

Toho Tenax America, Inc.

**Apresentação para
Seminário Multissetorial
Naval, Nautico e Petróleo & Gás**

**Compósitos de fibra de carbono
(ênfase em tecnologias para o mercado
de Petróleo e Gás)**

**Rio de Janeiro – Brasil
4 de Setembro de 2013**

Rodrigo Cesar Berardine

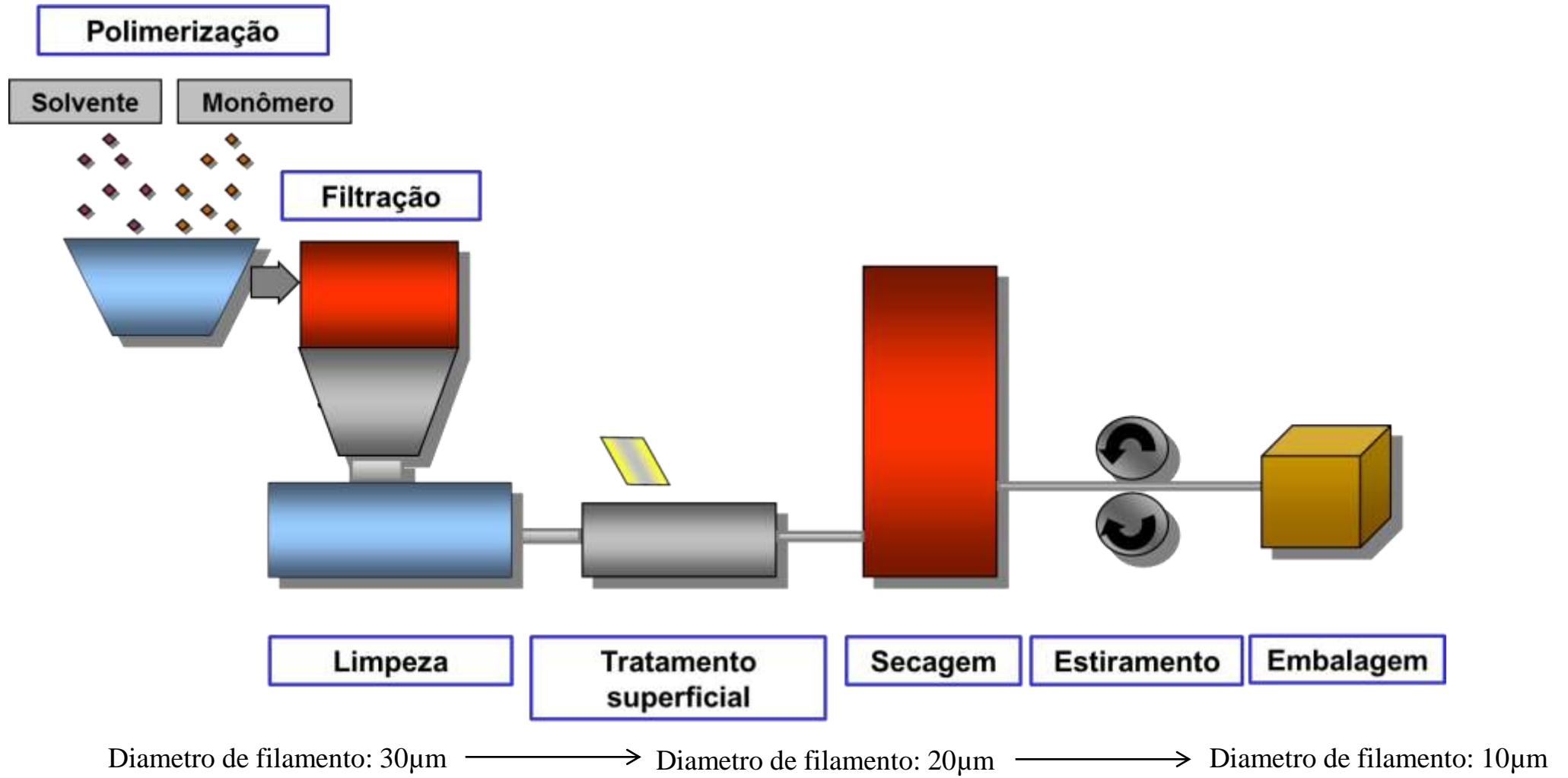


OBJETIVOS

- **Promover entendimento básico de Fabricação da Fibra de Carbono e suas propriedades**
- **Trazer discussão a respeito de novas tecnologias de compósitos de matriz termofixa e termoplástica (abordagem de materiais e processos);**
- **Apresentar mercado e desenvolvimento de novas aplicações**

FABRICAÇÃO E PROPRIEDADES DA FIBRA DE CARBONO

Processo de fabricação do Precursor (PAN)



