



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**

**Projeto Informacional para uso de Materiais Compósitos em Plataformas Industriais.**

Salvador-BA

22/09/2019



### **Equipe:**

Adriana Kelly Souza Loureiro

Gustavo Silva Santana

João Gabriel de Almeida Andrade

Rafael Ferreira Lessa

Thiago Lustosa Lima Dórea

### **Projeto Informativo para uso de Materiais Compósitos em Plataformas Industriais.**

Relatório referente ao Theoprax do curso superior de Engenharia Mecânica e Automotiva do Centro Universitário SENAI CIMATEC, sendo pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia.

Orientador: Marcio de Mélo Araújo

## RESUMO

Os materiais metálicos são extremamente susceptíveis a mecanismos corrosivos, principalmente quando são utilizados em ambientes industriais que apresentam variações de “ph” ou que se encontram a céu aberto. Tais motivos elevam o custo de manutenção em plantas industriais e promovem nas empresas o desejo de busca por novas alternativas. Uma das alternativas mais significativas para a redução de tais gastos é a substituição por materiais que não sofrem com efeitos corrosivos como por exemplo os materiais compósitos. Entretanto para a aplicação em ambiente industrial é necessário comprovar legalmente que o material atende a diversos requisitos de naturezas químicas, elétricas e mecânicas com o objetivo de garantir a segurança da planta. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo elaborar uma pesquisa informacional para subsidiar a redação de uma futura norma interna da Braskem S/A, visando viabilizar a substituição dos materiais metálicos utilizados em estruturas secundárias de plataformas industriais (grade de piso, guarda corpo e escada de marinho) por materiais compósitos. Neste documento um breve estudo acerca dos materiais compósitos é apresentado abordando suas características e seus processos de fabricação com o intuito de averiguar o processo mais adequado para a aplicação solicitada pela empresa Braskem, além disso, foram investigados um conjunto de fornecedores de perfis de materiais compósitos onde são apresentadas as principais normas utilizadas pelos mesmos para sua fabricação e teste e certificação. Através de uma pesquisa realizada na literatura de nacional e internacional foram construídos quadros que apresentam de forma esquemática as normas relevantes e recomendadas para a construção, definição de propriedades, teste e certificação de produtos fabricados em materiais compósitos. Dessa forma as principais informações para a construção de uma nova normativa foram abordadas de modo a permitir uma futura substituição dos materiais atualmente empregados nas plataformas industriais das plantas da empresa Braskem.

**Palavras-chave:** Materiais, metálicos, compósitos, corrosão, Braskem, plataformas industriais, normas.

## ABSTRACT

Metallic materials are extremely susceptible to corrosive mechanism, especially when they are used in industrial environments, which can suffer pH variations or external environment. Such reasons increase the cost of maintenance in industrial plants and promote in companies the desire to search for a new alternative. One of the most suitable alternatives for reducing such costs is the replacement with materials that not suffer corrosive effects, such as composite materials. However, for an application in an industrial environment it is necessary to legally prove that the material meets several requirements of chemical, electrical and mechanical nature in order to guarantee the safety of the plant. Thus, the present work aims to develop an informative research to assist in the construction of a future international standard of Braskem S / A, to monitor the substitution of metallic materials used in secondary structures of industrial platforms (Floor grid, handrail and ladder) by composite materials. In this document, a brief study on composite materials is presented addressing its resources and its manufacturing processes in order to measure or the most suitable process for an application requested by Braskem, in addition, a set composite material suppliers were investigated where the main standards used by them for their manufacture and testing and certification are used. Through a search carried out in the national and international literature, tables were constructed that show schematic shapes about relevant norms and recommendation for construction, definition of characteristics, testing and certification of products manufactures in composite materials. In this way, the main information for the construction of a new standard was addressed in order to allow a future replacement of the materials currently used in the industrial platforms of Braskem companies.

**Keywords:** Materials, metals, composites, corrosion, Braskem, industrial platforms, standards.

## SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO .....	6
2.0	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
2.1	Materiais compósitos.....	8
2.2	Fibras de reforço .....	11
2.3	Matrizes poliméricas.....	13
2.4	Processos de fabricação .....	17
3.0	EMPRESAS FABRICANTES DE PERFIS E ESTRUTURAS EM MATERIAIS COMPÓSITOS POLIMÉRICOS.....	29
4.0	REQUISITOS CRITÉRIOS E ENSAIOS NORMATIVOS.....	31
4.1	Materiais: Requisitos e especificações .....	31
4.2	Fabricação construção e dimensões.....	32
4.3	Sistema de fixação .....	33
4.4	Tolerâncias dimensionais e defeitos visuais .....	33
4.5	Ensaio: Métodos e determinação de propriedades.....	34
5.0	INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOLICITADAS PELA BRASKEM.....	39
5.1	Aditivos em Polímeros.....	39
5.2	Condução Eletrostática .....	40
5.2.1	Agentes Antiestáticos .....	41
5.2.2	Aditivos de Grafite .....	42
5.3	Método de teste pertinente e informações de projeto.....	43
5.3.1	Resistividade de superfície (SR) .....	43
5.3.2	Resistividade ao volume (VR): .....	43
5.3.3	Decaimento estático (SD): .....	43
5.4	Resistência ao fogo em áreas classificadas .....	44
6.0	CONCLUSÃO.....	47
	Anexo A – Datasheet resina fenólica .....	48
	Anexo B – Datasheet resina isoftálica .....	49
	Anexo C – Datasheet resina acrílica .....	51
	Anexo D – Datasheet resina éster vinílica .....	53
	Anexo E – Tabela de normas utilizadas pelas empresas fornecedoras de pultrudados. ....	55
	Anexo F – Relatório de ensaio de retardamento à chama .....	56
	Anexo G – Relatório de ensaios de força em compósitos .....	58
	Anexo H – Questionário respondido pela empresa Stratus.....	63
	Referências: .....	67

## 1.0 INTRODUÇÃO

O ambiente industrial apresenta um meio bastante agressivo para materiais metálicos, que são frequentemente expostos a essa atmosfera e devido aos mecanismos de corrosão e necessitam serem repostos com grande frequência (ECHEVARRIA et al., 2013). Uma opção no mercado é o uso de materiais compósitos, uma vez que “Materiais compósitos têm sido amplamente utilizados em substituição ao metal e a madeira, devido à alta resistência a tração específica, à corrosão e a fadiga, além da facilidade de produção e baixo custo de processamento” (Fracassi et al., 2014), entretanto, o uso desses materiais no Brasil ainda é muito limitado quando se diz respeito a estruturas que demandam maiores esforços e níveis de criticidade.

Para ampliar o campo de aplicação destes materiais, se faz necessário uma norma técnica que assegure a sua utilização em ambiente industrial. A partir desta necessidade, o objetivo deste trabalho é a elaboração de uma pesquisa informacional para subsidiar a redação de uma futura norma interna da empresa Braskem S/A, visando viabilizar a substituição dos materiais metálicos utilizados em estruturas secundárias de plataformas industriais (Grade de piso, Guarda-corpo e Escada) por materiais compósitos poliméricos.

Neste documento serão abordadas as seguintes informações:

- Informações referente a normas e catálogos de estruturas dos fornecedores de materiais pultrudados da Braskem;
- Pesquisa focada em normas utilizadas para fabricação de compósitos poliméricos, assim como a avaliação da norma mais adequada de acordo com os requisitos solicitados pela Braskem S/A;
- Fundamentação teórica abordando os compósitos poliméricos, que sirva de embasamento para os objetivos e requisitos do projeto, fundamentado em artigos, estudos e teses;
- Informações adicionais sobre condução eletroestática nesses materiais e resistência ao fogo em áreas classificadas.

Esta abordagem é direcionada a trazer as principais normativas que ditam as propriedades mínimas requeridas dos componentes que compõem a plataforma industrial como: Resistência a esforços mecânicos, o modo de fixação e contato entre elementos, o comportamento em altas temperaturas e o comportamento em ambientes agressivos, sendo estes os requisitos apresentados pela empresa Braskem.

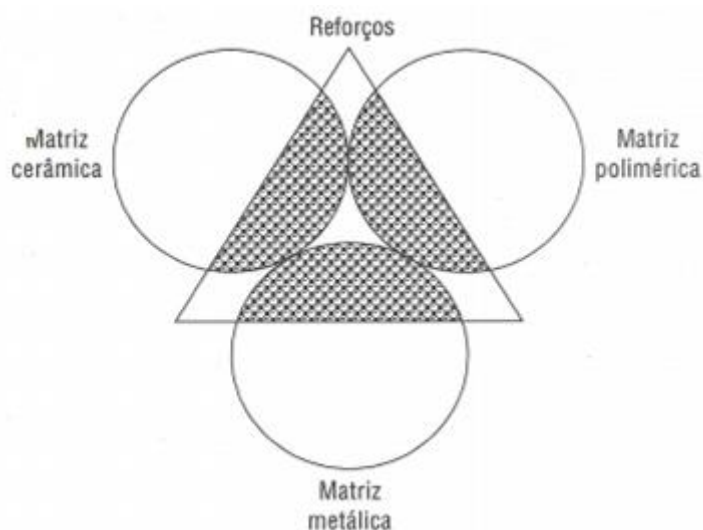
## 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Materiais compósitos

Um material compósito é, de um modo geral, “Uma associação criteriosa de dois ou mais materiais, de diferentes características e propriedades, objetivando-se um novo material com desempenho único, que seja diverso ou superior aos materiais de origem”. (MAJUNDAR, 2002)

Na figura 1 abaixo, contém o esquema da composição dos compósitos.

**Figura 1 - Representação das combinações possíveis em compósitos com matriz polimérica, cerâmica e metálica.**

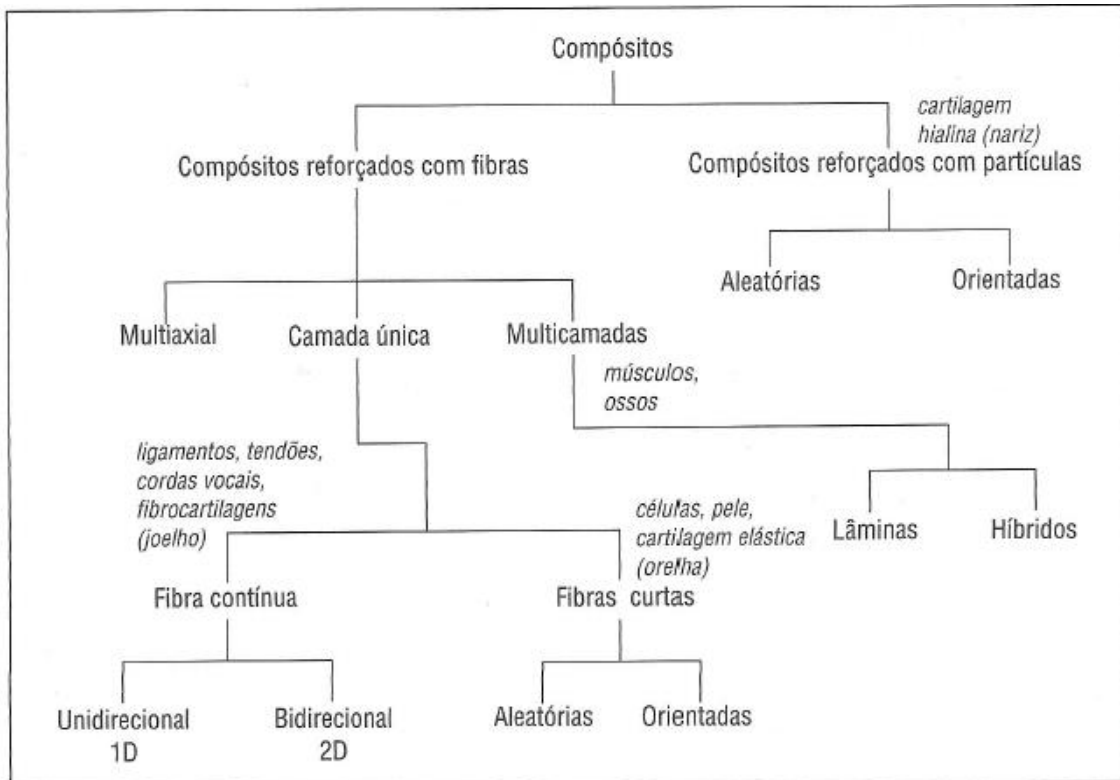


**Fonte:** Compósitos estruturais: ciência e tecnologia, 2002.

Segundo Neto (2016) e Pardini (2016) por conta das matrizes vistas na figura 1 e dos arranjos com os reforços existentes, que são os reforços por fibras ou reforço por partículas, é possível datar uma série de classificações hierárquicas conforme é mostrado na figura 2.



**Figura 2** - Classificação hierárquica de compósitos

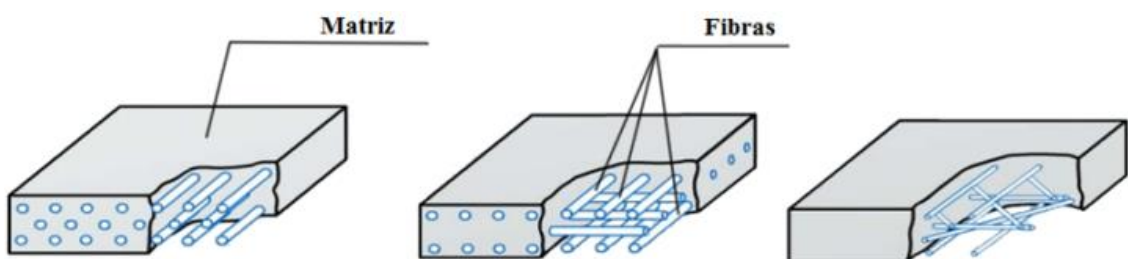


Fonte: compósitos estruturais: ciência e tecnologia, 2002.

“Os compósitos existem em diferentes formas, mas normalmente os mais usuais são os materiais constituídos por um reforço de fibra embutido numa matriz polimérica.” (Ventura, 2009)

Existem dois tipos de reforços para fibras contínuas: unidirecional e bidirecional. Essas fibras de reforço contínuas, situadas nas camadas dos compósitos, são oriundas a depender de como o material é moldado e a partir disso, sua orientação será preferencial, ou seja, dependerá de sua aplicabilidade. (Neto e Pardini, p.5, 2016). Existe também a possibilidade de utilização de fibras curtas de forma aleatória ou orientada.

