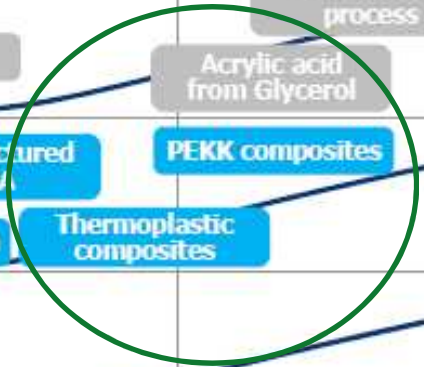




Desenvolvimento de Materiais



	Today	Short-medium term	Longer term
New energies	<ul style="list-style-type: none">PVDF for Li-ion batteriesPVDF film for solar pannel	<ul style="list-style-type: none">Electrolytes for Li-ion batteriesLGWP FluorogasesThin layer photovoltaic	<ul style="list-style-type: none">Li-sulfur batteries (Oxis)
Renewable	<ul style="list-style-type: none">PA11/ PA10	<ul style="list-style-type: none">PMMA RNew®	<ul style="list-style-type: none">Metathesis processAcrylic acid from Glycerol
Light-weight materials	<ul style="list-style-type: none">HT Polyamides	<ul style="list-style-type: none">Nanostructured PMMAPVDF foam	<ul style="list-style-type: none">PEKK compositesThermoplastic composites
Water management			
Organic electronic			<ul style="list-style-type: none">LithographyPiezo electric sensors