Características da Poliacrilonitrila

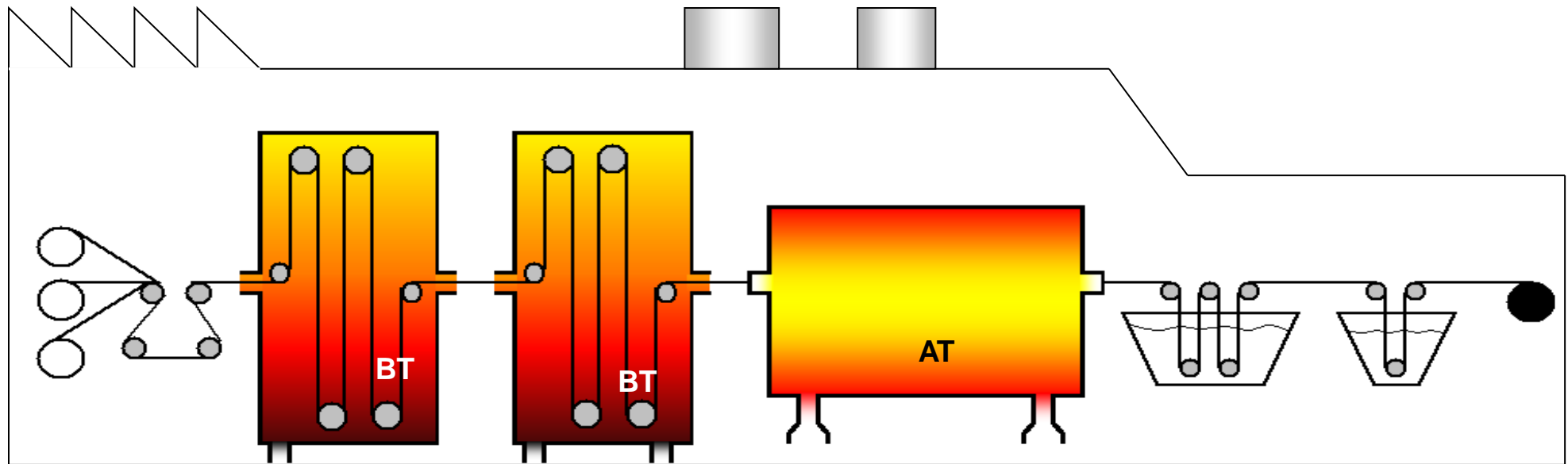
Tensão de ruptura: 750MPa

Módulo de Elasticidade: 10Gpa

Alongamento: 15%

Aspecto: Filamento contínuo cor branca

Processo de fabricação da fibra de carbono



Estiramento

Oxidação

Carbonização

Tratamento superficial

Bobinamento

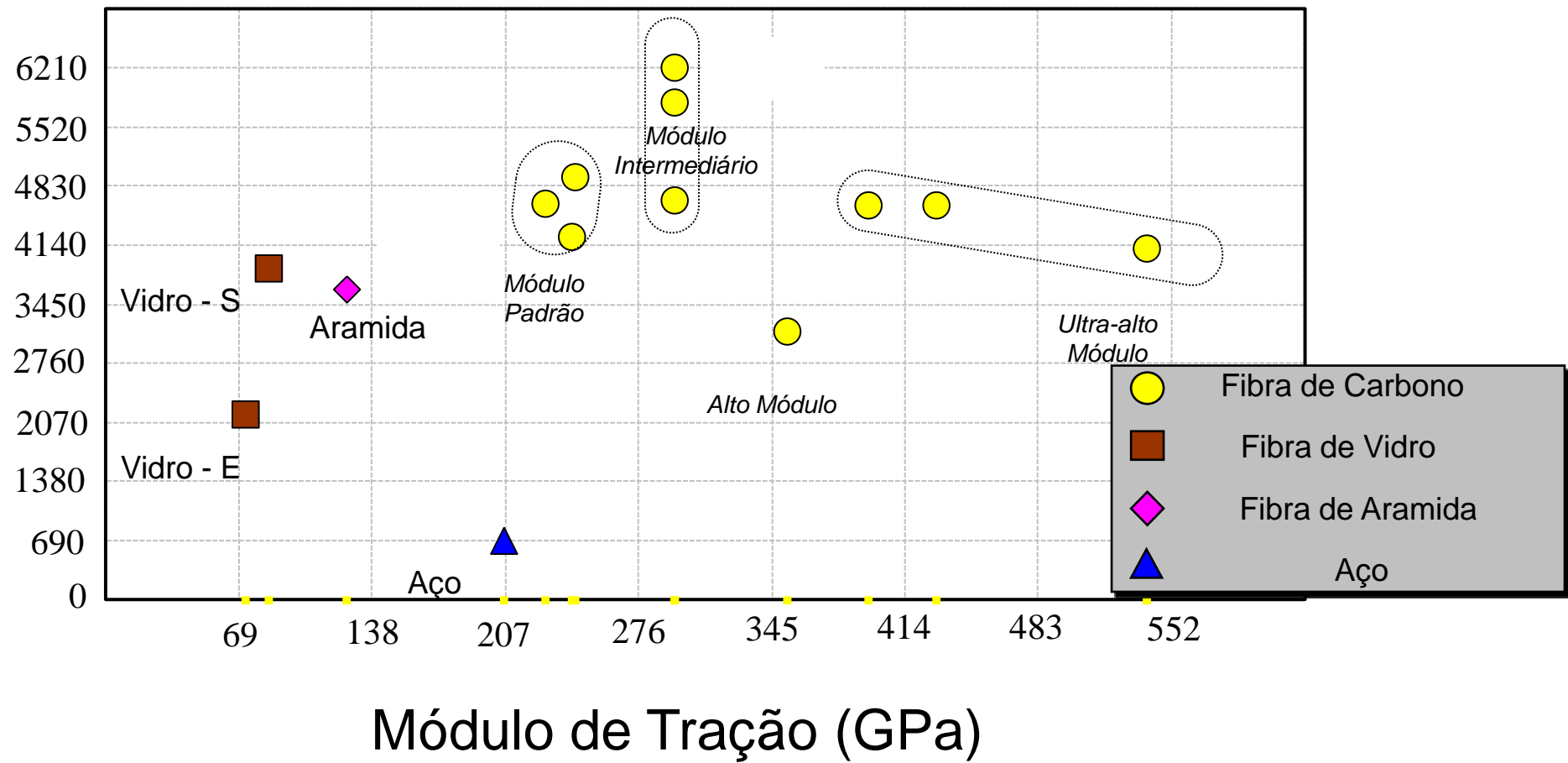
- Planta química complexa: Nitrogenio, energia, gases tóxicos
- Planta substancialmente grande de 200m comprimento, 18m altura
- Três turnos, 24 horas de processo de produção em 360 dias/ano
- 2kgs de PAN para 1kg de fibra de carbono
- Diâmetro final de monofilamento: 7 μ m (fibras de módulo padrão) a 5 μ m (fibras de módulo intermediário, módulo alto e módulo ultra-alto)

Linha de produção



Filamentos contínuos

Resistência à Tração (Mpa)



*Informação de propriedade da Toho Tenax

Classificação de Filamentos Contínuos

- **TEX: Densidade linear em g/km**
- **K: Quantidade de monofilamentos (Ex.: 12K = 12000 monofilamentos)**
- **Módulo**
- **Resistência à Tração**
- **Tipo de sizing**
- **Aeronautico ou Industrial**

Fios Aeronauticos vs Fios Industriais

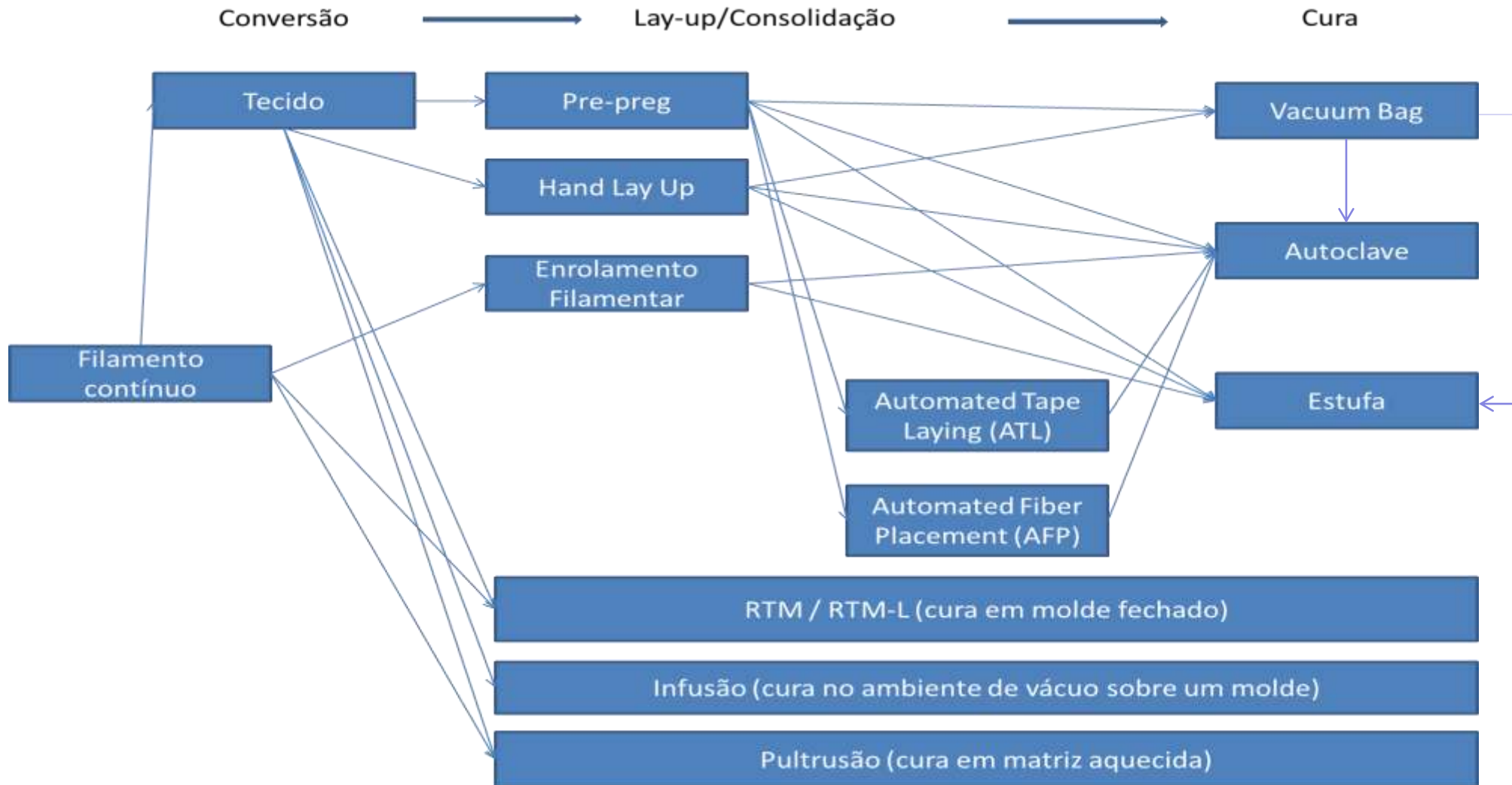
Aeronautico:

- **Documentação de Controle de Processo
(Solicitado pela FAA – Federal Aviation Administration)**
- **Propriedades Mecânicas Consistentes – pequenos desvios, maior segurança para design**
- **Auditorias sob requisitos específicos da indústria aeronautica.**
- **Maior controle de Qualidade e registros durante 7 anos (requisito legal)**
- **Benefícios em disponibilidade e segue uma política mais estável de preço**

Industrial:

- **Procedimentos padrões de rastreabilidade;**
- **Material “Meet-spec”, independentemente de mudanças de processo de manufatura.**