**Figura 3:** Estrutura de materiais compósitos com alguns dos possíveis arranjos das fibras

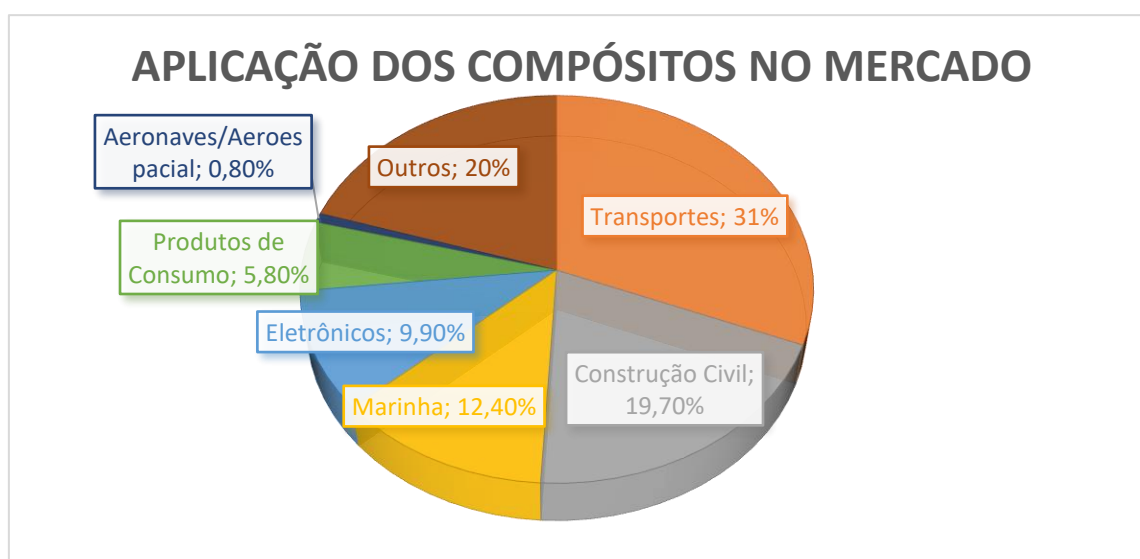


Fonte: BetaEQ, 2017

De acordo com Neto (2016) e Pardini (2016), o que tornam os materiais compósitos bastante versáteis, é o fato de possuírem diversas possibilidades de propriedades mecânicas, químicas e físicas e pelas várias opções de reforço que podem ser aplicados a elas.

Os Materiais compósitos utilizados na fabricação de componentes industriais estão sob constante desenvolvimento. As aplicações variam muito, vão de peças simples utilizadas em casa a componentes aeroespaciais de alto desempenho. No gráfico 1, é possível verificar em porcentagem o quanto esse tipo de material está presente em cada setor mercado de uma forma geral segundo Ventura (2009):

**Gráfico 1:** Aplicação dos compósitos no Mercado



**Fonte:** Ventura, 2009.

A partir do gráfico 1 é possível perceber que estes materiais já estão com uma ocupação considerável na construção civil, o que fortalece a viabilidade da aplicação dos mesmos em estruturas secundárias, e além disso é possível inferir que estes materiais tem características mecânicas aceitáveis para aplicação em estruturas, visto seu percentual de 19,7% na área de construção civil.

Segundo Ventura (2009), o Tipo de compósito mais utilizados na construção de edifícios, que apresentam geralmente grande durabilidade, são os compósitos poliméricos reforçados com fibras (FRPC- *Fibre Reinforced Polymer Composites*), esse tipo de material tem possibilitado:

- ✓ Manutenções menos frequentes durante o ciclo de vida da estrutura;
- ✓ Potencial para construções modulares, o que permite a montagem rápida dos componentes standards no local;
- ✓ Redução dos custos de construção;
- ✓ Reabilitação e manutenção de estruturas já existentes, portanto; facilitando as estruturas existentes a recuperar a resistência inicial quando degradadas (Maior aplicação dos polímeros reforçados com fibras);
- ✓ Aumentar a capacidade de carga de modo a satisfazer novos usos, ou mesmo modificar a funcionalidade obsoleta das mesmas sem implicar grande aumento do peso da estrutura.

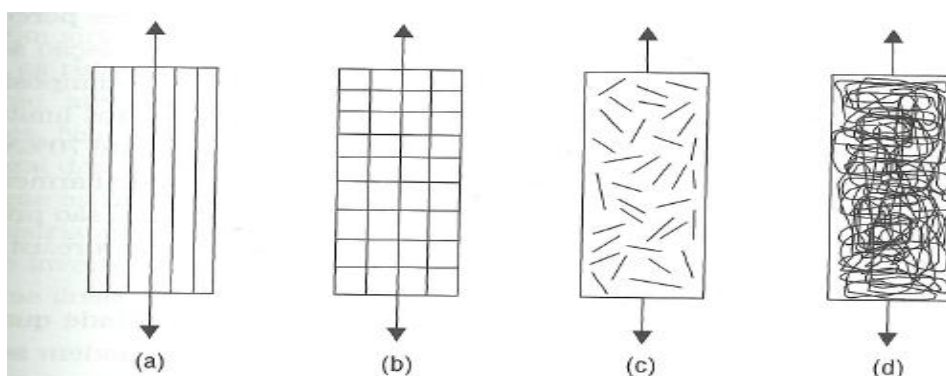
## 2.2 Fibras de reforço

Nos compósitos poliméricos os três tipos de fibras mais utilizadas para reforçar são: vidro, aramida (ou poliamida aromática) e carbono. (VENTURA, 2009)

Ventura (2009) ainda diz que “os constituintes do reforço dos compósitos proporcionam força e rigidez, mas também aumentam a resistência ao calor, corrosão e condutividade. [...] para o reforço representar uma vantagem para o compósito este deve ser mais forte e rígido que a matriz.”

Conforme abordado no item 2.1 deste documento a orientação das fibras e o tamanho interfere diretamente na sua aplicação. Diante dessa afirmação é possível realizar uma comparação das propriedades mecânicas das fibras de reforço na figura 4.

**Figura 4** - Lâminas com reforço tipo: (a) unidirecional; (b) tecido bidirecional balanceado; (c) fibras picadas; e (d) manta contínua, submetida a esforços de tração uniaxial longitudinais.



**Fonte:** Compósitos estruturais: ciência e tecnologia, 2002.

Comparando as fibras presentes na figura 4, as fibras que apresentariam mais eficiência estruturais seriam a (a) e (b), quando comparado as (c) e (d). Devido as fibras estarem organizadas em uma ou mais direções. Para esforços longitudinais, a fibra (a) apresentaria resistência mecânica e rigidez superiores a (b) e as demais devido a direção da sua orientação. Já em termos de esforços ou solicitações na direção transversal, a que apresenta melhor resistência mecânica e rigidez seria a fibra (b) por estar organizada nas duas direções, o que indica que os arranjos em que das fibras, determina suas propriedades mecânicas. (Neto e Pardini, p.5 e p.6, 2016).

De acordo com Ventura (2009, p. 15):

“As fibras de vidro são de longe o reforço mais usado e o mais barato. São usadas para reforçar matrizes poliméricas de modo a se obter compósitos estruturais e componentes moldados. Os compósitos de matriz plástica reforçada com fibras de vidro apresentam características favoráveis, como elevado quociente entre resistência e peso, boa estabilidade dimensional, boa resistência ao calor, à humidade e à corrosão, boas propriedades de isolamento eléctrico, facilidade de fabrico e custo relativamente baixo.”

Ao fazer uma comparação entre as 3 fibras (Vidro, aramida e carbono), conclui-se facilmente que a de vidro é inferior, principalmente no quesito propriedades mecânicas, essa afirmação pode ser confirmada no quadro 1 pela tese da USP (Fiorelli, 2002).

**Quadro 1** - Características dos tecidos de fibras a 20°C

Fibras	Características		
	Resistência a Tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Unidirecional vidro (E)	900	76	2,55
Orgânica (Kevlar)	1500	125	1,44
Unidirecional carbono	2200	160-300	1,75
Lâmina carbono	2400	165-300	1,90

**Fonte:** Tese USP: utilização de fibras de carbono e de fibras de vidro para reforço de vigas de madeira.

A fibra de carbono tem como características uma combinação de variáveis como: baixo peso próprio, grande durabilidade, facilidade de assumir formas complexas, alta resistência mecânica, grande rigidez e uma ótima resistência à corrosão. (Fiorelli, p.11, 2002)

A fibra de Aramida é apresentada uma boa rigidez e leveza e quando comparada com outros materiais resistência específica muito grande (Fiorelli, p.10, 2002).

“As fibras de aramida e de carbono apresentam resistência mecânica elevada, densidade baixa e apesar do seu preço mais elevado, são utilizadas em muitas aplicações, especialmente na indústria aeroespacial.” (VENTURA, 2009).

Apesar das qualidades já citadas das duas outras fibras, a fibra de vidro é amplamente utilizada devido ao seu ótimo custo x benefício como pode ser confirmado no quadro 2 abaixo:

**Quadro 2** - Análise de custos

<b>Fibras</b>	<b>Custo (US\$)</b>
Tecido de Fibra de Carbono	60,00/m <sup>2</sup>
Lâmina de Fibra de Carbono	60,00/m linear
Tecido de Fibra de Vidro	3,00/m <sup>2</sup>

**Fonte:** Tese USP: utilização de fibras de carbono e de fibras de vidro para reforço de vigas de madeira.

### **2.3 Matrizes poliméricas**

A fase matriz pode ser um metal, um polímero ou um cerâmico, conforme já foi visto na figura 1. Ela confere estrutura ao material compósito preenchendo os espaços vazios que ficam no reforço e mantendo-o na sua posição (VENTURA, 2009).

Em relação as matrizes poliméricas, existem os polímeros termofixos, segundo Nguyen (2017) e Mutsuyoshi (2017), são resinas que sofrem processo de cura, e nele, a sua estrutura molecular assume uma geometria de rede tridimensional, conectando toda a matriz. Com essa cura finalizada, essas resinas adquirem uma alta

estabilidade dimensional, resistência a altas temperaturas e boa resistência a solventes devido à sua estrutura tridimensional reticulada.

Além dos termofixos, existem as matrizes termoplásticas. “Esses termoplásticos são polímeros de alta massa molar molecular, constituídos de cadeias lineares e, em alguns casos, apresentam alguma ramificação. As cadeias são emaranhadas permitindo que o material apresente integridade física, mas que são passíveis de deformação plástica quando submetidos a tensões.” (Neto e Pardini, p.35, 2016).

O quadro 3 abaixo apresenta um esquema comparativo das principais características destas duas classes abordadas:

**Quadro 3 - Comparação entre as matrizes**

Polímeros Termoplásticos	Polímeros Termofixos ou Termoestáveis.
Flexíveis e elásticos.	Duros e quebradiços.
Podem formar fibras (fios ) e filmes.	Incapazes de formar fibras (fios) e filmes.
Boas propriedades elétricas.	Propriedades elétricas inferiores.
Propriedades mecânicas inferiores.	Boas propriedades mecânicas
Baixa absorção de água ( baixa higrosopia )	Elevada absorção de água ( elevada higroscopia )

**Fonte:** Alencar (2016)

As resinas abordadas serão as utilizadas pelos fornecedores brasileiros, vide quadro 4 deste documento, sendo essas: resina fenólica, isoftálica, acrílica e éster vinílica.

De acordo com Oliveira (2008), as resinas fenólicas são termofixos bastante utilizados no ramo industrial, sendo sua aplicabilidade em: adesivos, laminados, vernizes, tintas e moldagem. Segundo oliveira (2008), isso se deve ao fato de exibirem ótimas propriedades, sendo essas:

- Baixa emissão de fumaça e alta resistência ao fogo: são utilizadas em revestimentos de interior de aeronaves, entre outras aplicabilidades, justamente por possuir propriedades que retardam as chamas
- Alta resistência química, estabilidade dimensional e térmica: por apresentar essas propriedades são utilizadas em diversas aplicações.

No anexo A, localiza-se o *datasheet* da resina fenólica.

Outra resina termofixa aplicada, são as isoftálicas. Essa resina oriunda de poliésteres de alta massa molecular, tem um arranjo molecular com alta resistência mecânica, química, com resistência à água e com melhor absorção de impacto. Aplicabilidade: fabricação de *gel coat* para tanques, tubulações e navios. (Pereira, p.22 e p.23, 2016). Suas propriedades se encontram no anexo B.

A Resina acrílica que de acordo com (Marcelo Antunes, pg. 121, 2011), além de terem na sua matéria prima os polímeros para sua eventual formação, elas também são derivadas dos ácidos acrílicos e metacrílicos. Ele afirma que os acrilatos são resinas versáteis sendo capaz de ter elevada elasticidade ou serem rígidas ao ponto de aceitar usinagem. As resinas podem ser do tipo termorrígidas que tem o processo de cura, através do auxílio de energia térmica, ou termoplástica que formam uma película através da evaporação de solventes. Segundo Marcelo Antunes as resinas acrílicas têm características como:

- Excelente retenção de cor, não gerando amarelamento quando exposto a intempéries
- Grande resistência a ação dos raios ultravioletas
- Resistência a óleos e graxas

Para atribuição de maior resistência e tenacidade grande parte da indústria utiliza o estireno por ser bem versátil na sua usabilidade como copolímero na formulação de resinas acrílicas (Juliana Rovere e Carlos Correa, 2008). No anexo C está o *datasheet* com suas propriedades detalhadas.

A resina éster vinílica. Essa resina é constituída por oligômeros éster vinílico, combinado com monômeros de estireno (diluyente reativo). (Ittner e Felisberti, 2001). Segundo Pagnoncelli (2016), a principal vantagem do éster vinílico é que suas propriedades, tanto físicas, mecânicas e químicas, são oriundas das melhores combinações de propriedades das duas resinas: epóxi e poliéster, sendo as mecânicas e térmicas, provenientes do epóxi e cura rápida do poliéster. A resina também apresenta uma ótima resistência ao impacto. Suas características se encontram no *datasheet* situado no anexo D.