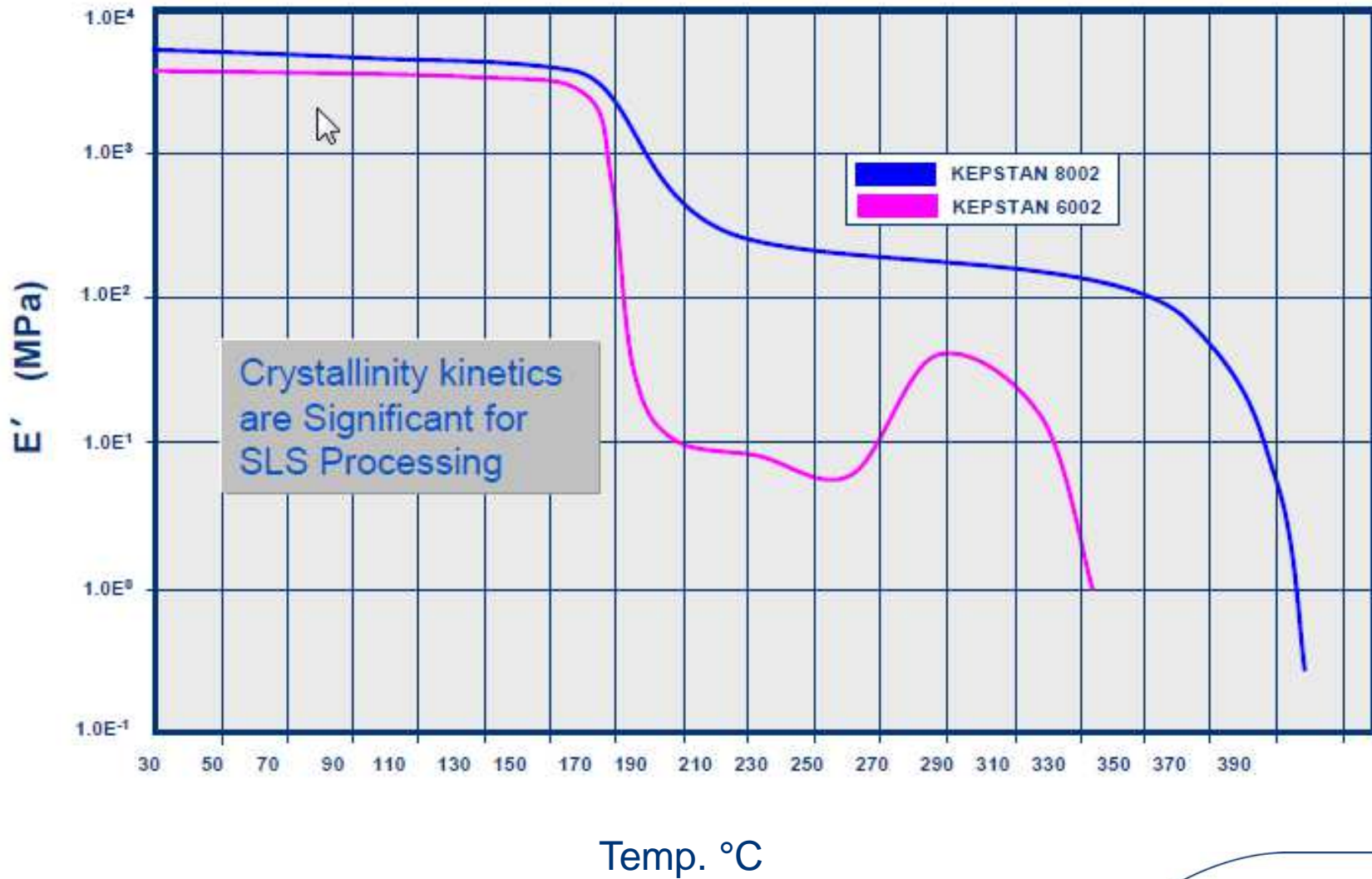
Kepstan® PEKK Copolímero



- **PEKK is the abbreviation for PolyEtherKetoneKetone**
- **PEKK is in the family of Poly Aryl Ether Ketone (PAEK) polymers.**
- **Commercially available PAEK polymers are PEKK, PEKEKK, PEK and PEEK.**
- **PEKK is a co-polymer that is synthesized in various formulations with individually unique properties.**
- **PEKK formulations are expressed by the ratio of Terephthaloyl (T) to Isophthaloyl (I) moieties used during the synthesis that created the polymer.**
- **This ratio is commonly known as PEKK's T/I ratio.**
- **The T/I ratio affects PEKK's melt point, glass transition temperature and crystallization kinetics**



Temperatura de Amolecimento - DSC



Adesão à Fibra de Vidro



Glass fiber
adhesion
after cryo-
fracture

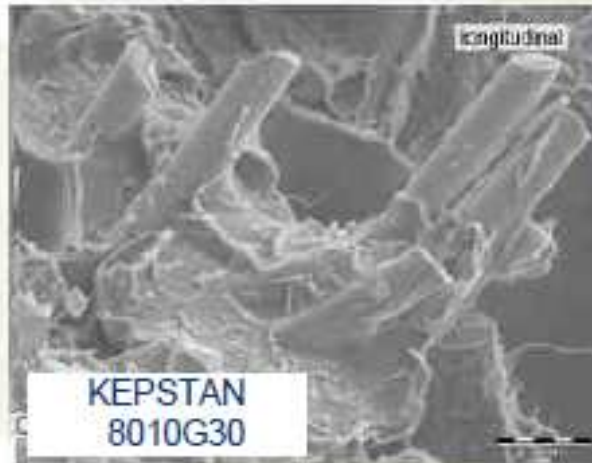


X 1000

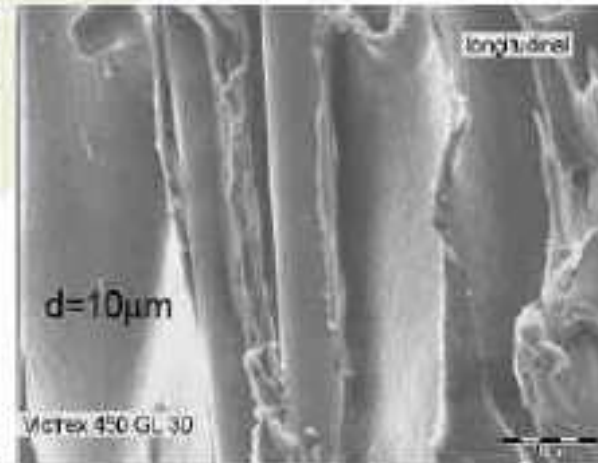


X 1000

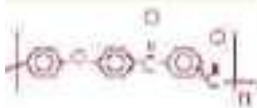
PEKK
suggests
improved
adhesion to
GF vs
PEEK