Exemplos de processamento de Filamentos contínuos – Compósitos Termofixos

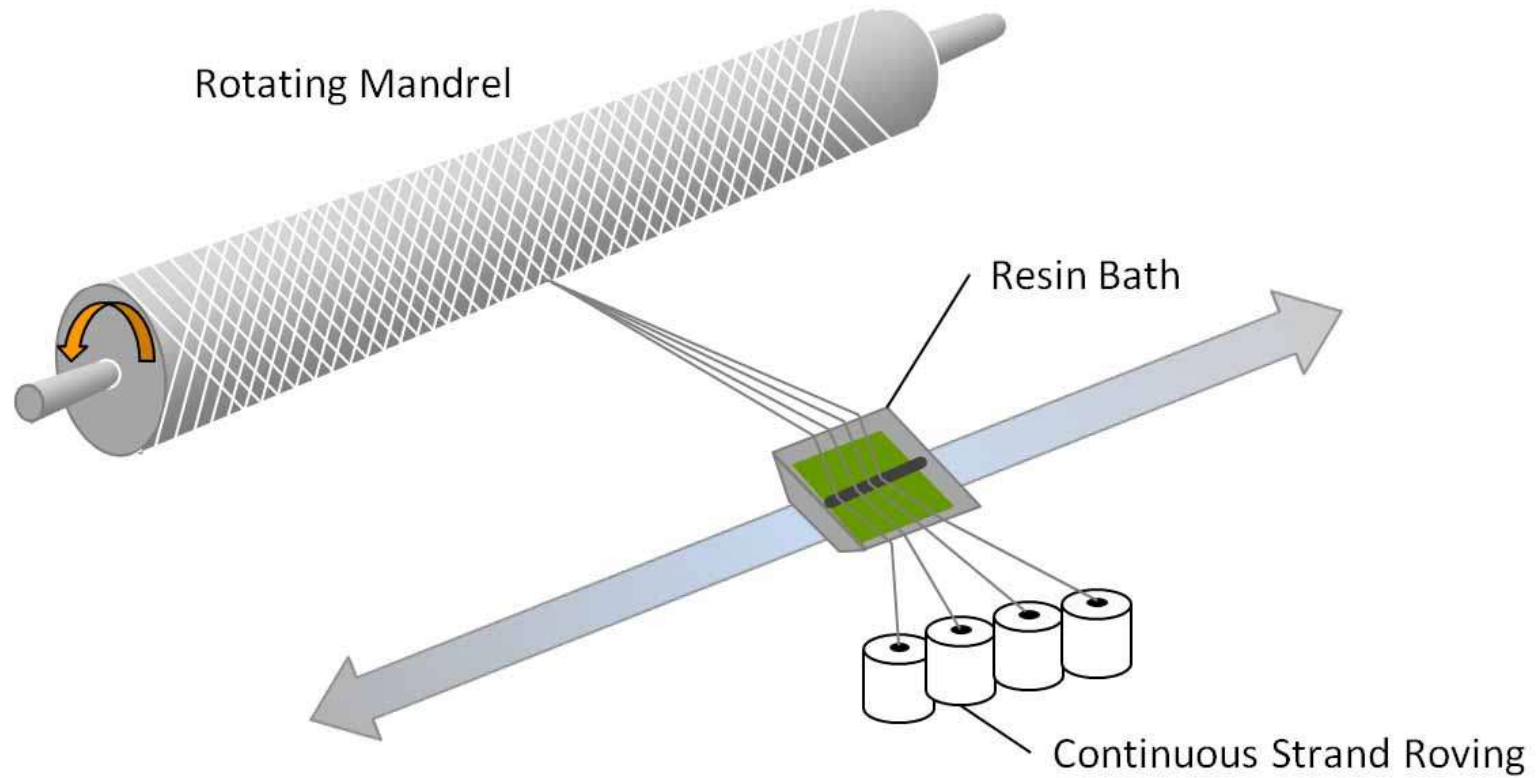


- **FABRICAÇÃO NO BRASIL: NÃO**
- **ESTOQUE LOCAL: SIM – A PARTIR DE SET/13.**
- **DISTRIBUIDORES NO BRASIL: SIM**
- **DOCUMENTAÇÕES DE CONTROLE DE APLICAÇÃO DO PRODUTO E LICENÇAS SÃO NECESSÁRIAS EM TODOS OS CASOS**



Processo de Filament Winding

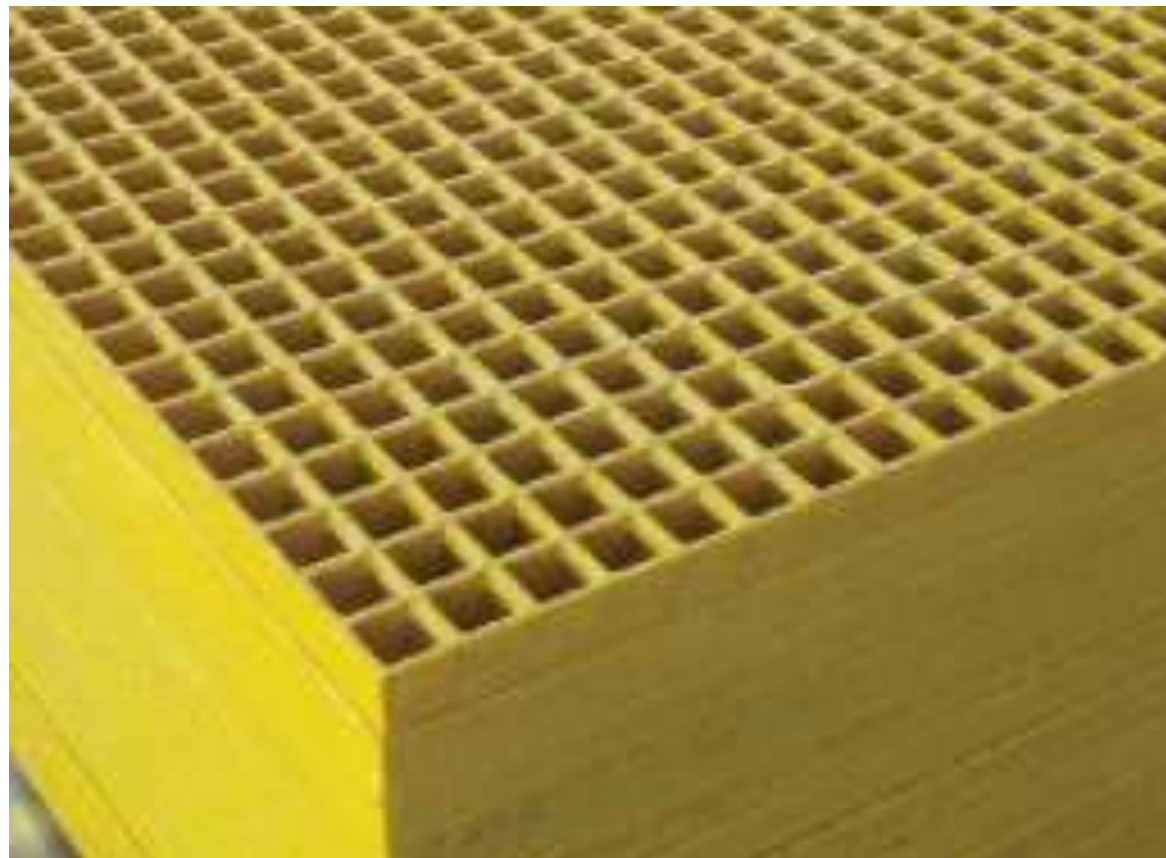
Filament Winding





*Compressed natural gas pressure vessels at the JEC Europe 2012 Show (formerly JEC COMPOSITES Show), held March 27-29, in Paris, France.