O quadro 4 abaixo demonstra quais resinas atendem aos requisitos mínimos estabelecidos em normas para determinação propriedades, onde a off-shore representa a resina acrílica:

**Quadro 4** - Resinas utilizadas por fornecedores de materiais pultrudados

Norma	Descrição	Resina isoftálica	Resina off-shore	Resina éster-vinílica	Resina fenólica
ASTM G 53	Resistência a raios ultravioletas e intempéries	X	X	X	X
ASTM D 2584	Teor de fibra de vidro	X	X	X	X
ASTM 792	Peso específico	X	X	X	X
ASTM 570	Absorção de água	X	X	X	X
ASTM 2583	Dureza Barcol	X	X	X	X
ASTM D 543	Resistência química	Resistente	Resistente	Mais Resistente	Resistente
IEC 92-101	Extensão de queima		X		X
ASTM E 84	Extensão e índice de queima		X		X
ASTM D 635	Tempo e extensão de queima		X		X
ASTM E 162	Propagação de chama		X		X
ASTM E 662	Densidade ótica de fumaça		X		X
NES 713	Toxicidade de fumaça		X		X
ASTM 119	Queima a 900°C				X
MB 3386 (grade)	Resistência à carga vertical uniformemente distribuída	X	X	X	X
MB 3387 (grade)	Resistência a impacto	X	X	X	X
N-2614 (grade)	Piso - grade material composto		X	X	X
N-2614 (grade)	Carga estática a 90°C		X	X	X
ASTM D 149	Rigidez dielétrica (aplicação elétrica)	X	X	X	X

Fonte: Cogumelo.



Através da análise do quadro comparativo 4 e das propriedades apresentadas de cada resina é notável que a fenólica representa a mais adequada para a aplicação na construção dos componentes da plataforma industrial. Tal resina apresenta propriedades compatíveis com os requisitos apresentados pela empresa Braskem, possuindo elevada resistência química, resistência ao fogo e ao carregamento.

## **2.4 Processos de fabricação**

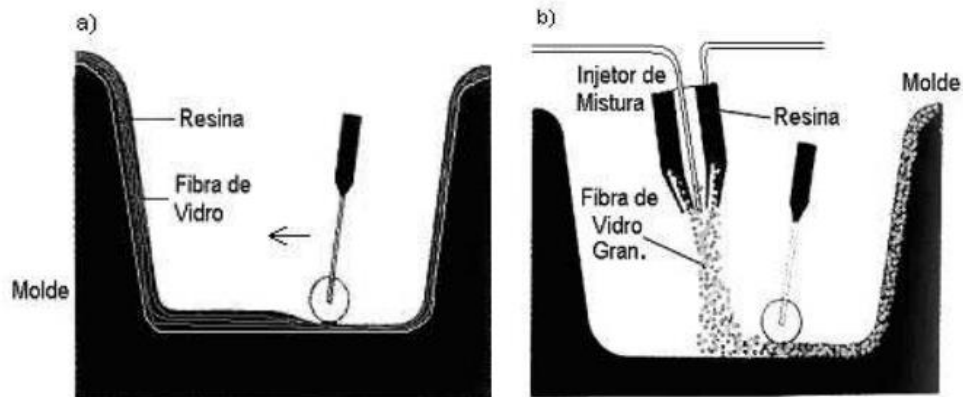
Para a fabricação desses materiais há diferentes processos que podem ser utilizados, como: Processo de molde fechado, processo com molde aberto, processo com molde cilíndrico e processos contínuos. (Murphy, 1998, p. 42).

O Processo de molde aberto faz uso de um único molde onde as resinas e as fibras são aplicadas. A fabricação por este método tem como características:

- ✓ Fabricações em pequena escala, como na confecção de protótipos e itens simples, que não ultrapasse 1000 peças por ano;
- ✓ O investimento que o processo exige é baixo, mas podem aumentar de acordo com a exigência do produto;
- ✓ O acabamento e espessura podem ser facilmente alterados e depende diretamente da escolha das resinas e fibras.

Dentre esses processos existem o *hand lay-up molding* e o *spray-up molding*. No *hand lay-up molding* ocorre a aplicação de diversas camadas de fibras e resinas até atingir a espessura desejada. O *spray-up molding* ocorre muito semelhante ao *hand lay-up*, a única diferença está que no *spray up* a aplicação é feita através de pistolas garantindo uma melhor homogeneidade das fibras e conseqüentemente uma maior controle e qualidade no produto. (Kersting, 2004).

**Figura 5:** *Hand lay-up e spray-up molding*



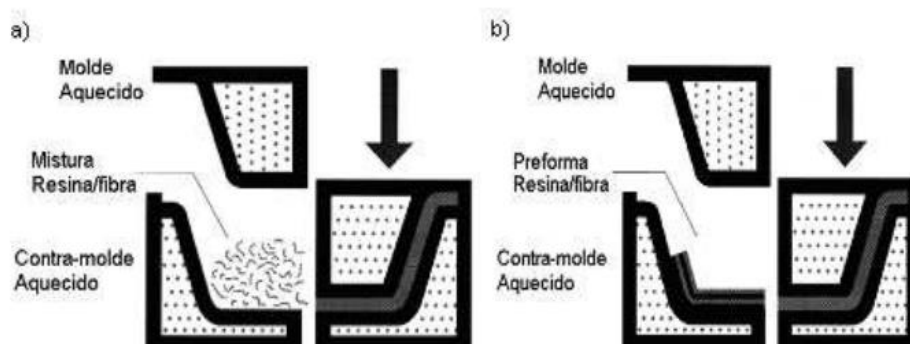
Fonte: Kersting. (2004).

Para Kersting (2004), o processo de molde fechado: Funcionam basicamente no processo de moldagem de duas superfícies das peças a serem produzidas. A distribuição da resina pode ser feita basicamente de duas maneiras:

1. Aplicação da resina: Aplicação manual da resina em ambos os lados do molde, ou aplicação automática por prensa. (Moldagem por compressão)
2. Injeção da resina: Injeção da mistura com a resina na fibra que atua como reforço do compósito.

A moldagem por compressão necessita de baixo investimento se comparado a injeção da resina, mas apresenta uma baixa produtividade.

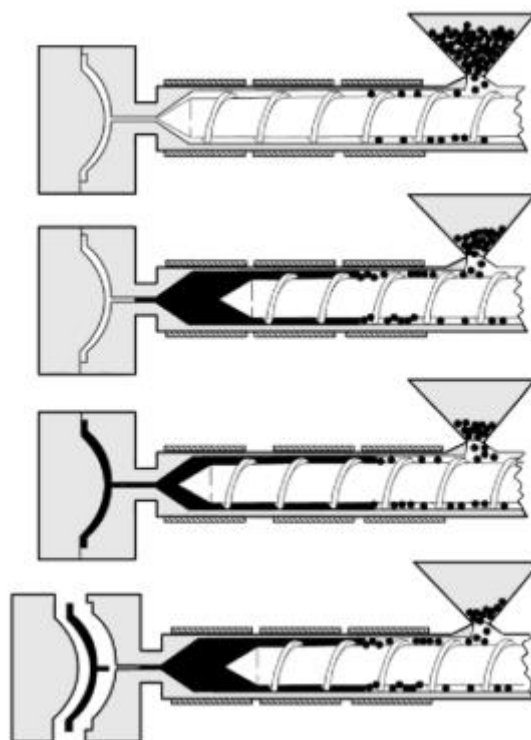
**Figura 6:** Moldagem por compressão



Fonte: Murphy. (1998).

A moldagem por injeção, processo também utilizado para fabricação de grades de piso, acontece por meio do bombeamento da mistura fundida (matriz e reforço) para dentro de um molde fechado como ilustra a figura 7 abaixo. Segundo Liu (2012) esse processo fabrica peças de qualidade dimensional e geométrica com qualidades mecânicas e físicas excepcionais.

**Figura 7:** Esquema de moldagem por injeção

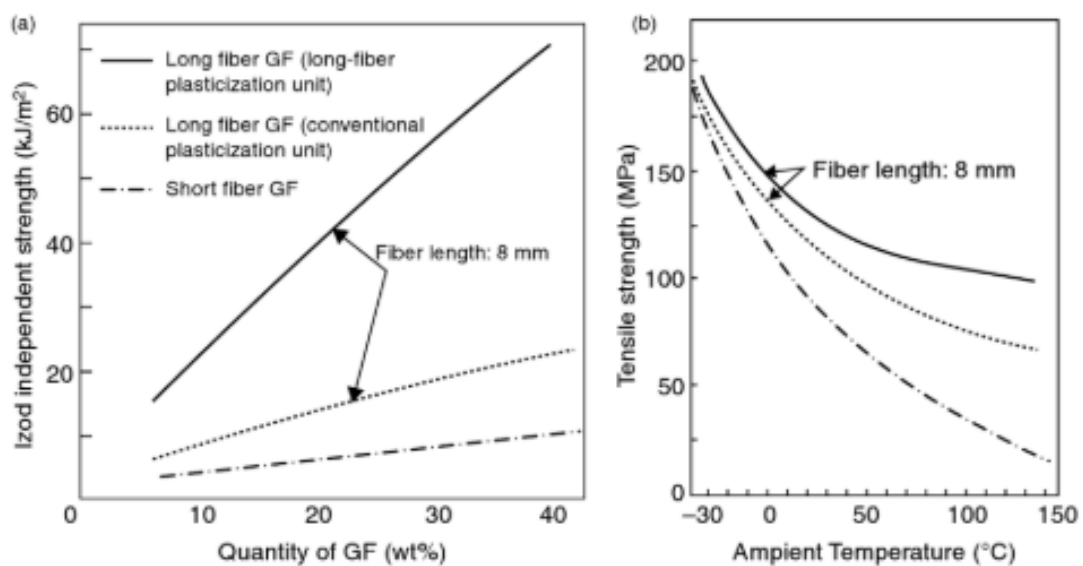


**Fonte:** Liu (2012).

Para que se alcance maiores resistências, as peças injetadas com fibra longas de vidro são ideais. Segundo Liu (2012) compósitos reforçados com fibras de vidro obtidas pelo processo de injeção de fibras longas, pode substituir plásticos de engenharia e alguns metais. Essa informação pode ser confirmada na figura abaixo, pode-se verificar na curva contínua, do gráfico (a) à esquerda, que a resistência ao impacto Izod pode alcançar 60 KJ/m<sup>2</sup> quando o percentual de fibra de vidro é de aproximadamente 30% e para a mesma quantidade de fibra, em uma peça com fibras curtas, a resistência encontra-se abaixo de 10 KJ/m<sup>2</sup>.

Porém, apesar das elevadas resistências mecânicas, para se produzir compósitos injetados de fibra de vidro longa, há a necessidade de dois fusos alinhados para injeção, um para injeção da matriz e seus aditivos e outro exclusivo para injeção do reforço pré-aquecido, sendo esse segundo, preparado para evitar a quebra da fibra.

**Figura 8:** Curvas comparativa de resistência mecânica em peças injetadas por tamanho de fibra.



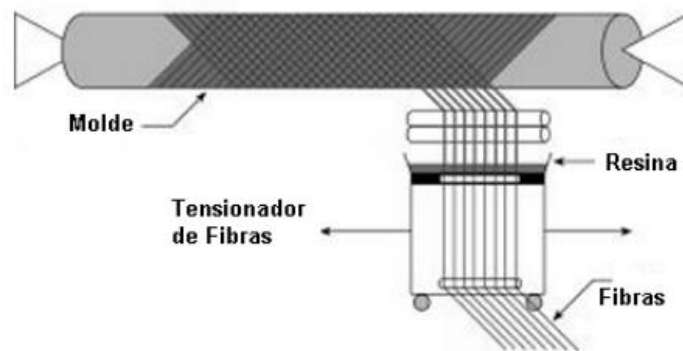
Fonte: Liu (2012).

Algumas características principais da moldagem por injeção são favoráveis a indicar esse processo para produção de grades de piso. Porém os fabricantes que produzem grades compósitas injetadas (Stratus e Cogumelo), fornecem essas peças apenas nas resinas poliéster e Ester vinílica e não na resina fenólica (matriz indicada no capítulo anterior a atender aos requisitos do cliente).

Os processos com moldes cilíndricos são processos de fabricação que envolvem um suporte cilíndrico que serve como base para a produção do compósito. Segundo Kersting (2004), dentre os processos dessa natureza têm-se:

1. O *filament winding* é utilizado para desenvolver produtos de alto desempenho (na maioria das vezes com formato cilíndrico), como por exemplo tubulações especiais e motores de foguetes. Um eixo suporta a forma e a rotaciona de maneira que proporcione o enrolamento do reforço sobre a forma. O reforço geralmente é uma fibra de alto desempenho. Após a aplicação do reforço impregnado de resina sobre o molde, a peça vai para uma estufa onde passa pelo processo de cura. (Kersting, 2004).

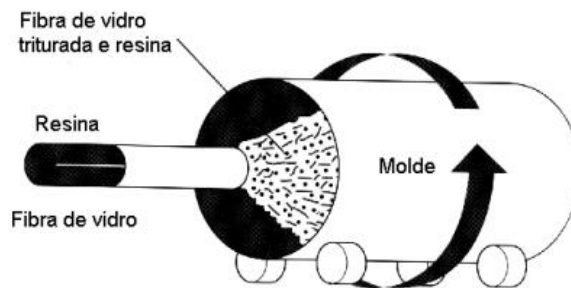
**Figura 9:** Processo de *Filament winding* na produção de tubulação



**Fonte:** Kersting. (2004).

2. Centrifugal Casting é utilizado na produção de tubulações que se deseja que a superfície interna e externa seja suave e lisa. Neste processo a fibra e a resina são aplicados com pistola em um molde em rotação, ao final do processo de rotação o molde é levado para uma estufa onde ocorrerá a cura. (Kersting, 2004).

**Figura 10:** Processo de *Centrifugal casting*

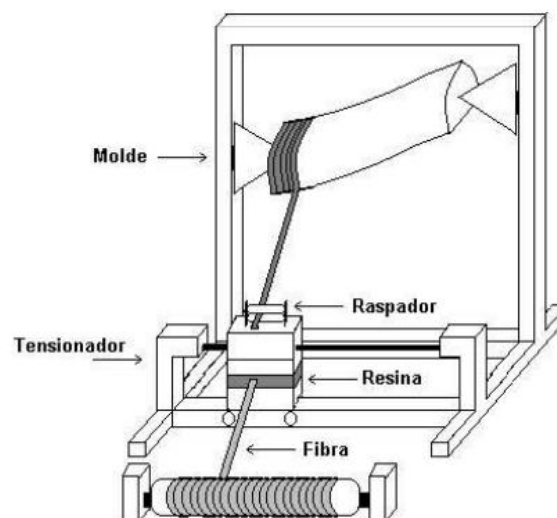


**Fonte:**  
Kersting.  
(2004).

Este processo é indicado para peças de grande porte, porém com isso defeitos de fabricação podem encarecer muito a produção. São feitas peças como postes de iluminação e tanques de água.