X 1000



X 1000





From Flakes to Pellets

KEPSTAN 8000 Series
KEPSTAN 7000 Series
KEPSTAN 6000 Series

Flake and Powder



Unfilled Pellets



Carbon Filled Pellets



Glass Filled Pellets



KEPSTAN
8000 Series

Unfilled Pellets



Glass Filled Pellets



KEPSTAN
6000 Series

KEPSTAN 6002 film and tube

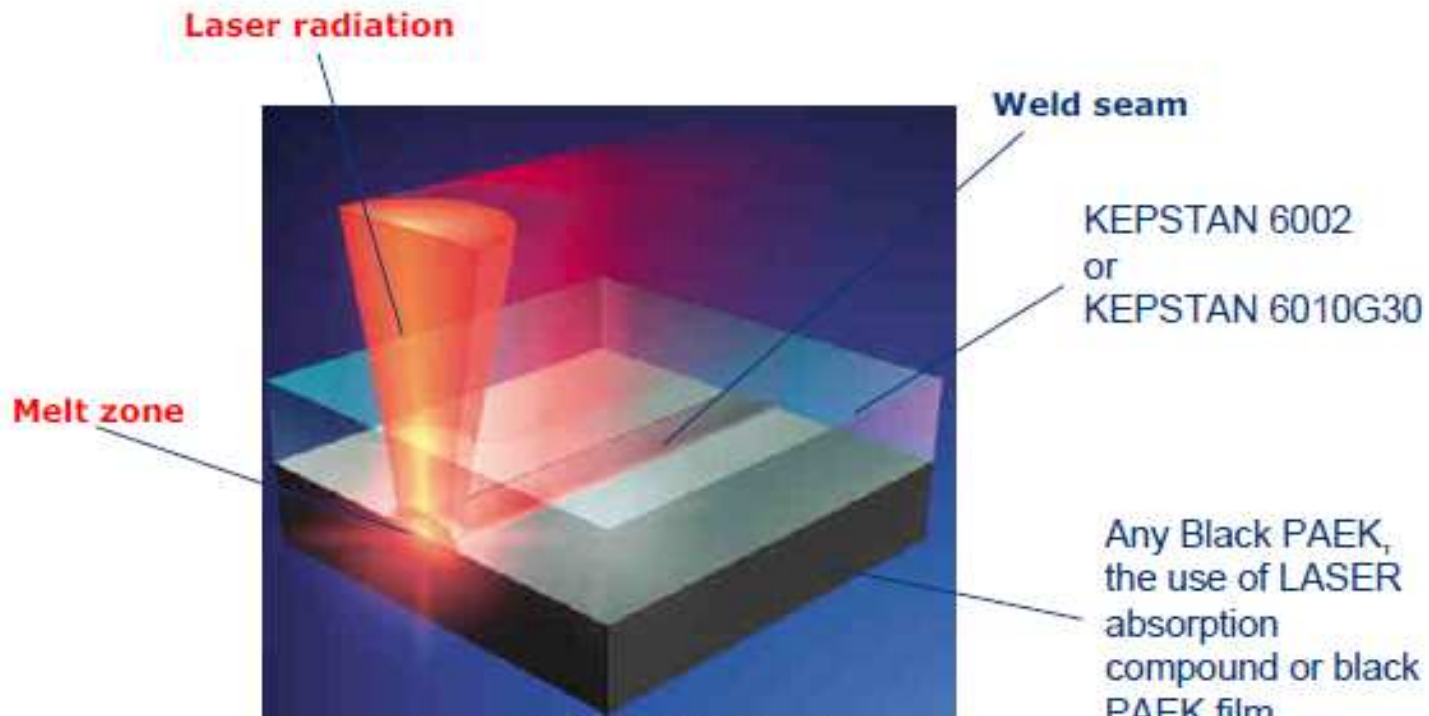




Composites: Uni-Tape and Fabric



Laser Welding PAEK assemblies with the KEPSTAN 6000 Series PEKK



Courtesy of LEISTER Technologies, LLC

Benefits of PEKK

- Arkema's KEPSTAN 6000 series PEKK has minimal shrinkage due to the welding process.
- Stress induced warpage is significantly reduced or eliminated
- Unlike other Polyaryletherketone materials, the KEPSTAN 6000 series PEKK maintains its clarity after the laser welding process.



Obrigado!

Felipe.medeiros@arkema.com

11 2148 8576

Fabio.paganini@arkema.com

11 2148 8560

Arkema Química Ltda.

Av. Ibirapuera, 2033 – 4º andar

São Paulo, SP



ELIUM[®]
BY ARKEMA

KEPSTAN[™]
BY ARKEMA

ARKEMA
INNOVATIVE CHEMISTRY