Photo source: HPC / Photo: Jeff Sloan



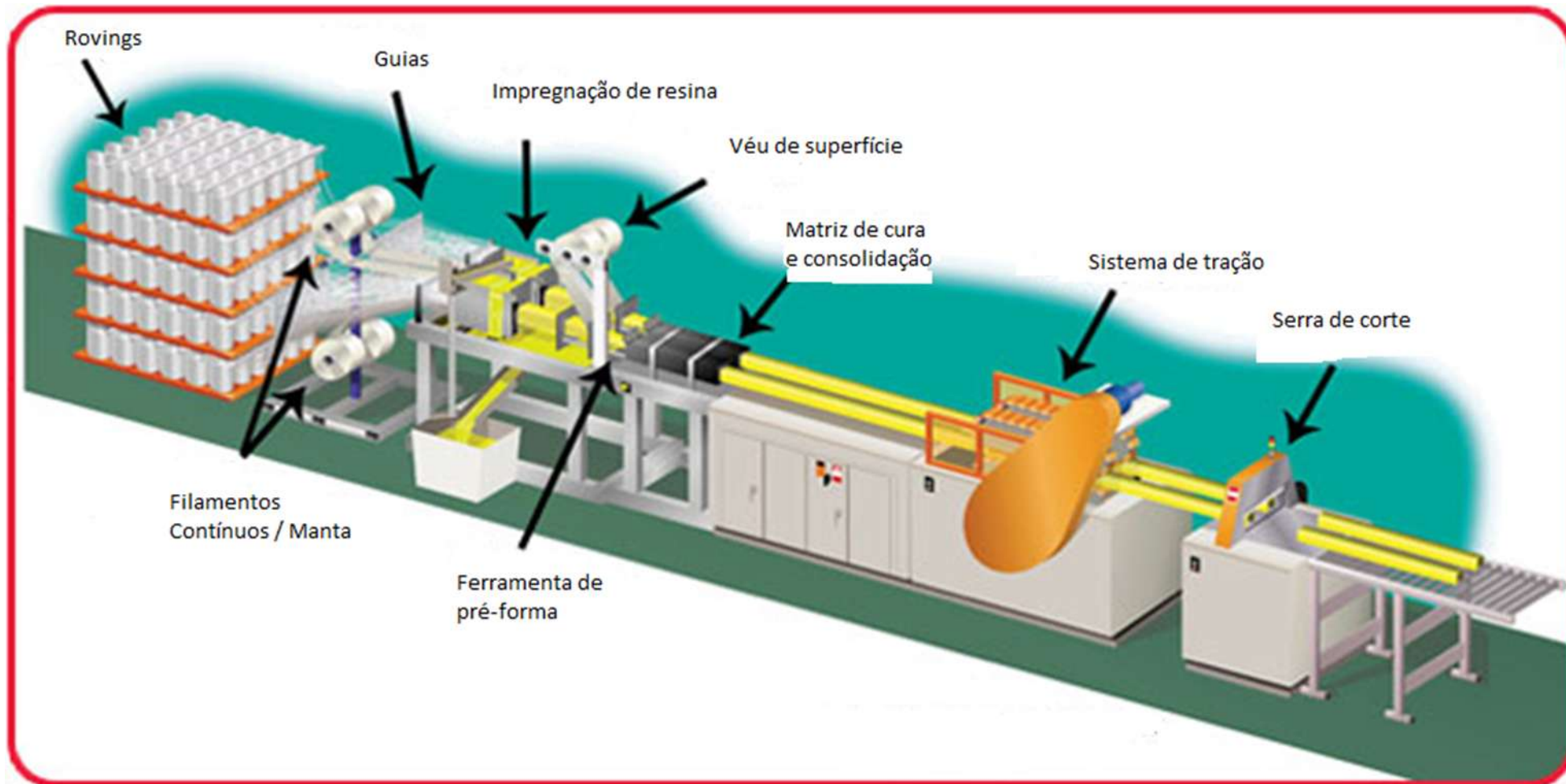


Diversified Structural Composites

Desenvolvimento e Fabricação de Pultrusões Especiais

www.diversified-composites.com

Processo de Pultrusão

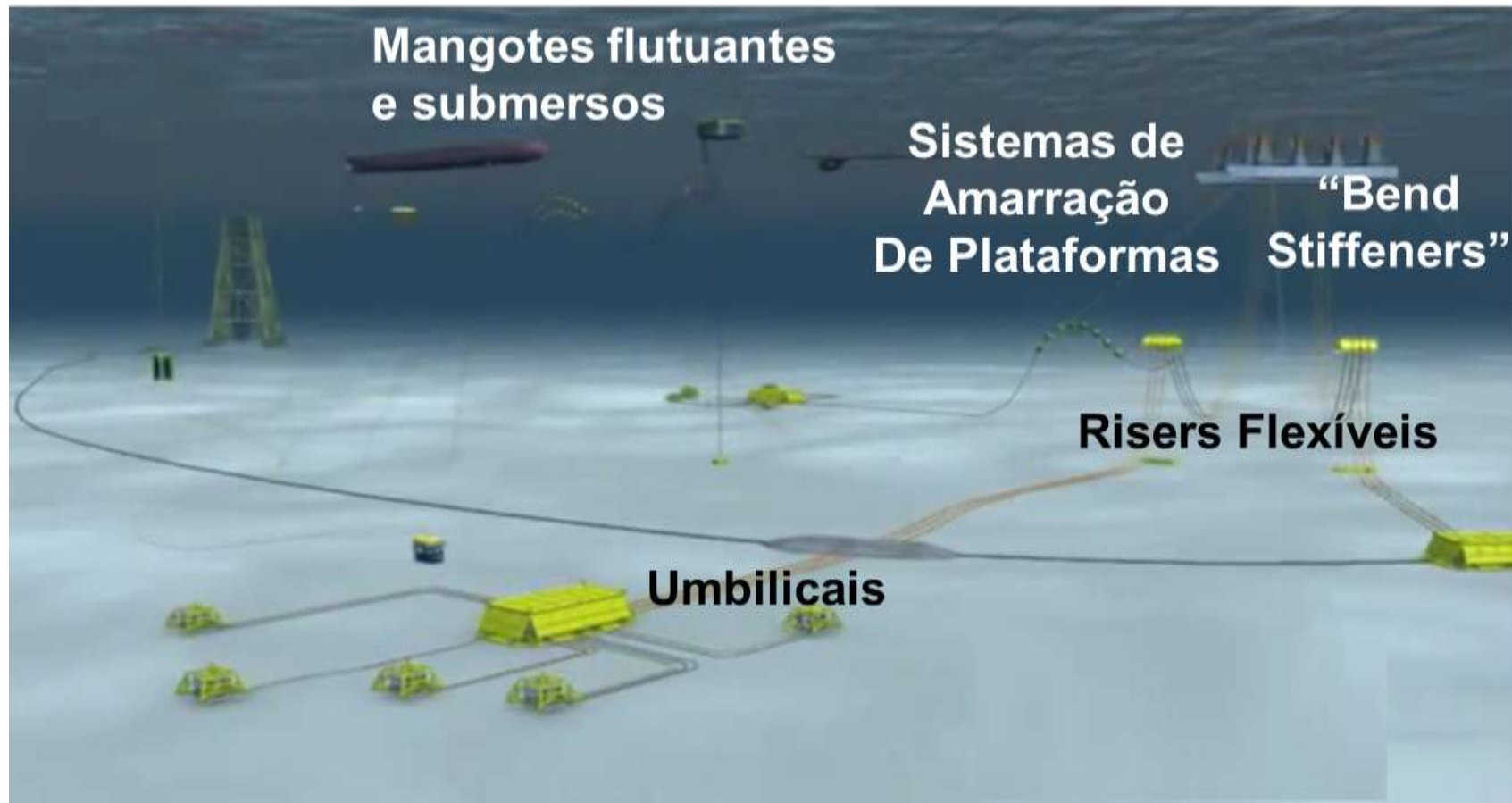


TYPICAL PROPERTIES AND POINTS OF REFERENCE FOR DISCUSSION PURPOSE ONLY

		CARBON FIBER RODS				CARBON FIBER FLAT STRIPS		
DIMENSIONS	mm	1.73	6.50	6.50	12.70	12.7 X 1.90	19 X .76	102 X 1.57
FIBER TYPE		STD MOD	STD MOD A	STD MOD B	STD MOD	STD MOD	STD MOD	STD MOD
FIBER VOLUME		67%	68%	68%	61%	61%	67%	61%
RESIN TYPE		Epoxy	Vinylester	Vinylester	Epoxy	Epoxy	Vinylester	Epoxy
Tg (DMA)		145	118	100	145	185	118	110
TENSILE STRENGTH	Ksi	322	372	363	319	325	369	326
	Mpa	2218	2566	2500	2200	2241	2544	2250
TENSILE MODULUS	Msi	22.0	23.2	22.0	21.0	17.7	21.0	19.1
	Gpa	152	160	152	145	122	145	132
DENSITY	SG	1.57	1.56	1.56	1.53	1.55	1.57	1.53

*Informação de propriedade da Toho Tenax

Exemplos de aplicações da Fibra de Carbono



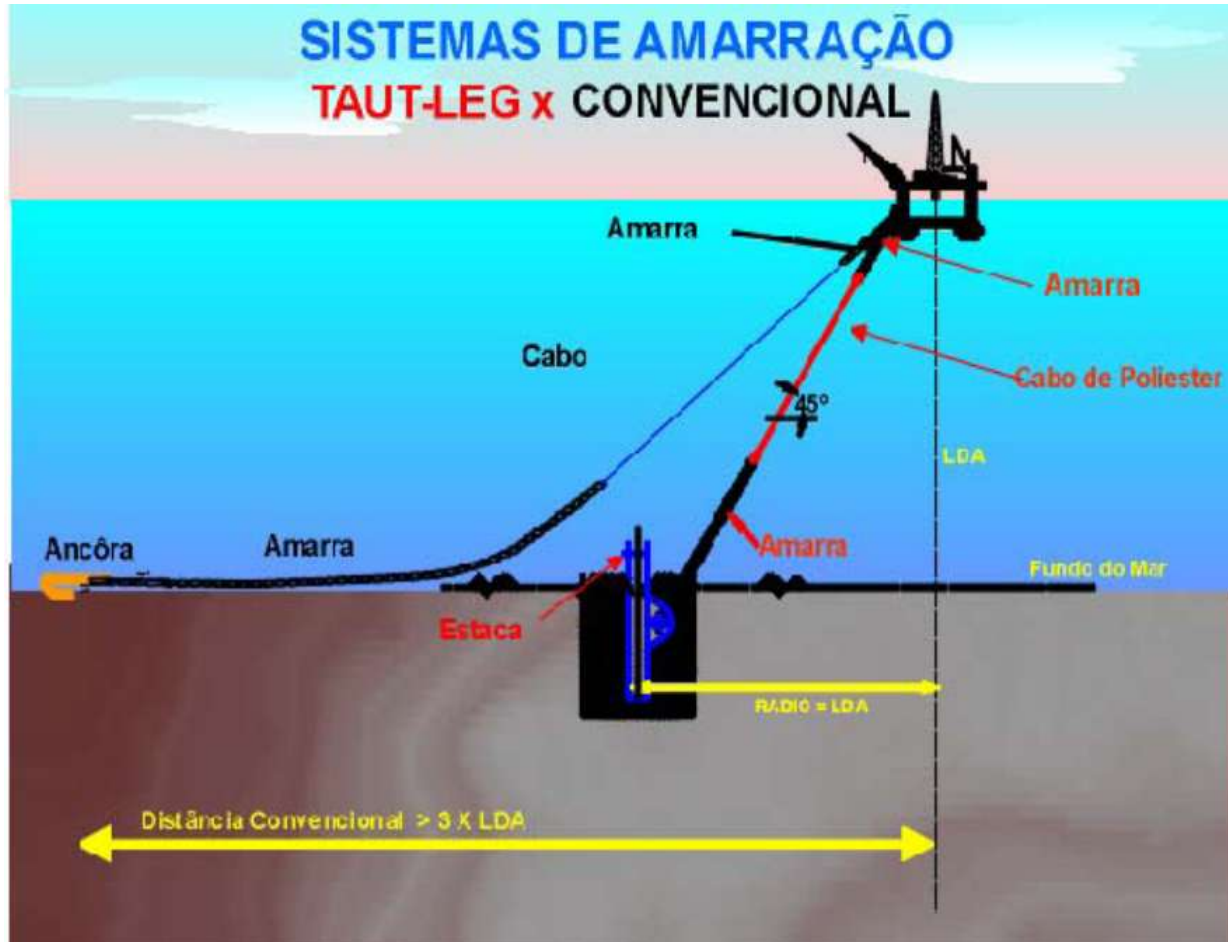
Mangotes Flutuantes e Submersos



Projetos de redução de peso nas estruturas de reforço dos mangotes (atualmente aço)



Sistemas de Amarração de Plataformas



Necessidade de se reduzir
área ocupada pelas
amarrações

Alteração de design de hardware
gera potencial utilização
de compósitos em fibra
de carbono