3. O *fiber placement* é um processo que adapta o *filament winding* para poder fazer formas tubulares levemente curvas. A fim de acompanhar a forma do molde, as fibras possuem diferentes orientações angulares de maneira que possam acompanhar a alteração de seção transversal do molde. (Kersting, 2004).

**Figura 11:** Processo *Fiber placement*



**Fonte:** Kersting. (2004).

Outro processo bastante utilizado nos dias atuais é o de produção contínua e ela pode ser definida da seguinte forma: “A produção contínua compreende todos os processos onde a peça produzida passa pelas etapas de impregnação, cura e desmoldagem, em apenas uma sequência direta de operações, sem intervalos. Dentre esses processos têm-se Laminação contínua, produção de *Prepregs* e Pultrusão.” (Kersting, 2004, p.18)

A Laminação contínua é um processo simples, que tem como vantagem a alta produtividade, fácil controle de qualidade e versatilidade quanto a aplicação de cores, porém possui séria limitação que é a fabricação apenas de peças com seção contínua, o que limita a produção de chapas, filmes e peças similares.

*Prepregs* possuem as mesmas vantagens que a laminação contínua, possuindo destaque no controle do processo, porém possui uma grande desvantagem é a vida útil curta do material. (Vaughan e Hacket 1991, p.46)

“A Pultrusão é um método de fabricação contínuo e automatizado para produtos de seção uniforme, em materiais compósitos, resinas poliéster ou viniléster, reforçados com fibra de vidro, aramida ou fibra de carbono” (Hennemann 2018, p. 136). Tem as seguintes vantagens sobre outros métodos de fabricação:

1. Maiores taxas de produção
2. Menos sucata
3. Custos mais baixos
4. Produz um material de qualidade superior

Estas são as razões pelas quais cada vez mais produtores de materiais e pesquisadores foram atraídos para estudar, desenvolver e melhorar o método nos últimos anos.

**Quadro 5 – Características e vantagens dos pultrudados.**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VANTAGENS</b>
<b>FORÇA</b>	A UNIDADE DA FORÇA NA TENSÃO, FLEXÃO, E COMPRESSÃO SÃO APROXIMADAMENTE 20 VEZES A DO AÇO QUANDO AS PROPRIEDADES SÃO COMBINADAS COM BASE NA DENSIDADE UNITÁRIA.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CAPACIDADE DE PROJETO ESTRUTURAL</li> <li>2. FORÇA OPCIONAL NAS DIREÇÕES DESEJADAS</li> <li>3. RESISTÊNCIA AO IMPACTO EXTREMAMENTE ALTAS.</li> </ol>
<b>PESO</b>	A DENSIDADE DO PULTRUDADO É DE APROXIMADAMENTE 20% DO AÇO E 60% DO ALUMÍNIO.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MAIOR DESEMPENHO COM MENOR PESO</li> <li>2. CUSTO COM LOGÍSTICA REDUZIDOS</li> <li>3. REDUÇÃO DE CUSTOS OPERACIONAIS</li> <li>4. MENOR CUSTO COM MÃO DE OBRA</li> <li>5. FÁCIL MANUSEIO</li> </ol>
<b>RESISTÊNCIA A CORROSÃO</b>	NÃO É AFETADO POR UMA GAMA DE PRODUTOS QUÍMICOS E AMBIENTES CORROSIVOS.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CUSTOS MÍNIMOS DE MANUTENÇÃO</li> <li>2. SEGURANÇA A LONGO PRAZO</li> <li>3. LONGEVIDADE DA INSTALAÇÃO</li> <li>4. POSSIBILIDADE DE ARMAZENAMENTO EXTERNO</li> <li>5. MELHOR CUSTO BENEFÍCIO</li> <li>6. POUCA NECESSIDADE DE SUBSTITUIÇÕES.</li> </ol>
<b>CONSOLIDAÇÃO DE PEÇAS</b>	MUITOS COMPONENTES INDIVIDUAIS PODEM SER COMBINADOS EM UM PERFIL GRANDE.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CUSTO DE MONTAGEM REDUZIDOS</li> <li>2. REQUISITOS DE INVENTÁRIO REDUZIDOS</li> <li>3. SUPERFÍCIES AERODINÂMICAS LISAS</li> <li>4. MAIOR CONFIABILIDADE</li> </ol>
<b>ESTABILIDADE DIMENSIONAL</b>	RESISTENTE AO ESTIRAMENTO, ONDULAÇÕES E INCHAMENTO EM UMA AMPLA FAIXA DE TEMPERATURA E ESTRESSE FÍSICO.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. FÁCIL DE REPARAR PEÇAS MAL UTILIZADAS</li> <li>2. TOLERÂNCIAS ESTREITAS</li> <li>3. DANOS REDUZIDOS NA MONTAGEM DAS ESTRUTURAS.</li> </ol>



<p><b>ISOLAMENTO TÉRMICO</b></p>	<p>BAIXA CONDUTIVIDADE TÉRMICA, CERCA DE 1/250 DE ALUMÍNIO E 1/60 DO AÇO.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. REQUISITOS DE ESPESSURA DE ISOLAMENTO REDUZIDOS</li> <li>2. REQUISITOS REDUZIDOS DE ENERGIA DE OPERAÇÃO</li> <li>3. SEM PROBLEMAS DE CONDENSAÇÃO.</li> </ol>
----------------------------------	---	--

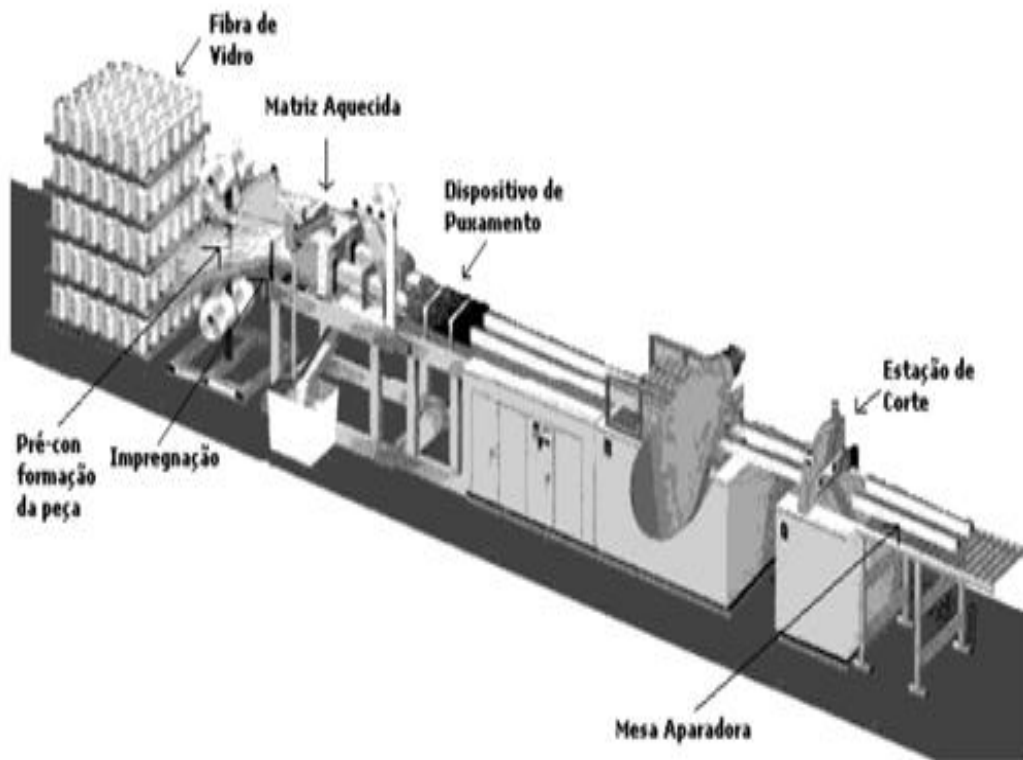
Fonte: *The Pultrex Pultrusion Design Manual*

Segundo Kersting (2004), na fabricação de perfis pultrudados têm-se duas principais áreas de estudo: a área de impregnação, onde contém as resinas, endurecedores e demais aditivos, e a área de cura em uma matriz aquecida.

A Pultrusão começa com o puxamento das fibras e mantas de fibra através de uma seção de impregnação. Esta seção é composta por um banho de resina termorrígida, previamente formulada com endurecedores, e outros aditivos. Nesta etapa ocorre também a passagem das fibras impregnadas de resinas em pré-formas que irão direcionar as fibras e fornecer uma pré-conformação antes que elas entrem na matriz aquecida. O excesso de resina também é retirado nesta etapa.

A passagem das fibras impregnadas pela matriz aquecida é a próxima etapa do processo. A matriz aquecida fornecerá a geometria e o estado final do perfil. A relação entre resistência mecânica e o peso específico do produto após passar por estas operações se torna tão substancial que o produto fica apto a competir com perfis tradicionais como alumínio.

**Figura 12:** Desenho esquemático de uma pultrusora



**Fonte:** Kersting. (2004).

Um esquema comparativo contendo todos os processos e suas principais características é apresentado no quadro 6 abaixo:

**Quadro 6** – Principais processos de transformação de materiais compósitos.

Tipo de Processo	Processo	Principais características.	
Molde aberto		Fabricações em pequena escala (ex: prototipagem).	
		Baixo investimento.	
		Possíveis ajustes posteriores de acabamentos e espessura.	
Molde Fechado	Moldagem por compressão	Similar ao molde aberto porém com controle geométrico e dimensional nas duas faces do produto moldado.	
		Baixo investimento.	
		Baixa produtividade.	
	Moldagem por injeção	Melhor acabamento, precisão geométrica e características mecânicas se comparadas ao processo de compressão.	
		Possibilidade de obtenção de peças de geometria complexa. (também utilizado para obtenção de grades de piso)	
		Facilidade no corte das peças injetadas.	
		Possível produção em larga escala.	
		Requer investimento em equipamentos e molde.	
	Molde Cilindrico		O reforço composto resina é enrolado em um molde cilíndrico até que o produto tome forma.
			Possível alcançar elevados diâmetros de produto final
Limitado a produtos com formato cilíndrico ou tubular.			
Produção contínua	Laminação	Necessário elevada quantidade de rolos laminadores.	
		Necessário controle de parâmetros ao longo das etapas de laminação.	
		Limita-se a Placas, chapas e filmes.	
	Prepregs	Processo complexo e específico para situações precisas de teor de reforço vs. Matriz	
		Processo de impregnação da matriz à fibra.	
		Ainda requer processos posteriores (ex: laminação).	
	Pultrusão		Maiores taxas de produção.
			Menos sucata.
			Custos mais baixos.
			Produz um material de qualidade superior comparado aos outros processos.

Fonte: Própria.

O projeto a ser implementado na Braskem necessita de um material de alta qualidade, que apresente segurança no ambiente trabalhado e possua o menor custo possível e através da bibliografia de Kersting (2004), de Murphy (1998) e do quadro comparativo 6 apresentado é notório que o sistema contínuo e, principalmente, o processo de pultrusão é capaz de fornecer um produto de alta qualidade com uma produção de grande escala o que acarreta em redução de custo no processo, possuindo também a possibilidade de produzir diferentes perfis. Dessa forma, o processo de pultrusão atende aos principais requisitos do cliente citados e representa o processo de fabricação mais adequado para a construção dos componentes da plataforma industrial.

### 3.0 EMPRESAS FABRICANTES DE PERFIS E ESTRUTURAS EM MATERIAIS COMPÓSITOS POLIMÉRICOS.

No mercado brasileiro existem diversas empresas especialistas na produção de perfis para estruturas em materiais poliméricos. Para a coleta de informações acerca dos produtos e serviços oferecidos em compósitos pelo mercado nacional foram priorizadas as empresas que já possuíam relações comerciais com a Braskem, além delas foram coletadas informações de algumas outras empresas de referência que se encontram detalhadas no quadro 7 abaixo:

**Quadro 7** - Informações das empresas fabricantes de perfis de compósitos

<b>Empresa:</b>	<b>Endereço:</b>	<b>Site:</b>	<b>Contato:</b>
Cogumelo Ind. Com. Ltda	Av. Brasil, 44879, Campo Grande  Rio de Janeiro - RJ CEP: 23078-001	<a href="http://www.cogumelo.com.br">www.cogumelo.com.br</a>	Tel: +55 21 3408-9000 <a href="mailto:vendas@cogumelo.com.br">vendas@cogumelo.com.br</a>
STRATUS Compostos Estruturais Ltda	Rua Januária, 581, Ch. Reunidas  São José dos Campos - SP CEP: 12238-500	<a href="http://www.stratusfrp.com">www.stratusfrp.com</a>	Tel: +55 12 2139-6550 <a href="mailto:comercial@stratusfrp.com">comercial@stratusfrp.com</a>
Tech Composites	Rodovia do Xisto, BR 476, Km 201,5  Lapa – PR CEP: 83750-000	<a href="http://www.techcomposites.com.br">www.techcomposites.com.br</a>	Tel: +55 41 3131-1212 <a href="mailto:comercial@techcomposites.com.br">comercial@techcomposites.com.br</a>
RV Compósitos	Rua 21, 3052, Jardim Wenzel  Rio Claro - SP CEP: 13504-257	<a href="http://www.rvcompositos.com.br">www.rvcompositos.com.br</a>	Tel: +55 19 3557-1081 <a href="mailto:comercial@rvcompositos.com.br">comercial@rvcompositos.com.br</a>

**Fonte:** Própria.

Todas empresas contactadas utilizam da fibra de vidro como material primário para confecção de seus compósitos e oferecem uma gama variada de resinas, vide o quadro 8 abaixo. O processo mais utilizado é o de pultrusão e cada uma delas fabricam grades de piso, guarda-corpo e escada de marinho em material compósito.