Bend Stiffeners

Tecnologia Atual

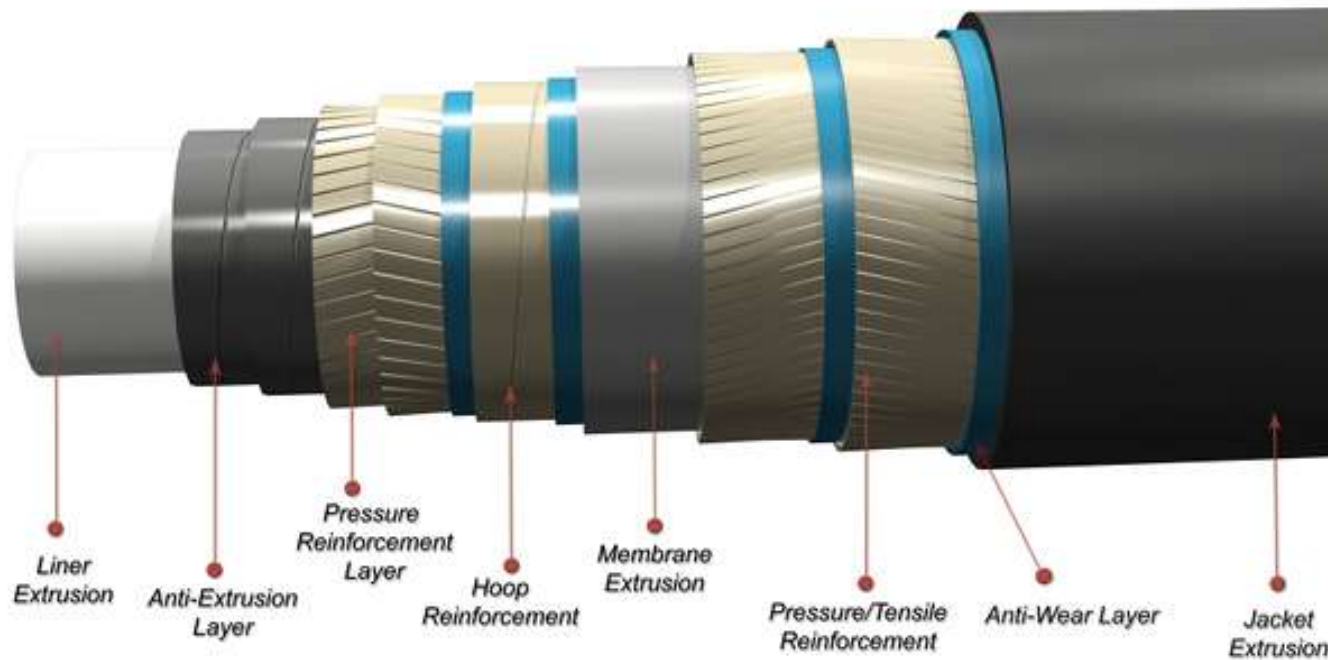


Tecnologia Proposta (Tecnologia Flexlife)



Risers Flexíveis

“Substituição de armações de aço por compósitos em fibra de carbono permite design para trabalho em catenária, sob tensão e pressão superior”



Umbilicais

Atual



Proposto

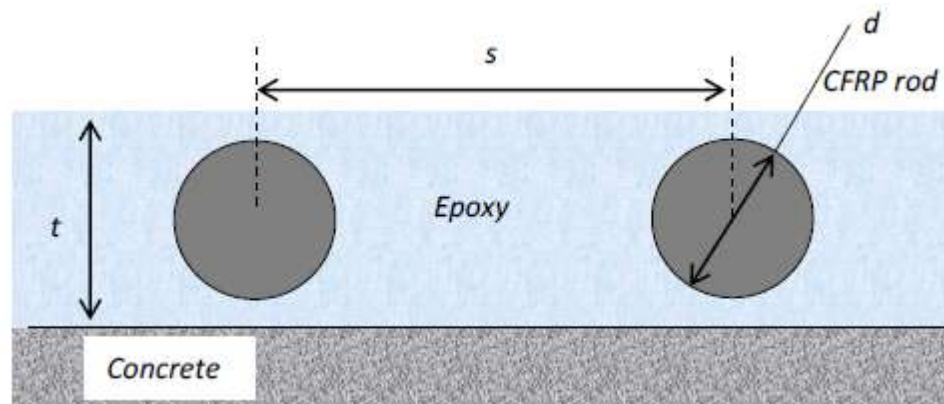
(Foto - Tecnologia Aker Kvaerner)



Reparos Estruturais



Reparos Estruturais



Carbon panel placement

Designation	Diameter, d (in)	Rod area ($\times 10^{-3}$ in ²)	Rod Spacing, s (in)	Bars per panel	Weight (lb./panel)	Strength (kip/ft.)
CRP70	0.078	4.78	0.25	48	0.66	73.4
CRP90	0.088	6.08	0.25	48	0.81	93.4
CRP110	0.098	7.54	0.25	48	1.00	115.8
CRP145	0.136	14.53	0.375	32	1.30	148.7
CRP195	0.156	19.11	0.375	32	1.71	195.7

TECIDOS E PREPREGS

TECIDOS

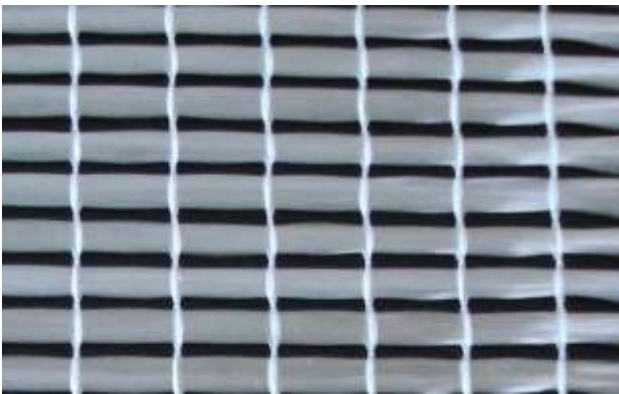
RESISTÊNCIA MECÂNICA DOS TECIDOS DEPENDE DE:

- NUMERO DE FIOS/CM
- CONFIGURAÇÃO DO TECIDO
- RESISTÊNCIA MECÂNICA DO FILAMENTO CONTÍNUO

Tecidos Unidirecionais



Tecidos Unidirecionais de Urdume



Tecidos Unidirecionais de Trama

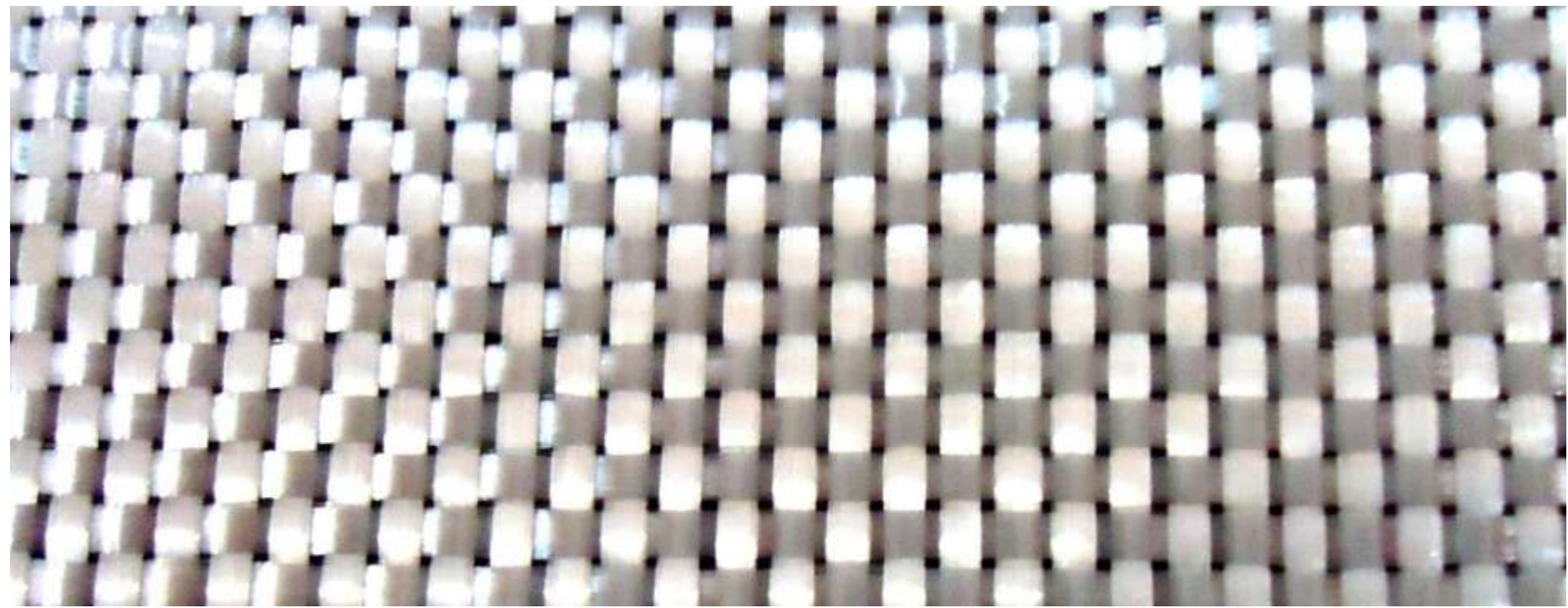
Reparos Estruturais



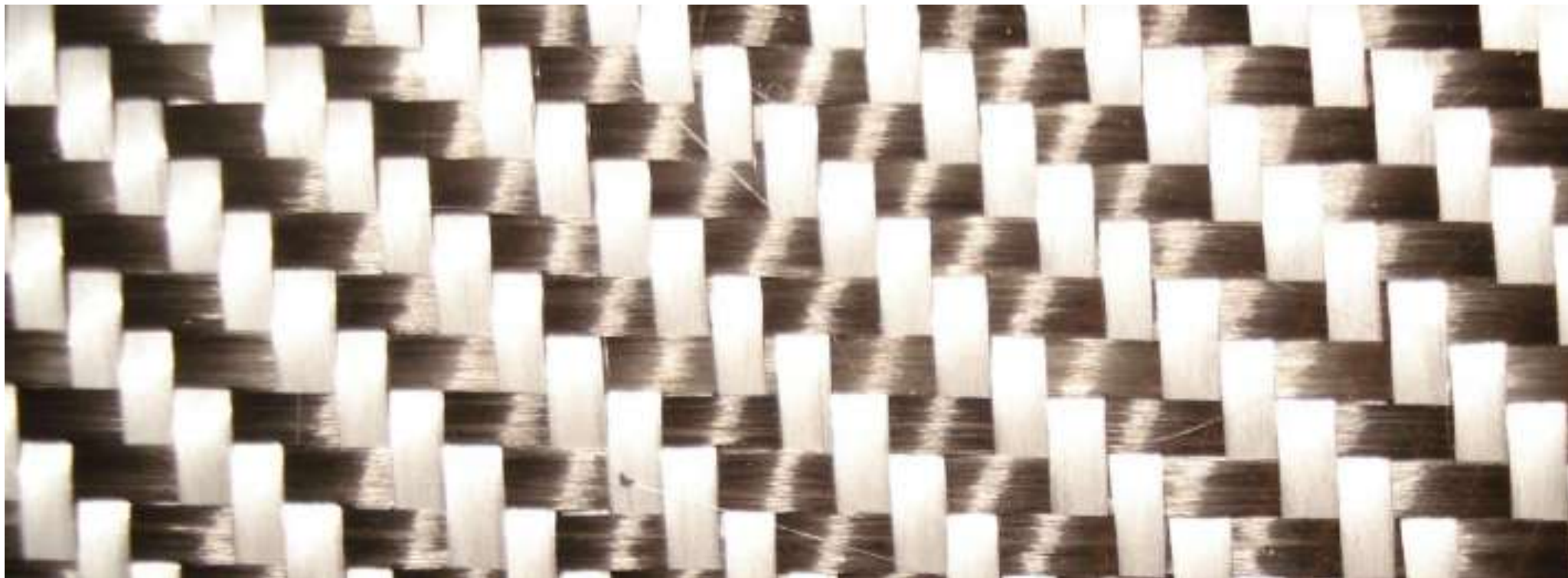
Laminação de Tecido Unidirecional

Tecidos Bidirecionais

Tecido tipo Tela (Plain Weave)



Tecido tipo Sarja



Sarja 2x2

Tecidos 8HS



Técnica avançada de tecelagem por Espalhamento de fibra

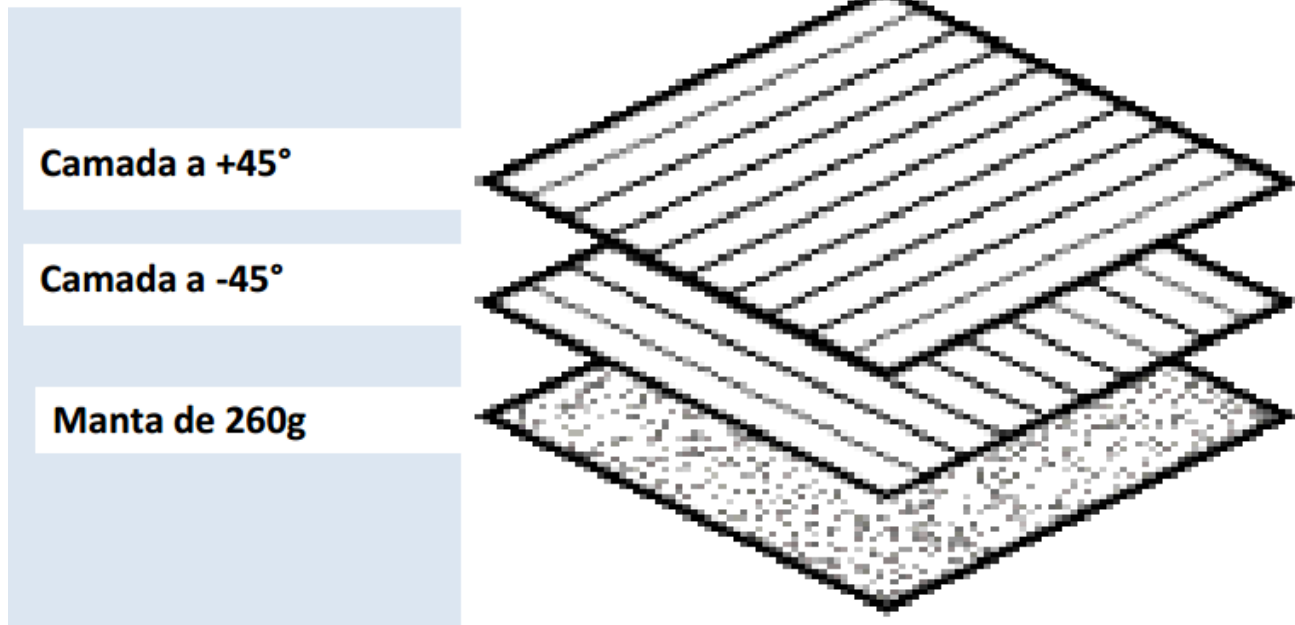


(Spread Tow)

(Regular tow)

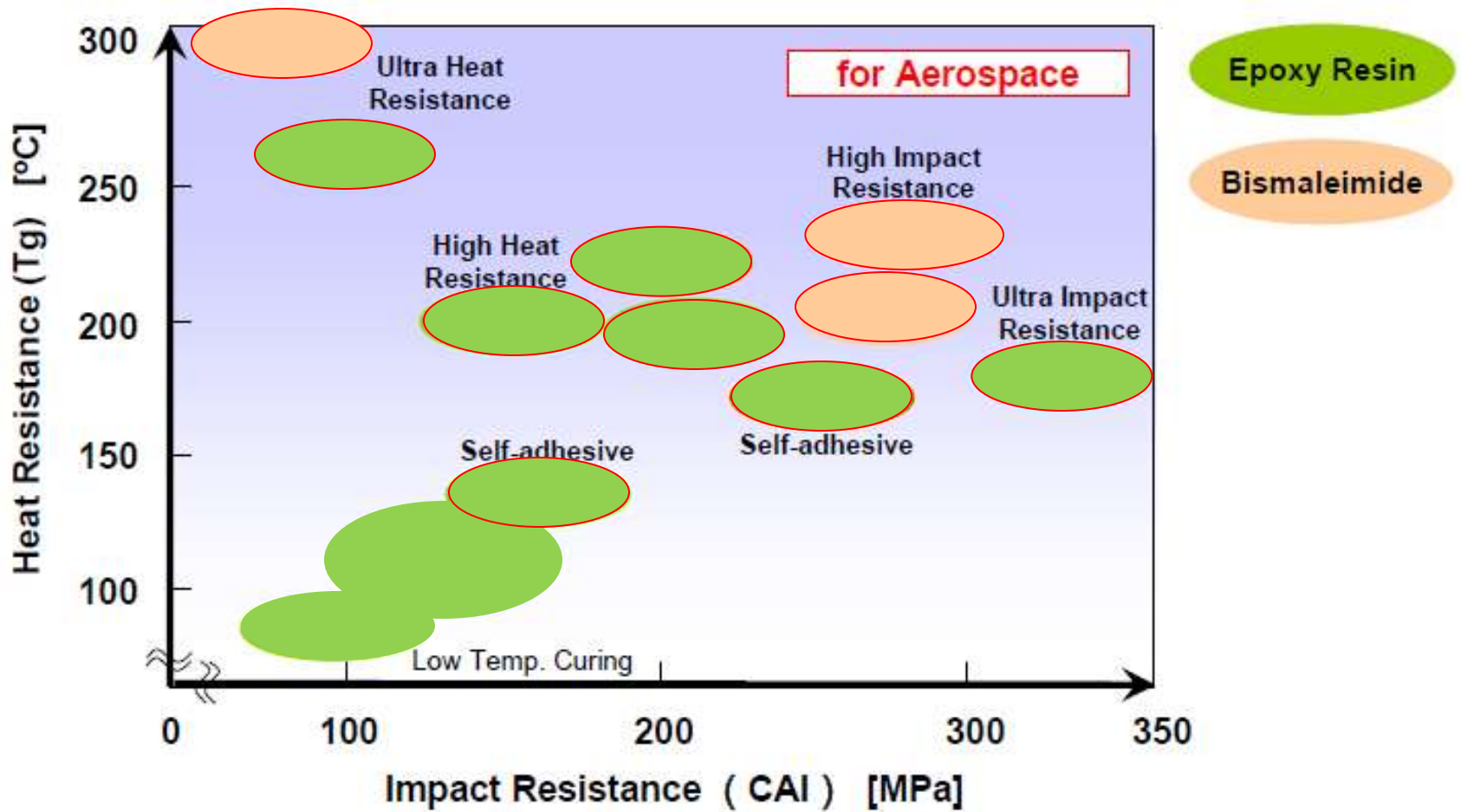
- 1** The Spread Tow structure makes it possible to achieve thinner laminates.
- 2** Straighter fibers with reduced crimp optimize and strengthen the composite.
- 3** Lower crimp reduce the amount of excess plastic, thereby minimizing weight.