**Quadro 8 - Materiais, processo de fabricação**

<b>Empresas</b>	<b>Material Primário</b>	<b>Resinas Utilizadas</b>	<b>Processo de Fabricação</b>	<b>Produtos Desenvolvidos</b>
Cogumelo Ind. Com. LTDA	Fibra de Vidro	Isoftálica; Éster-vinílica; Fenólica.	Pultrusão	Grades injetadas; Grades montadas; Guarda-corpos; Escada-marinheiro; Plataformas/estruturas.
STRATUS Compostos Estruturais Ltda	Fibra de Vidro	Poliéster; Epóxi; Fenólicas; Acrílico.	Pultrusão	Grades de piso; Guarda-corpo; Escadas; Perfis estruturais.
Tech Composites	Fibra de Vidro	Poliéster Isoftálica; Ester Vinílica; Fenólicas.	Pultrusão	Grades de piso; Guarda-corpo; Escadas; Perfis estruturais.
RV Compósitos	Fibra de Vidro	Poliéster; Epóxi; Fenólicas; Acrílico.	Pultrusão; Filamento contínuo; Laminação; RTM (Resin Transfer Molding).	Grades de piso; Guarda Corpo; Passarelas; Escada Marinheiro; Grampos de Fixação.

**Fonte:** Própria.

As empresas citadas no quadro 5 utilizam a NBR 15708 para a certificação das estruturas secundárias da plataforma industrial (Guarda-corpo, Grade de piso e escada de marinho), no anexo G deste documento está um modelo de relatório utilizado para testes referentes a NBR 15708.

No anexo F, encontra-se um relatório referente a um ensaio para comprovar se o material é retardante à chama segundo a IEC 60092-101. Além disso, elas utilizam um conjunto de outras normas para a verificação de propriedades como resistência à chama, ao impacto e a esforços mecânicos de diversas naturezas (Anexo E).

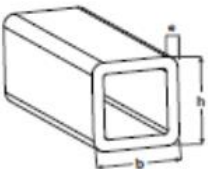
## 4.0 REQUISITOS CRITÉRIOS E ENSAIOS NORMATIVOS

Os requisitos, métodos de ensaios, e critérios de aceitação para materiais compósitos para aplicações em ambiente industrial possuem elevada importância para a viabilização da substituição dos materiais metálicos pois orientam quanto ao tratamento dos efeitos corrosivos e a consequente mitigação de gastos com manutenção. Todos os requisitos, critérios de aceitação e de ensaio estão categorizados e demonstrados através de um conjunto de 46 normativas apresentadas neste capítulo.

### 4.1 Materiais: Requisitos e especificações

A codificação e especificação dos materiais que compõem o perfil pultrudado são definidas pela norma DIN EN 13706-1, de acordo com o tipo de perfil, a fibra de reforço, o tratamento adicional aplicado, a resina utilizada e sua propriedade específica, como por exemplo se ela é retardante a chama ou possui resistência UV. Essa nomenclatura é feita através um código como o exemplo de perfil de um fabricante demonstrado no quadro 9:

**Quadro 9** - Exemplo de identificação de perfil da empresa STRATUS

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>Tubo Quadrado</b> REF. TQS</p>  </div> <table border="1"> <thead> <tr> <th>b</th> <th>h</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25,0</td> <td>25,0</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>38,0</td> <td>38,0</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>38,0</td> <td>38,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>38,0</td> <td>38,0</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>50,0</td> <td>50,0</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>50,0</td> <td>50,0</td> <td>4,0</td> </tr> </tbody> </table> </div>		b	h	e	25,0	25,0	3,0	38,0	38,0	3,0	38,0	38,0	4,0	38,0	38,0	6,0	50,0	50,0	3,0	50,0	50,0	4,0
b	h	e																				
25,0	25,0	3,0																				
38,0	38,0	3,0																				
38,0	38,0	4,0																				
38,0	38,0	6,0																				
50,0	50,0	3,0																				
50,0	50,0	4,0																				
<b>Pultrusion EN 13706 - BG, IF, E56</b>																						
Descrição	Pultrusão ( <i>Pultrusion</i> )																					
Norma	EN 13706																					
Forma de perfil	Secção quadrada ( <i>Box section</i> ) - B																					
Fibra de Reforço	Fibra de Vidro ( <i>Glass-fibre</i> ) - G																					
Processo adicional	N/A																					
Resina	Isoftálica ( <i>Isophthalic polyester</i> ) - I																					
Propriedade específica	Retardante à chama ( <i>Fire retardant</i> ) - F																					
Propriedade mecânica	Módulo efetivo de flexão 56Gpa ( <i>Effective flexural modulus</i> ) – E56																					

Fonte: Própria.

Já os requisitos para aprovação dos materiais empregados em perfis pultrudados, como resistência à propagação de chama, dureza, índice de emissão de fumaça e de toxicidade dos gases são especificados na norma ABNT NBR 15708-1.

O quadro 10 abaixo resume as instruções encontradas em norma para a fabricação identificação e validação dos materiais de base de produtos pultrudados:

**Quadro 10** - Requisitos materiais e suas normas

<b>Descrição</b>	<b>Normas</b>	<b>Título</b>
Codificação e especificação de materiais	DIN EN 13706-1	<i>Reinforced plastic composites - Specification for pultruded profiles - Part 1: Designation</i>
Requisitos específicos de materiais	ABNT NBR 15708-1	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 1: Materiais, métodos de ensaio e tolerâncias dimensionais
	ISO 4582	<i>Plastics — Determination of changes in colour and variations in properties after exposure to glass-filtered solar radiation, natural weathering or laboratory radiation sources</i>

Fonte: Própria.

## 4.2 Fabricação construção e dimensões

O quadro 11 resume as principais normas encontradas que definem os requisitos e as dimensões para a construção de guarda corpo, sistema de bandejamento perfis estruturais e escada de marinho.

**Quadro 11** - Requisitos para construção e suas normas

<b>Descrição</b>	<b>Normas</b>	<b>Título</b>
Construção e dimensões de guarda corpo	ABNT NBR 15708-2	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 2: Guarda-corpo
Elementos de reforço interno de guarda corpo	ABNT NBR 15708-2	
Construção e dimensões de grade de piso	ABNT NBR 15708-3	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 3: Grade de piso



Construção e dimensões de sistema de bandejamento	ABNT NBR 15708-4	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 4: Sistema de bandejamento
Fabricação e dimensões de perfis estruturais	ABNT NBR 15708-5	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 5: Perfis estruturais
Construção e dimensões de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 6: Escada tipo marinho

**Fonte:** Própria.

### 4.3 Sistema de fixação

O quadro 12 apresenta as normas que especificam os critérios a serem adotados para fixação e realização de conexões de guarda corpo e escada de marinho confeccionados através do método de pultrusão.

**Quadro 12** - Sistema de fixação e suas normas

Descrição	Normas	Título
Fixação e conexões de guarda corpo	ABNT NBR 15708-2	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 2: Guarda-corpo
Engastes e sistema de fixação de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 6: Escada tipo marinho

**Fonte:** Própria.

### 4.4 Tolerâncias dimensionais e defeitos visuais

O quadro 13 abaixo apresenta as normativas que ditam os métodos de avaliação e os critérios de aceitação para dimensões e defeitos visuais dos produtos confeccionados através de pultrusão.

**Quadro 13** - Tolerâncias dimensionais e suas normas

<b>Descrição</b>	<b>Normas</b>	<b>Título</b>
Tolerâncias dimensionais	ASTM D3917	<i>Standard Specification for Dimensional Tolerance of Thermosetting Glass-Reinforced Plastic Pultruded Shapes</i>
	DIN EN 13706-2	<i>Reinforced plastic composites - Specifications for pultruded profiles - Part 2: Methods of test and general requirements</i>
Avaliações visuais	ASTM D4385	<i>Standard Practice for Classifying Visual Defects in Thermosetting Reinforced Plastic Pultruded Products</i>
	BS 2782	<i>Methods of testing plastic</i>

Fonte: Própria.

#### **4.5 Ensaios: Métodos e determinação de propriedades**

Os quadros 14 e 15 apresentam as normativas gerais e específicas recomendadas para realização de uma variada gama de ensaios para os diversos componentes que compõem a plataforma industrial. Os ensaios têm por objetivo determinar, classificar e prover a aprovação dos componentes e materiais testados quanto a propriedades mecânicas e não mecânicas, como modulo de elasticidade, índices de propagação de chama e emissão de fumaça.

**Quadro 14** - Ensaios gerais e suas normas

<b>Definição</b>	<b>Normas</b>	<b>Título</b>
Ensaio de propagação de chama	ISO 5658-2	<i>Reaction to fire tests — Spread of flame — Part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration</i>
	ASTM E162	<i>Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source</i>
Ensaio de emissão de fumaça	ISO 5659-2	<i>Plastics — Smoke generation — Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test</i>
	ASTM E662	<i>Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials</i>

	IMO MSC 61 (67)	<i>Adoption of the international code for application of fire test procedures</i>
Ensaio de toxicidade dos gases	ISO 5659-2	<i>Plastics — Smoke generation — Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test</i>
	NES 713	<i>Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials</i>
Ensaio de resistência ao fogo	ASTM D635-96	<i>Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position</i>
	IEC 60092-101	<i>Electrical installations in ships - Part 101: Definitions and general requirements</i>
	ISO 5658	<i>Reaction to fire tests — Spread of flame — Part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration</i>
	ASTM E84	<i>Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials</i>
	UL 94	<i>Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances</i>
	ASTM E119	<i>Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials</i>
Ensaio de envelhecimento acelerado	ASTM D2565	<i>Standard Practice for Xenon-Arc Exposure of Plastics Intended for Outdoor Applications</i>
	ISO 4892-2	<i>Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 2: Xenon-arc lamps</i>
Ensaio de resistência Química	ASTM 543-87	<i>Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents</i>
Ensaio de resistência a impacto	ASTM D256	<i>Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics</i>
	ABNT NBR 12050	<i>Pisos elevados - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro - Método de ensaio</i>

Ensaio de resistência a tração	ASTM D3039	<i>Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials</i>
	ASTM D638	<i>Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics</i>
Ensaio de resistência a radiação UV	ASTM G53-96	<i>Practice for Operating Light- and Water-Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials</i>
Determinação da resistência a carga	ABNT NBR 12049	Pisos elevados - Determinação da resistência à carga vertical uniformemente distribuída - Método de ensaio
Ensaio de absorção de água	ASTM D570	<i>Standard Test Method for Water Absorption of Plastics</i>
Difusividade Térmica	ASTM E1461	<i>Standard Test Method for Thermal Diffusivity of Solids by the Flash Method</i>
Ensaio de resistência a flexão	ASTM D790	<i>Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials</i>
Ensaio de resistência a compressão	ASTM D695	<i>Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics</i>
Ensaio de dureza Barcol	ASTM D2583	<i>Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor</i>
Determinação do teor de fibra	ASTM D5630	<i>Standard Test Method for Ash Content in Plastics</i>
Determinação do teor de fibra Determinação do coeficiente de expansão térmica	ASTM D2584	<i>Standard Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins</i>
	ASTM D696	<i>Standard Test Method for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics Between -30°C and 30°C with a Vitreous Silica Dilatometer</i>
Determinação da resistência dielétrica	ASTM D149	<i>Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies</i>
Determinação de peso específico	ASTM D792	<i>Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement</i>

Fonte: Própria.

**Quadro 15** - Ensaios específicos e suas normas

<b>Definição</b>	<b>Normas</b>	<b>Título</b>
Ensaios de carregamento em guarda corpo	ABNT NBR 15708-2	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 2: Guarda-corpo
Ensaios de resistência ao fogo de grade de piso	ABNT NBR 15708-3	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 3: Grade de piso
	ISO 834-1	<i>Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 1: General requirements</i>
Ensaio de resistência à carga estática de grade de piso	ABNT NBR 15708-3	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 3: Grade de piso
Ensaio de resistência ao impacto de sistema de bandejamento	ABNT NBR 15708-4	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 4: Sistema de bandejamento
Ensaio de carregamento de sistema de bandejamento	ABNT NBR 15708-4	
Ensaio de deflexão de sistema de bandejamento	ABNT NBR 15708-4	
Ensaio de resistência à carga estática de perfil estrutural	ABNT NBR 15708-5	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 5: Perfis estruturais
Ensaio de resistência ao rasgamento de perfil estrutural	ABNT NBR 15708-5	
Ensaio de resistência à tração de perfil estrutural	ISO 527-4	<i>Plastics — Determination of tensile properties — Part 4: Test conditions for isotropic and orthotropic fibre-reinforced plastic composites</i>
Ensaio para determinação do módulo de elasticidade de perfil estrutural	ISO 527-4	
Ensaio de resistência à flexão de perfil estrutural	ISO 14125	<i>Fibre-reinforced plastic composites — Determination of flexural properties</i>
Ensaio de resistência ao cisalhamento de perfil estrutural	ISO 14130	<i>Fibre-reinforced plastic composites — Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method</i>

Ensaio de deflexão dos montantes de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 6: Escada tipo marinho
Ensaio de resistência mecânica ao carregamento do degrau de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	
Ensaio de torque no degrau de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	
Ensaio de resistência estática do guarda-corpo de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	
Ensaio de resistência dinâmica do guarda-corpo de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	
Ensaio de resistência ao fogo de escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	
Ensaio de resistência à deflexão do conjunto escada de marinho	ABNT NBR 15708-6	
Preparação de corpos de prova	ABNT NBR 15708-5	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 5: Perfis estruturais
Seleção de amostras para ensaio	ABNT NBR 15708-2	Indústrias do petróleo e gás natural — Perfis pultrudados Parte 2: Guarda-corpo
Emissão de Relatórios de ensaios	ABNT NBR 15708-2	

**Fonte:** Própria.

## **5.0 INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOLICITADAS PELA BRASKEM**

Durante o desenvolvimento do trabalho algumas informações adicionais foram solicitadas pelos clientes da empresa Braskem, sendo elas acerca da determinação da resistência ao fogo em áreas classificadas, da condução eletroestática nos materiais compósitos poliméricos e dos métodos de aterramento. Desta forma, tais informações encontram-se apresentadas nos subitens deste capítulo.

Referente a essas informações, no anexo H contém um questionário respondido por teleconferência por um dos principais fornecedores da Braskem. Informações referentes aos métodos de aterro, encontram-se também no anexo H.

### **5.1 Aditivos em Polímeros**

Segundo Rabello (2000), todos os polímeros comerciais possuem em sua estrutura, aditivos, podendo esses serem aplicados na síntese, processamento ou em uma etapa de mistura do polímero. Os mais usados com frequência são:

- **Plastificantes:** responsável por aumentar a flexibilidade do polímero.
- **Cargas:** enchimento ou reforçantes, com o propósito para redução de custos e alteração de diversas propriedades, respectivamente.
- **Antiestáticos:** tem o propósito de acelerar a dispersão das cargas elétricas estáticas no polímero.
- **Estabilizantes:** inibem ou reduzem a degradação de polímeros, causa por radiação, oxidantes, micro-organismos ou por impurezas de metais.
- **Nucleantes:** atuam na aceleração da velocidade de cristalização e alteram a estrutura cristalina dos polímeros cristalinos.
- **Lubrificantes:** usados para facilitar o processamento do polímero.
- **Pigmentos:** utilizados gerar tonalidade de cor e brilho.
- **Retardantes de chama:** reduzem a combustibilidade do plástico.

“De forma global os aditivos representam cerca de 20% em peso do plástico colocado no mercado”. (Rabello, 2000). Abaixo, no quadro 16, apresenta o percentual de consumo desses aditivos nos EUA.

**Quadro 16** - Distribuição de consumo dos principais aditivos nos EUA

Tipo	Consumo Percentual
Antiestáticos	0,1
Lubrificantes	1,0
Agentes de expansão	1,4
Estabilizantes	1,5
Pigmentos	3,9
Antichama	4,6
Plastificantes	16,6
Cargas	70,6

**Fonte:** Aditivação de polímeros.

No quadro 17 está indicado os aditivos utilizados nos principais polímeros comerciais.

**Quadro 17** - Aditivos utilizados nos principais polímeros comerciais.

Tipo	ABS	POM	PA	PE	PS	PVC
Estabilizante	x	x	x	x	x	x
Antiestático	x		x	x	x	x
Agente de expansão	x		x	x	x	x
Pigmento	x	x	x	x	x	x
Cargas	x	x	x	x	x	x
Reticulante				x	x	
Lubrificante	x		x	x	x	x
Plastificante						x

**Fonte:** Aditivação de polímeros.

## 5.2 Condução Eletrostática

Os materiais compósitos poliméricos podem acumular carga estática devido a sua baixa condutividade, e isso pode representar riscos de incêndio (PASCON, 2017).

Sobre o risco que materiais condutores oferecem a planta, podemos afirmar que:



“Uma planta montada de uma combinação de materiais não condutores e condutores isolados podem representar um sistema com “perigo máximo” que combina a possibilidade de retenção de carga grande e de longo período no não-condutor com a possibilidade de toda a energia armazenada sendo liberada numa única centelha do condutor.” (PASCON, 2017, p.2)

Essa descarga pode criar situações tão simples quanto diminuir a vida útil de um dispositivo elétrico, até tão grave quanto uma explosão fatal.

### 5.2.1 Agentes Antiestáticos

“Os agentes antiestáticos são adicionados aos polímeros isolantes, ocasionando a diminuição da eletricidade estática tornando o polímero um condutor extrínseco (extrínsecos pois a carga condutora é adicionada).” (MONTAGNA et al, 2018)

**Quadro 18** - Ramificação dos agentes antiestáticos

Ramificação dos Agentes Antiestáticos		
Interno		Externos
Migratórios	Permanentes	
Catiônicos	Polímeros hidrofílicos	X
Aniônicos	Cargas condutivas	X
Não-Iônicos	x	X

**Fonte:** Própria

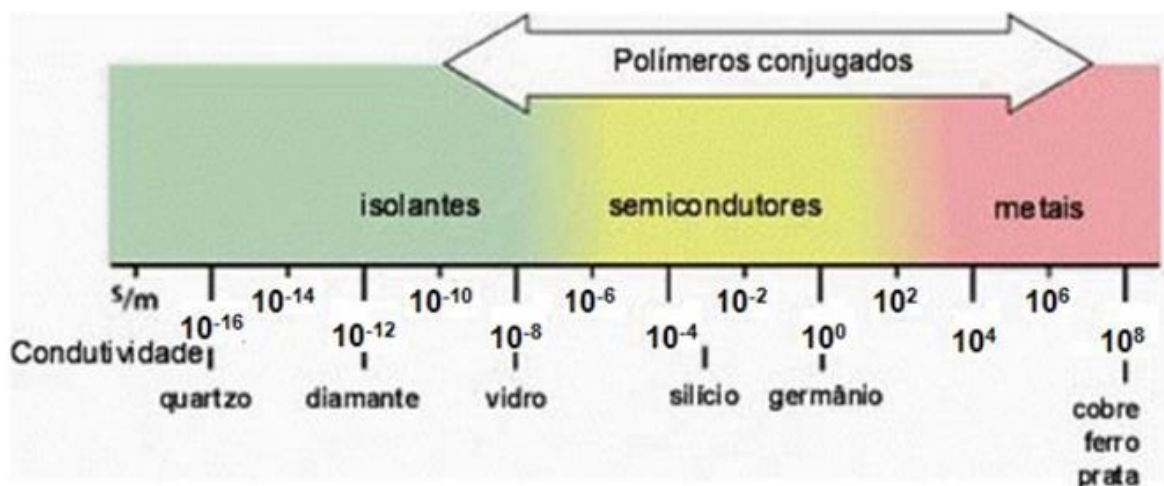
Os antiestáticos migratórios são compostos que se deslocam para a superfície do produto fazendo com que parte dele se degrade dependendo do acabamento superficial da peça. A superfície ativa desses aditivos pode ser catiônica, aniônicas ou não-iônicas. Já os antiestáticos permanentes não dependem da umidade do local para serem eficientes, já que não migram para a superfície da peça. Existem dois tipos de antiestáticos permanentes: Os polímeros hidrofílicos como o copolímero em bloco de poliéster e as cargas condutivas, como o negro de fumo e a fibra de carbono. (HARPER, 2003, p.120, tradução nossa).

### 5.2.2 Aditivos de Grafite

“Polímeros são isolantes elétricos, com condutividade elétrica abaixo de  $10^{-12}$  S/cm. A partir de cargas condutivas como grafite (resistividade entre  $0,8-2,5\Omega.cm$ ) ou MWCNT (Multiwalled carbon nanotubes – MWCNT), a condutividade elétrica da matriz pode ser elevada em muitas ordens de magnitude, formando materiais passíveis de serem aplicados como materiais antiestáticos, ou que confirmam proteção à descarga eletrostática (proteção Eletrostatic Discharge - ESD), entre outros. Alterando a formulação destes materiais são obtidos diferentes níveis de condutividade elétrica.” (Renda et al., 2016, p.2)

Alguns materiais compósitos são não condutores e não devem ser usados onde a descarga estática pode ser um problema. Filamento de grafite plástico reforçado (GFRP) ou materiais compósitos que contenham partículas de metal geralmente são condutores o suficiente para drenar a carga estática. Justificando assim a utilização da grafite pelos fornecedores citados neste trabalho.

**Figura 13** - Comparação da condutividade dos polímeros conjugados com alguns materiais isolantes, semicondutores e condutores.



Fonte: Mariano, (2012).

## **5.3 Método de teste pertinente e informações de projeto**

### **5.3.1 Resistividade de superfície (SR)**

Para compósitos destinados a dissipar cargas eletrostáticas, SR é o método de teste mais amplamente aceito (ASTM D257 e ASTM D4496). O teste consiste em medir a resistência entre dois eletrodos aplicados sob carga na superfície sendo testado.

$SR = \text{Resistência (Ohms)} \times \text{Perímetro do Eletrodo (m)} / \text{Distância entre Eletrodos (m)}$

Nota importante: Devido à natureza heterogênea dos compósitos, as sondas pontuais fornecerão incorretas leituras de peças. É necessária pressão suficiente para manter contato adequado entre os eletrodos e a parte.

### **5.3.2 Resistividade ao volume (VR):**

Comumente usada para descrever a dispersão dos meios condutores (pó de carbono, fibra de carbono, aço inoxidável etc.) em toda a peça. Este teste consiste em medindo a resistência entre dois eletrodos em lados opostos da peça.

$VR = \text{resistência (Ohms)} \times \text{área de superfície (m}^2\text{)} / \text{espessura da peça (m)}$

### **5.3.3 Decaimento estático (SD):**

Segundo a NFPA, é o tempo necessário para que uma carga colocada na superfície de um material seja decair para uma porcentagem da cobrança original. Testes comuns incluem o MIL-B-81705B, que requer 5000 Volts para descarregar a 0 volts em menos de 2 segundos a 15% de R.H.

O padrão 56A exige um decaimento de 5000 Volts a 500 Volts em menos de 0,5 segundos a 50% de HR.

## **5.4 Resistência ao fogo em áreas classificadas**

Não foi encontrada uma norma específica que aborde diretamente sobre este assunto, diante disso ocorreu uma seleção de normas relacionadas ao tema. Foi relacionada normas de resistência ao fogo com norma de ensaios. A norma de áreas classificadas é mais relacionada a eletricidade e fagulha. Além disso foi encontrada uma norma de requisitos em cada de tipo de local, onde se determina por cálculo o poder calorífico do local, e então determina-se o potencial calorífico do local e por norma determina se o elemento é resistente ao ambiente.

### **Normas encontradas:**

- **ISO 834-1: Fire-resistance tests - Elements of building construction Part 1: general requirements.**
- **ASTM E 119 – Padrão de testes de incêndio em construções e materiais;**
- **IEC 60079-10-1:201s8 Versão Corrigida:2019 (Classificação de Áreas);**
- **ABNT NBR 14432 Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;**
- **ABNT NBR 5628 Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo;**
- **ABNT NBR 15708-1 Perfis pultrudados: Materiais, métodos de ensaio e tolerâncias dimensionais.**

A norma ISO 834-1, ASTM E 119 e ABNT NBR 5628 todas trazem métodos de ensaio para determinação da resistência ao fogo de materiais estruturais. Sendo a ISO 834-1 responsável por especificar métodos de testes para determinação da resistência à fogo de vários elementos de construção quando sujeitos a condições de incêndio padrão. Os dados de teste a ser obtidos permitem a subsequente

classificação com base na duração para cada performance dos elementos testados sob as condições a serem satisfatórias em critérios específicos.

Para áreas classificadas é preciso determinar a carga térmica a qual os materiais pultrudados serão sujeitos.

A norma que determina tempo requerido de resistência ao fogo, classificação de edificações quanto à ocupação e cargas de incêndio é a ABNT NBR 14432. Esta norma determina o tempo requerido a partir da classificação do ambiente. Pode-se concluir na imagem abaixo que, para um ambiente industrial químico, a norma classifica como I-1 ou I-2.

**Figura 14** – Quadro de classificação de edificações

Grupo	Ocupação	Divisão	Descrição	Exemplos
I	Industrial, Comercial de médio e alto risco, atacadista.	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados ou depositados apresentem médio potencial de incêndio.	Locais onde a carga de incêndio não atinja 1200 MJ/m <sup>2</sup> . Ver tabela C.1.
		I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados e/ou depositados apresentem grande potencial de incêndio.	Locais onde a carga de incêndio ultrapassa 1200 MJ/m <sup>2</sup> . Ver tabela C.1.

Fonte: NBR 14432.

Porém é preciso determinar a carga de incêndio, disponível no anexo C. Consultando a tabela C.1 na parte “ocupação/uso industrial” é possível encontrar a carga de incêndio relativa à diversos materiais e equipamentos presentes no ambiente industrial. Caso, não seja possível encontrar na tabela, a norma apresenta um método de cálculo da carga de incêndio (figura 13).

**Figura 15** – Expressão para cálculo da carga de incêndio

$$q_{fi} = \frac{\sum M_i H_i}{A_f}$$

Fonte: NBR 14432.

Onde “ $q_{fi}$ ” é o valor da carga de incêndio em megajoules por metro quadrado; “ $M_i$ ” é a massa total de cada componente (i) do mesmo material combustível em kg; “ $H_i$ ” é o potencial calorífico de cada componente do mesmo material combustível (megajoules por kg) e “ $A_f$ ” é a área do piso do local em metros quadrados.

Com essas informações é possível retornar para o anexo A tabela A.1 e determinar o tempo requerido a testar, que depende da classificação (I-1 ou I-2) e da altura da estrutura.

## 6.0 CONCLUSÃO

Através do desenvolvimento do presente trabalho foi possível compreender o motivo pelo qual o processo de pultrusão utilizando reforço de fibra de vidro é o mais largamente utilizado em diversas aplicações. A fibra de vidro é amplamente utilizada por apresentar o melhor custo-benefício dentre os reforços presentes no mercado, já o processo de pultrusão representa o processo com melhor viabilidade para automação e consequente fabricação em larga escala, que gera menos desperdícios, barateando o processo, e que produz um material de qualidade superior no que diz respeito à propriedades como resistência a tração, flexão e ao estiramento por exemplo.

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou também uma análise de um grande conjunto de normas disponíveis na literatura atual. Neste documento são apresentadas 46 normativas onde foram analisadas prioritariamente as normas utilizadas pelos fabricantes de materiais compósitos pultrudados nacionais, dentre tais é possível encontrar normas nacionais e internacionais que ditam e especificam, principalmente, critérios de construção e de testes para determinação de propriedades e aprovação de produtos fabricados em materiais compósitos. Vale ressaltar a elevada importância da norma brasileira ABNT NBR 15708 que define importantes requisitos e critérios de ensaio de maneira específica para guarda corpo, grade de piso e escada de marinho, apresentando os principais meios para a aplicação profissional dos materiais pultrudados no objeto de estudo deste trabalho que são as plataformas industriais.

Neste documento foram apresentadas também informações de fabricantes acerca do comportamento dos materiais pultrudados em áreas classificadas, sobre o acúmulo de cargas eletrostáticas e aterramento, além disso foram abordadas normas nacionais e internacionais atendem aos requisitos de resistência a esforços mecânicos de diversas naturezas, resistência ao fogo, resistência a radiação UV e resistência dielétrica para implementação dos materiais pultrudados nas plantas da Braskem. Desta forma, este documento possui elevada importância para o estudo de implementação de materiais pultrudados em ambiente industrial, possibilitando a construção de uma norma e podendo viabilizar, consequentemente, a substituição dos atuais materiais empregados na construção de plataformas industriais da Braskem.