TECIDOS MULTIAXIAIS



Multiplas camadas de tecido acopladas, podendo ainda conter manta acoplada;
 Utilização típica em processos de infusão– moldes, industria Nautica,
 Mercado aeronautico, Mercado de pás eólicas

Prepregs termofixos



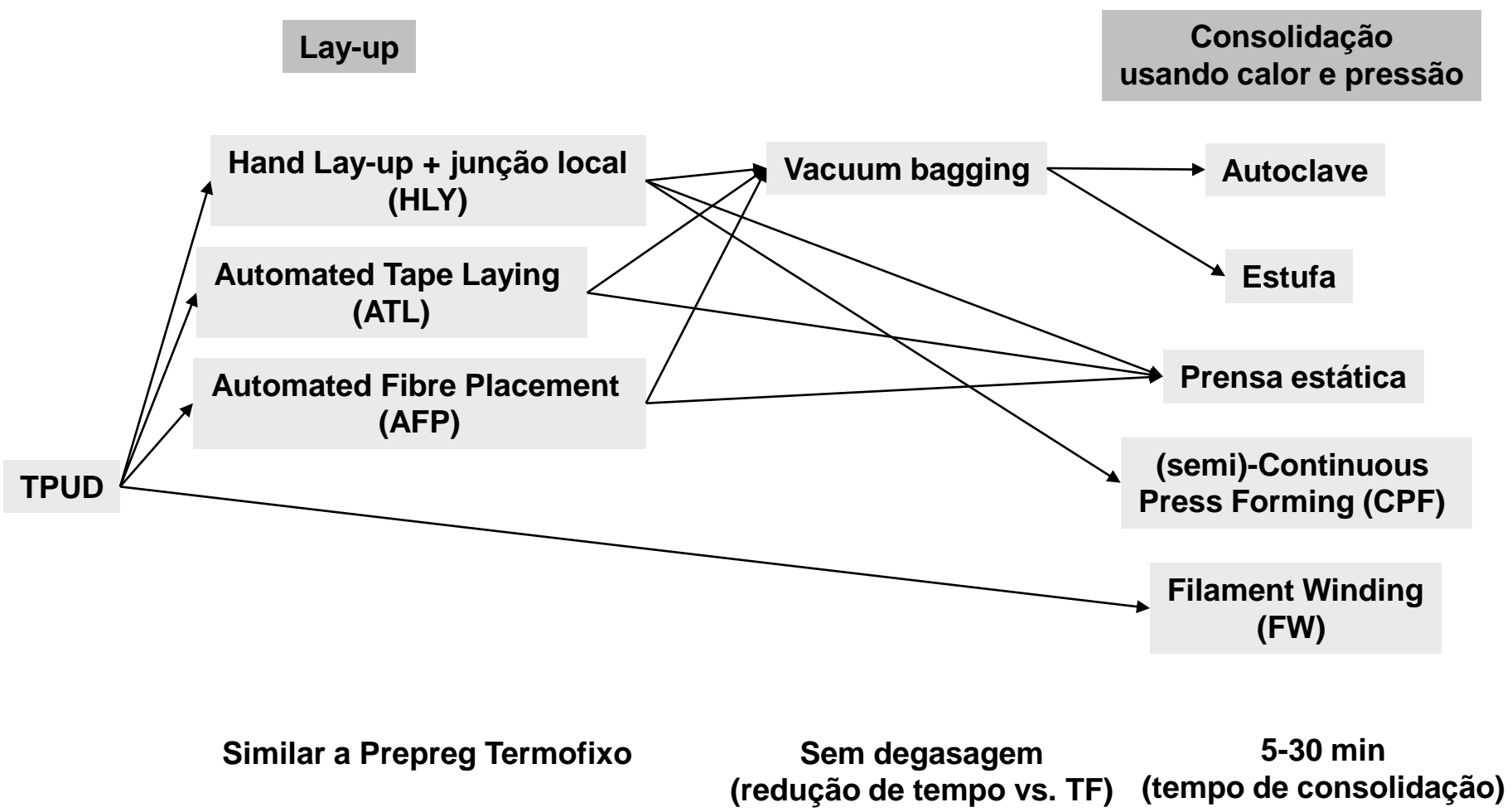
*Informação de propriedade da Toho Tenax

- **FABRICAÇÃO NO BRASIL DE TECIDOS PLANOS/PREPREGS: SIM – SOMENTE INDUSTRIAIS (NÃO-AERONAUTICOS)**
- **FABRICAÇÃO NO BRASIL DE TECIDOS MULTIAXIAIS: NÃO**
- **DISTRIBUIDORES NO BRASIL: SIM**
- **DOCUMENTAÇÕES DE CONTROLE DE APLICAÇÃO DO PRODUTO E LICENÇAS SÃO NECESSÁRIAS PARA IMPORTAÇÃO**

Tecnologia de Materiais Compósitos Termoplásticos

Tenax[®] ThermoPlastic UniDirectional (TPUD) (Termoplásticos com reforço unidirecional)

Tenax® TPUD: Fabricação de Peças



Tenax® TPUD

Tenax®-E TPUD PEEK-HTS40

Nome comercial	FAW weight [g/m ²]	Reforço	Fibra	Conteúdo de matriz [%wt]	Matriz	Espessura nominal [mm]
TPUD PEEK-HTS40	145	UD	HTS40 12k	34	PEEK <small>Vestakeep® 2000</small>	0.136
<i>*TPUD PEEK-IMS65</i>	145	<i>UD</i>	<i>IMS65 24k</i>	34	<i>PEEK</i>	0.134

- Largura: 6.35 (1/4”) to 304.8 mmW
- Fibra Tenax® com sizing específico para uso em matriz termoplástica

*in development

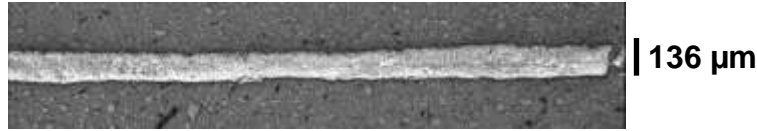
*Informação de propriedade da Toho Tenax



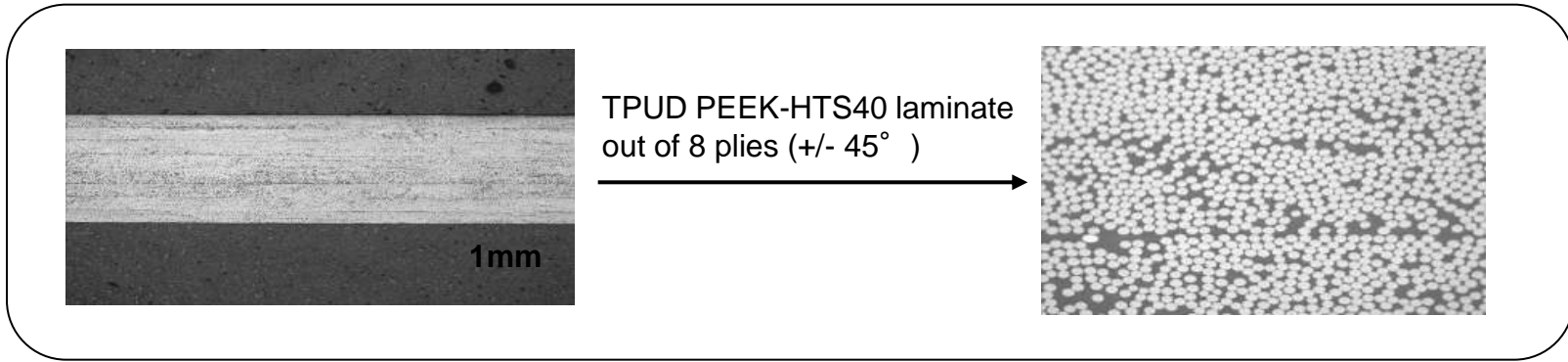
Tenax® TPUD

Tenax®-E TPUD PEEK-HTS40

TPUD PEEK-HTS40



Press consolidated laminate



- Consolidação em prensa e vácuo é possível
- PEEK – Baixa sensibilidade à cristalização $35 \pm 3 \%$
- Baixo teor de vazios no reforço e no laminado $< 2 \%$



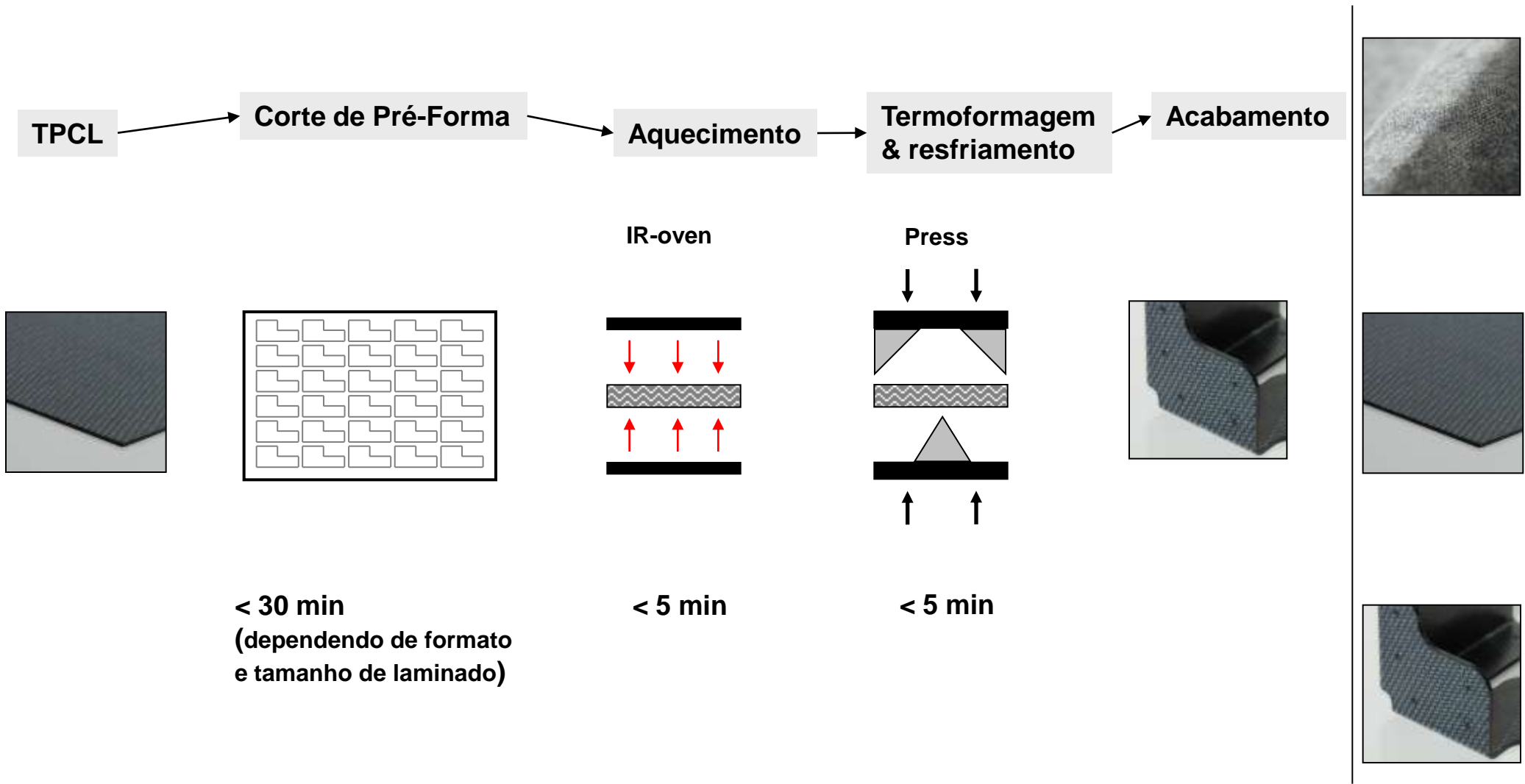
NET SHAPE PREFORM TECHNOLOGY



Tenax® ThermoPlastics

Tenax® ThermoPlastic Consolidated Laminate (TPCL) (Laminados Consolidados Termoplásticos)

Tenax® TPCL: Fabricação de peças



*Informação de propriedade da Toho Tenax

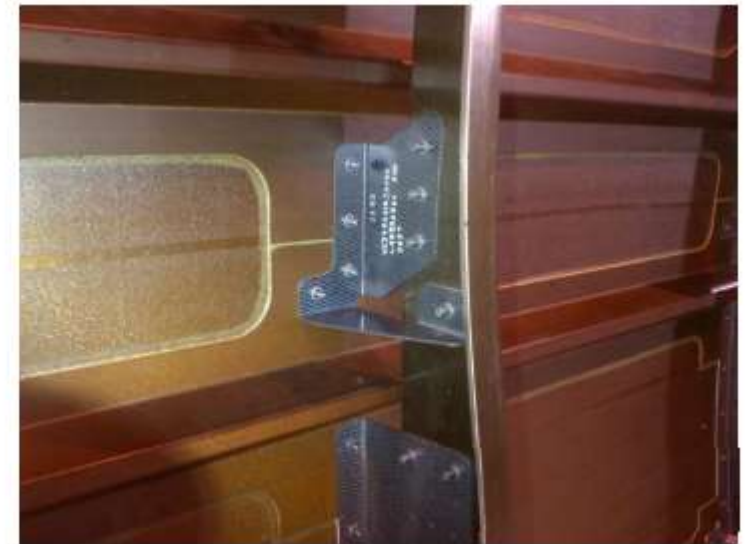
Fabricação na Premium Aerotec GmbH.



Airbus A350 XWB – Clipe que fixa os Frames à Fuselagem



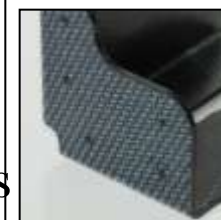
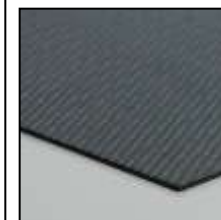
- Airbus A350



Tenax®-E TPCL PEEK-HTA40

Laminados

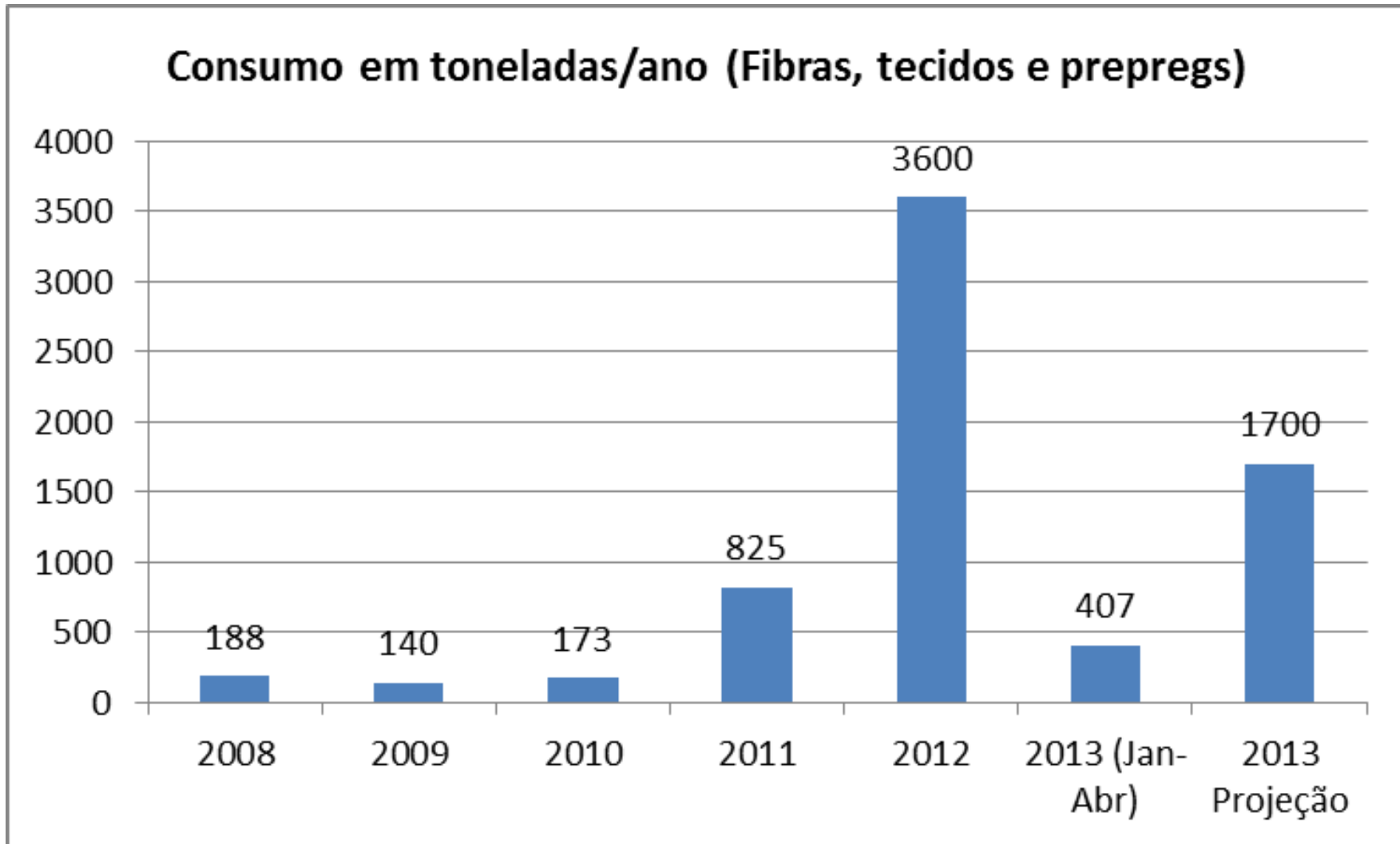
Espessura nominal [mm]	Numero de camadas	Empilhamento das camadas	Codigo de empilhamento	Material na superficie	Codigo de superf.
1.86	6	[(0,90)/(+45,-45)/(0,90)]	A	None (bare)	B
1.94	6	[(0,90)/(+45,-45)/(0,90)]	A	PEEK/Glass layer on 1 side	1G
...



- Tamanho do laminado: 800mm (urdume) x 1200 mm (0.96 m²)
- Espessura: De 1.24mm a 4.96 mm (4 a 16 camadas)
- Camadas de Vidro/PEEK & Bronze/PEEK podem ser adicionadas em um ou dois lados

MERCADO BRASILEIRO DE FIBRA DE CARBONO

MERCADO BRASILEIRO DE FIBRA DE CARBONO



Fonte: Aliceweb

Obrigado!

Tenax[®] CARBON FIBERS
REINFORCING EXCELLENCE

Rodrigo Cesar Berardine

rberardine@tohotenax-us.com

(11) 98706-1766

(11) 5070-3862

Oxidação



* http://www.despatch.com/carbon_fiber.aspx#&panel1-5 – Acessado em 28/5/2013