## Anexo A – Datasheet resina fenólica

### Phenolic Resins (Novolac)

Product		Applications	Specification						
			Flow (mm)		B.Time (s)		Solid Content (%)	Hexa Content (%)	Shelf life (Month)
			Value	Condition	Value	Condition			
Solid	IP-500	Roughing wheels and Cutting wheels	20-30	@125°C	90-120	@150°C	>97.5	9±1	6
	IP-502	Brake lining	45-55		80-110		>97	7-8	
	IP-502/8	industry	45-52		85-125		-	9±1	
	NCIP-502	Sound and heat insulation felts	50-60		80-120		-	10±1	
	CIP-502/21		45-60		90-150		-	10±1	
	CIP-504		60-80		60-75		-	-	
	SPS-401/1*		80-90		60-120		-	-	
	SPS-401/A*	Coating sands for shell molding	90-110		60-120		-	-	6

\* Requires 10-20% Hexamine to be cured

Product		Applications	Specification					
			Viscosity			Density (g/cm <sup>3</sup> ) @20°C	Solid Content (%)	Shelf life
			Value	Unit	Condition			
Liquid	LPM-002	Coating sands for shell molding	2000-2500	mPa.s	°	1.1	71±3	3 months
	NPL-002	Manufacturing of Carbon-Magnesite bricks	1200-1600		@ 25°C	-	73±2	6 months



## Anexo B – Datasheet resina isoftálica



**Your Formula for Success**  
RESINS | GEL COATS | COLORANTS

### VIPeL® F701-S SERIES POLYESTER RESIN



## Product Information

### CORROSION RESISTANT ISOPHTHALIC POLYESTER RESIN

Typical Cast Mechanical Properties <sup>1</sup>			
Test	Unit of Measure	Nominal	Test Method
Tensile Strength	psi/MPa	12,100/88	ASTM D638 / ISO 527-1
Tensile Modulus	psi/GPa	560,000/3.9	ASTM D638 / ISO 527-1
Tensile Elongation	%	3.1	ASTM D638 / ISO 527-1
Flexural Strength	psi/MPa	23,100/159	ASTM D 790 / ISO 178
Flexural Modulus	psi/GPa	610,000/4.2	ASTM D 790 / ISO 178
Heat Distortion Temp.	°C	128	ASTM D648 / ISO 75-A
Barcol Hardness		46	ASTM D2583 / EN 59

Typical Liquid Properties <sup>2</sup>								
VERSIONS	Visc Cps	Thix Index	Gel Time Min	Gel to Peak Min	Peak Exotherm (°C)	Specific Gravity	% Styrene Content	FDA <sup>4</sup>
F701-SPT-15	550 <sup>1</sup>	2.1 <sup>2</sup>	15 <sup>3</sup>	12	199	1.07	41.5	Yes
F701-SPT-23	550 <sup>1</sup>	2.1 <sup>2</sup>	30 <sup>3</sup>	13	193	1.07	41.5	Yes

NA- Not applicable

1) 77°F/25°C Brookfield RV viscosity spindle 2 at 20 rpm

2) 2/20 rpm Thix Index

3) 77°F/25°C Gel time with 1.25% MEKP DDM-9

4) US Food and Drug Administration (Ingredients comply with Title 21 CFR, parts 170-199)

Typical properties are not to be construed as specifications.

### DESCRIPTION

Vipel F701-S Series resins are high molecular weight, two-stage isophthalic, unsaturated polyester resin with the wet out, cure and handling characteristics of general purpose resins. The main feature is lower styrene content.

They have an excellent shelf life and are ideal for filament winding and spray-up.

### BENEFITS

#### Corrosion Resistance

Vipel F701-S series resins provide excellent corrosion resistance when used in contact with inorganic and organic acids. Solvent resistance is field-proven for many petroleum products such as kerosene, heating oil and crude oils. Refer to AOC's "Corrosion Resistant Resin Guide" for corrosion resistance information or for questions regarding suitability of a resin to any particular chemical environment contact AOC. F701-S series resins contain less styrene than standard versions.

#### Versatile

Suitable for various fabricating methods such as hand lay-up, spray-up and filament winding.

#### Food and Drug

All resins in this datasheet are manufactured from raw materials that are listed in FDA regulation Title 21 CFR 177.2420. It is the fabricator's responsibility to also be sure that the final composite is well cured. All composites used for FDA applications should be post cured at 180°F for at least 4 hours. After post curing it should be washed with soap and water and then rinsed.



## F701-S SERIES CORROSION RESISTANT ISOPHTHALIC POLYESTER RESIN



Mechanical Properties of Vipel F701-S Laminates with Increasing Temperature

TEMPERATURE, °F/°C	TENSILE STRENGTH, psi/Mpa	TENSILE MODULUS, psi/Gpa	FLEXURAL STRENGTH, psi/Mpa	FLEXURAL MODULUS, psi/Gpa
77/25	23,800/164	1,900,000/13.1	26,000/179	1,500,000/10.3
200/93	21,500/148	1,400,000/9.6	23,000/59	1,000,000/6.9
250/121	17,000/117	1,100,000/7.6	10,000/69	600,000/4.1
300/149	10,800/74	800,000/5.5	5,500/38	300,000/2.1

ASME RTP-1Laminates construction: VMM, MRMRM V=glass veil, M=chopped strand glass mat 1.5 oz. per square foot (450 grams per square meter), R=Woven Roving 24 oz. per square yard (814 grams per square meter). Laminates were 0.250 inches thick (6.4 mm) and post cured at 212°F/100°C for 5 hours.

### PERFORMANCE GUIDELINES

- A. Keep full strength catalyst levels between 1.0% - 2.0% of the total resin weight.
- B. Maintain shop temperatures between 65°F/18°C and 90°F/32°C and humidity between 40% and 90%. Consistent shop conditions contribute to consistent gel times and will help the fabricator make a high quality part.
- C. Sanding and/or grinding is recommended if a secondary bond is applied to a laminate that was made with a resin containing wax.

### STORAGE STABILITY

This product is stable for three months from the date of manufacture when stored in the original containers, away from direct sunlight or other UV light sources and at or below 77°F/21°C. Storage stability of two months or less should be anticipated if the storage temperature exceeds 86°F/30°C. After extended storage, some drift may occur in the product viscosity and gel time.

### SAFETY

See the appropriate Safety Data Sheet for guidelines.

### ISO 9001:2008 CERTIFIED

The Quality Management Systems at every AOC manufacturing facility have been certified as meeting ISO 9001:2008 standards. This certification recognizes that each AOC facility has an internationally accepted model in place for managing and assuring quality. We follow the practices set forth in this model to add value to the resins we make for our customers.

### FOOTNOTES

- (1) These tests are based on F701-S-SAA-00 at 77/25°C and 50% relative humidity. All tests performed on unreinforced cured resin castings. Thixotropic components, if applicable, are excluded from casting samples. Castings were prepared using 1% BPO and post cured 1 hour at 93°C, 1 hour at 116°C, and 2 hours at 138°C.
- (2) The gel times shown are typical but may be affected by catalyst, promoter, inhibitor concentration, resin, mold, and shop temperature. Variations in gelling characteristics can be expected between different lots of catalysts and at extremely high humidities. Pigment and/or filler can retard or accelerate gelation. It is recommended that the fabricator check the gelling characteristics of a small quantity of resin under actual operating conditions prior to use.



Your Formula for Success  
RESINS | GEL COATS | COLORANTS

AOC World Headquarters  
955 Highway 57 East, Collierville, TN 38017

+01 901.854.2800  
[AOC-Resins.com](http://AOC-Resins.com)

Pub. F701-S Series  
Effective Date: Mar. 2017  
Copyright © 2017

### SALES CONTACTS

#### NORTH AMERICA

Toll free: +1 866 319 8827  
[northamerica@aoc-resins.com](mailto:northamerica@aoc-resins.com)

#### LATIN AMERICA

+01 863 815 5016  
[latinamerica@aoc-resins.com](mailto:latinamerica@aoc-resins.com)

#### MIDDLE EAST

+44 1206 390415  
[middleeast@aoc-resins.com](mailto:middleeast@aoc-resins.com)

#### EUROPE

+44 1206 390415  
[europa@aoc-resins.com](mailto:europa@aoc-resins.com)

#### AOC UK LTD.

+44 01206 390400  
[salesUK@aoc-resins.com](mailto:salesUK@aoc-resins.com)

#### INDIA

+44 1206 390415  
[india@aoc-resins.com](mailto:india@aoc-resins.com)

#### ASIA/AUSTRALIA

+44 1206 390415  
[asia@aoc-resins.com](mailto:asia@aoc-resins.com)

AOC is a registered trademark of AOC, LLC.

The information contained in this data sheet is based on laboratory data and field experience. We believe this information to be reliable, but do not guarantee its applicability to the user's process or assume any liability for occurrences arising out of its use. The user, by accepting the products described herein, agrees to be responsible for thoroughly testing each such product before committing to production. Our recommendations should not be taken as inducements to infringe any patent or violate any law, safety code or insurance regulation. This data sheet and its contents are the confidential and proprietary information of AOC and it may not be modified altered deconstructed or presented in any other manner without the explicit authorization of AOC and/or its legal counsel.

## Anexo C – Datasheet resina acrílica



Address: Cra. 53 N° 50-09  
Guarne (Antioquia) COLOMBIA.  
Telephone: (574) 550 00 00  
Fax: (574) 551 31 34

### TECHNICAL DATA SHEET POUR TYPE ACRYLIC RESIN PDFPT-082

#### 1 PRODUCT OVERVIEW

Methacrylate polymers have enjoyed great popularity in dentistry because they are easily processed by using relatively simple techniques; they have the capacity to provide essential properties and the necessary characteristics to use them in oral restoration. One of the main applications is for the manufacture of dental restorations such as total, partial, and removable prostheses.

#### 2 CHARACTERISTICS OF THE ACRYLIC RESIN

The acrylic resin for pouring is used in the manufacture of total and partial prostheses. This acrylic resin allows to prepare dental rehabilitation in only one hour, thus facilitating the work time in the laboratory; besides, it provides better finishing since the waxing is copied in duplicate liquid material instead of using gypsum, therefore, the prostheses is cleaner.

#### 3 COMPOSITION INFORMATION

Polymer components: Self-polymerizing acrylic (Type II).  
Poly (Methyl Methacrylate).  
Pigments.  
Polyester (If a reference with mottled appearance is required).  
Additives.

Components of self-polymerizing monomers (Type II).  
Methyl Methacrylate.  
Dimethacrylate ethylene glycol.  
Amine-type chemical initiator.

#### 4 PRODUCT PROPERTIES

The physical properties of polymers are measured in the Quality Control Laboratory by using specialized and calibrated equipment, based on the ISO 20795-1 standard. The following table shows the most relevant physical properties.

<b>Creation date</b> 2017-01-26		<b>Elaborated by:</b> Technical Analyst of M.D.		<b>Revised by:</b> Technical Coordinator of M.D.	
<b>Class</b> E	<b>Page</b> 1 of 7	<b>Approved by:</b> Technical Director of M.D.		<b>Update:</b> 2018-08-02	<b>Version</b> 01

REFERENCE DOCUMENT: DPDDPR-019  
VERSION: 00



Address: Cra. 53 N° 50-09  
 Guarne (Antioquia) COLOMBIA.  
 Telephone: (574) 550 00 00  
 Fax: (574) 551 31 34

**TECHNICAL DATA SHEET  
 POUR TYPE ACRYLIC RESIN  
 PDFTPT-082**

Parameter	Requirement	Experimental Result
Absorption	It must not exceed 32 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$	19.50
Solubility	It must not exceed 8.0 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$	3.16
Flexural strength	Minimum 60 MPa	62.6
Flexural module	Minimum 1500 MPa	1800
Residual Monomer	Maximum 4.5% in weight	3.10

**5 USE AND APPLICATIONS**

The composition of the self-polymerizing acrylic resins for use by means of the pouring technique (monomer and polymer) Veracril® Pour, Opti-Cryl® Pour is indicated for the preparation of dental restorations such as total, partial, and removable prostheses.

They have the following characteristics:

- The time required for the preparation of the dental restoration is one hour, and it allows for optimal work time for pouring.
- They are resistant to fractures.
- They require a thermal treatment by means of pressurizing equipment.
- They are easily polished, allowing to recover their gloss.
- Vertical and linear contractions that the acrylic structure may suffer are avoided by using the appropriate ratio of polymer and monomer.

**6 PRODUCT QUALITY ASSURANCE**

Acrylic resins are manufactured with raw materials of the highest quality, through a completely standardized productive process certified under both ISO 9001 and ISO 13485. Besides, the compliance with the requirements of the ISO 20795-1 standard is verified in the Quality Control Laboratory for the finished product by means of specialized equipment.

<b>Creation date</b>		<b>Elaborated by:</b>		<b>Revised by:</b>	
2017-01-26		Technical Analyst of M.D.		Technical Coordinator of M.D.	
<b>Class</b>	<b>Page</b>	<b>Approved by:</b>		<b>Update:</b>	<b>Version</b>
E	2 of 7	Technical Director of M.D.		2018-08-02	01

REFERENCE DOCUMENT: DPDDPR-019  
 VERSION: 00

## Anexo D – Datasheet resina éster vinílica



ABN 98 000 869 367

563 Willoughby Rd. Willoughby 2068 Ph (02) 9958 5238 Fax (02) 9958 0838  
2 Lincoln St. Minto 2566 Ph (02) 9820 1144 Fax (02) 9603 2314  
188 Manns Road, West Gosford NSW 2250 Ph (02) 4322 0255 (02) 4322 0255  
Unit 1 19 Boden Road Seven Hills NSW 2147 Ph (02) 9674 7333 Fax (02) 9674 7377

### TECHNICAL DATA SHEET

**PRODUCT GROUP:** 342S VINYL ESTER RESIN

**PRODUCT CODE:** 342S

**PRODUCT INFORMATION:** 342S (thixed & promoted) Vinyl Ester Resin is a general purpose type resin used in the manufacture of fibreglass reinforced plastic components, and other applications where it is resistant to a broad range of acid base and salt solutions up to 100 Deg. C. 342S Vinyl Ester Resin is normally supplied thixotropic and promoted to be catalysed by either Interlox SR or Butanox M50 catalysts. Other MEKP catalysts should be first tested before used for the development of a satisfactory level of cure. Where exposure to severe corrosive environments is to be encountered, post curing of laminates is strongly recommended.

**TYPICAL APPLICATIONS:** 342S Vinyl Ester Resin is designed for use in hand laminating and spray up fabrication of tanks, fume ducts, piping, chemical process equipment, sewerage and industrial effluent treatment plant, FRP swimming pools, boats, trowelled chemical resistant floor toppings, and other applications where a requirement exists for resistance to corrosive environments.

**PHYSICAL PROPERTIES:**

Appearance:	Clear, low viscosity, resin solution.
Viscosity	
Brookfield LVT 3/60rpm:	350 - 550 cps. @ 25°C.
Volatile content:	45 -55 % w/w.
Specific Gravity @ 25°C.:	1.03 - 1.05 gm./cc.
Acid Value:	8 - 10 mg. KOH/gm.
Gel time, 100gm. mass @ 25°C., 1% MEKP Butanox M60:	15 - 25 minutes
Storage life @ 25°C.:	3 months in sealed container.

**CURED RESIN PHYSICAL PROPERTIES:**

Water Absorption - 24 hours @ 25°C.:	0.18 - 0.19 % w/w.
Tensile Strength:	80 - 85 MPa.
Tensile Modulus:	3.00 - 3.30 MPa.
Elongation at Break:	5.00 - 6.00 %
Flexural Strength:	125 - 150 MPa.
Heat Deflection Temperature @ 1.82 MPa Load:	95 - 100°C.
Barcol Hardness - GY2J934-1:	32 - 38

**NOTE:** The physical properties shown above are typical of the product, when catalysed with 2.0% w/v. MEKP (either of the recommended types listed above), at the time of packaging. As with all products of this type, a degree of drift will occur with aging.

**HAZARD CLASSIFICATION:**

Chemical Composition:	A solution of unsaturated polyester resin in styrene monomer.
Class:	3.2 Flammable Liquid HFP.
Label:	3.
Pack Code:	III
UN Number:	1866
Hazchem Code:	3 [Y]
Flash Point:	32°C.

## Technical Data Sheet Swancor 901 continued.

**WARRANTY:** Fiberglass (A/Asia) Sales Pty. Ltd. warrants that this product conforms to the product description contained herein. No other guarantee or warranty is expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. Fiberglass (A/Asia) Sales Pty. Ltd. shall not be liable for incidental, on sequential, or other damages resulting from user negligence, breach of warranty, or any other theory arising out of the use or handling of this product. End users are at all times encouraged to first conduct their own tests on the product to verify its suitability for their intended use.

**CHEMICAL RESISTANCE GUIDE:**

CHEMICAL	MAX. TEMP.	CONCENT.
	Deg. C.	%
Hydrochloric Acid	83	10
	82	20
	65	37
Sulphuric Acid	99	25
	82	50
	38	75
Nitric Acid	65	5
	50	20
	NR	40
Chromic Acid	65	10
	65	20
	NR	30
Hydrofluoric Acid	65	10
	38	20
Formic Acid	80	10
	35	50
	NR	98
Sodium Hydroxide	82	10
	82	25
	99	50
Potassium Hydroxide	65	10
	65	25
	82	45
Ammonia Aqueous	82	5
	65	15
	38	29
Sodium Hydro chlorite	65	5.25
	82	10
	82	18
Hydrogen Peroxide	65	5
	65	30
Carbon Tetrachloride	65	100
Alcohol	NR	100
EDC	NR	100
Toluene	25	100
Gasoline	82	100

**Anexo E – Tabela de normas utilizadas pelas empresas fornecedoras de pultrudados.**

<b>Descrição</b>	<b>Norma</b>
Dureza Barcol	ASTM D2583-92
Resistência ao Fogo (Inflamabilidade)	UL94 Grau V0
	E84
	ISO 5658
	ASTM D635-96
	ICE 60092-101
Emissão de Fumaça (Densidade Ótica)	ASTM 5659-2
	IMO MSC 61 (67)
	ASTM E-662
Índice de Toxicidade	NES 713/1983
Determinação do Teor de Fibra	ASTM D5630
	NBR 13275
Envelhecimento Acelerado (Intemperismo)	ASTM D2565
Resistência Química	ASTM 543-87
Resistência a Impactos	ASTM D 256-92 (IZOD)
Resistência À Tração (Propriedades de Tração)	ASTM D3039
	ASTM D 638-91
Resistência à Radiação (UV)	ASTM G 53-96
Avaliação Visual	BS 2782
Determinação da Resistência a Carga (Impacto)	NBR 12049
	NBR 12050
	NBR 5891
Absorção de Água	ASTM D570-81
Difusividade Térmica	ASTM E-1461
Propriedades de Flexão	ASTM D790

## Anexo F – Relatório de ensaio de retardamento à chama

**ipt** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS 1/2

**Laboratório de Segurança ao Fogo/CETAC**

**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1 039 803-203**

**CLIENTE:** Tech Composites Indústria e Comércio Ltda EPP.  
Rua Ulisses Faria, 1496.  
CEP: 83900-000 – São Mateus do Sul/PR.

**NATUREZA DO TRABALHO:** Verificação do comportamento ao fogo de material.

**REFERÊNCIA:** Orçamento IPT nº 6629/12 datado de 13.09.2012

**1 ITEM / MATERIAL**

Foi entregue o material denominado "Perfil em Fibra de Vidro (PRFV)", identificado por este Laboratório com o número 570-12. Os corpos de prova foram entregues em barras de 120 mm de comprimento e 10 mm de largura, sendo as seguintes características determinadas:

- espessura média total dos corpos de prova: 9,8 mm;
- massa específica aparente média dos corpos de prova:  $1,9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;
- coloração: amarela.

**2 MÉTODO UTILIZADO**


- IEC 60092-101: 2002 – "Electrical installations in ships – Part 101: Definitions and general requirements – item 2.28.2: Flame retardant test".
- Procedimento de Ensaio CETAC-LSF-PE 094 – "Teste de retardamento à chama".

**3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

- Régua Hope (identificação: RG-008; última calibração: 29.10.2012, certificado calibração nº120586-101, órgão calibrador: IPT/CME/LMM, próxima calibração: 10.2014).
- Paquímetro Digimes (identificação: PQ-001, última calibração: 16.10.2012; certificado de calibração nº120289-101, órgão: IPT/CME/LMM, próxima calibração: 10.2014).
- Balança BK 8000 (identificação: BL-007, última calibração: 20.01.2011, certificado calibração nº107280-101, órgão calibrador: IPT/CME/LMM, próxima calibração: 01.2013).
- Cronômetro Technos (identificação: CR-011, última calibração: 11.05.2011, certificado calibração nº 109555-101, órgão calibrador: CME/LME, próxima calibração: 05.2013).
- Termômetro digital (identificação: TE-001, última calibração: 29.03.2012, certificado nº 116052-101, órgão calibrador: IPT/CME/LMM, próxima calibração: 03.2014).

Os resultados apresentados neste documento se aplicam somente ao item ensaiado ou calibrado.  
Este documento não dá direito ao uso do nome ou da marca IPT, para quaisquer fins, sob pena de indenização.  
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

Av. prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária  
São Paulo | SP | CEP 05508-901  
Tel 11 3767 4000 | Fax 11 3767 4003 | ipt@ipt.br

[www.ipt.br](http://www.ipt.br) 



Laboratório de Segurança ao Fogo/CETAC

## 5 RESULTADOS DE ENSAIO

Ensaio realizado em 28.11.2012.

Corpo de prova	Duração da chama na 1ª aplicação (s)	Duração da chama na 2ª aplicação (s)	Duração da chama na 3ª aplicação (s)	Duração da chama na 4ª aplicação (s)	Duração da chama na 5ª aplicação (s)	Extensão carbonizada (mm)	Número de aplicações	Tempo para atingir a marca de 60 mm (s)
1	109	123	0	0	0	16	5	não atingiu
2	125	141	0	0	0	17	5	não atingiu
3	114	120	0	0	0	15	5	não atingiu
4	113	115	0	0	0	17	5	não atingiu
5	129	125	0	0	0	16	5	não atingiu

### 5.1 Observações de ensaio

- Não ocorreu gotejamento de material em chama.
- Os corpos de prova ensaiados não alcançaram ou ultrapassaram a marca de referência (60 mm).
- Desenvolvimento de fumaça preta.

## 6 CONCLUSÃO

Conforme critérios do item 2.28.2.5 da norma IEC 60092-101 o material classifica-se como retardante à chama.

São Paulo, 03 de dezembro de 2012.

CENTRO TECNOLÓGICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO  
Laboratório de Segurança ao Fogo

Eng.º Civil Mestre Carlos Roberto Metzker de Oliveira  
Supervisor do Ensaio  
CREA n.º 6061468656 – RE nº 08632

CENTRO TECNOLÓGICO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO  
Laboratório de Segurança ao Fogo

Eng.º Civil Mestre Antônio Fernando Berto  
Responsável pelo Laboratório  
CREA nº 0600745569 – RE nº 2467.9

Os resultados apresentados neste documento se aplicam somente ao item ensaiado ou calibrado.  
Este documento não dá direito ao uso do nome ou da marca IPT, para quaisquer fins, sob pena de indenização.  
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

## Anexo G – Relatório de ensaios de força em compósitos

# TECPAR

Centro de Análises e Ensaios Tecnológicos  
Laboratório de Tecnologia de Materiais

### RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº. 12005857

Página 1 de 5

CLIENTE : TECH COMPOSITES INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MATERIAIS COMPÓSITOS  
LTDA.

ENDEREÇO: Rua Ulisses Farias, 1486. Bairro Jardim Dona Herminia. São Mateus do Sul - PR.

Data de ensaio: 26/04/2012

Os resultados são restritos ao material entregue no TECPAR. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

#### 1 MATERIAL

- Materiais poliméricos identificados pelo cliente como:
  - GUARDA CORPO EM PRFV SESSÃO REDONDA;
  - GUARDA CORPO EM PRFV SESSÃO QUADRADA.

#### 2 SERVIÇO REALIZADO

- Ensaios físicos de compressão vertical e horizontal.

#### 3 METODOLOGIA UTILIZADA

- Indústrias do petróleo e gás natural – Perfis pultrudados Parte 2: Guarda - corpo. Baseado em ABNT NBR 15708-2:2011.

#### 4 RESULTADOS

- GUARDA CORPO EM PRFV SESSÃO REDONDA;

Pontos (Ver fig. 1 Abaixo)	Carga	Deslocamento especificado (mm) máx.	Deslocamento encontrado (mm)	Deslocamento residual (< 3mm)
V2	900N / 91,8kg	10 mm	5 mm	1 mm
H1	900N / 91,8kg	44 mm	36 mm	1 mm
H2	900N / 91,8kg	32 mm	30 mm	2 mm

Obs. Uma carga de 900N foi aplicada por 10 minutos, aos seguintes locais:

- Verticalmente, ao topo do corrimão, a 500mm de cada montante (Ponto V2);
- Horizontalmente, na lateral do montante (Ponto H1);
- Horizontalmente, na lateral do corrimão, a 500mm de cada montante (Ponto H2).

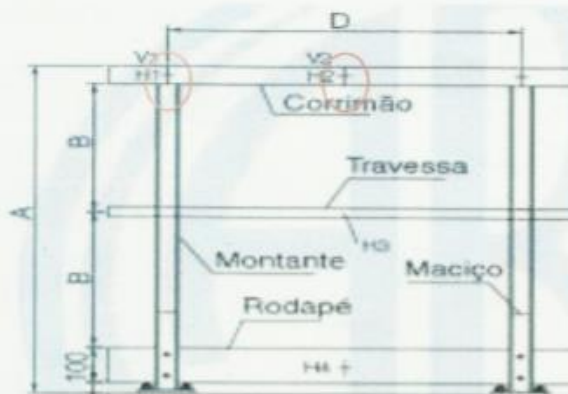


Figura 1

Pontos (Ver fig. 2 Abaixo)	Carga	Trincas no perfil, insertos ou conexões	Delaminações no perfil, insertos ou conexões
H3	900N/ 91,8kg	Não apresentou	Não apresentou
H4	400N/ 40,8kg	Não apresentou	Não apresentou

Obs. Norma solicita a aplicação das seguintes cargas nos referidos pontos durante 10 minutos e à temperatura ambiente:

- Uma carga de 900N qual foi aplicada, horizontalmente, ao centro da travessa (Ponto H3);
- Uma carga de 400N deve ser aplicada, horizontalmente, ao centro do rodapé (Ponto H4).

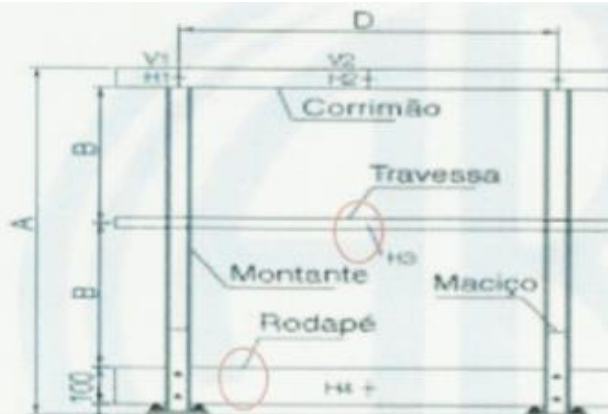


Figura 2

*celis*

Pontos	Carga Teste	Trincas ou Delaminações nos perfis, insertos ou conexões
V1	2250N/ 229,5kg	Não há
V2	2250N/ 229,5kg	Não há
H1	2250N/ 229,5kg	Não há
H2	2250N/ 229,5kg	Não há

**Obs.** Uma carga de 2250N foi aplicada, durante 10 minutos e a temperatura ambiente aos seguintes locais, Individual e sequencialmente:

- Verticalmente, ao topo do montante (Ponto V1);
- Verticalmente, ao topo do corrimão, a 500mm de cada montante (Ponto V2);
- Horizontalmente, na lateral do corrimão a 500mm de cada montante (Ponto H1);
- Horizontalmente, na lateral do montante e ao meio da lateral do corrimão (Ponto H2).

#### GUARDA CORPO EM PRFV SESSÃO QUADRADA.

Pontos (Ver fig. 1)	Carga	Deslocamento especificado (mm) máx.	Deslocamento encontrado (mm)	Deslocamento residual (< 3mm)
V2	900N / 91,8kg	10 mm	4 mm	0 mm
H1	900N / 91,8kg	44 mm	33 mm	0 mm
H2	900N / 91,8kg	32 mm	28 mm	1 mm

**Obs:** Uma carga de 900N foi aplicada por 10 minutos, aos seguintes locais:

- Verticalmente, ao topo do corrimão, a 500mm de cada montante (Ponto V2);
- Horizontalmente, na lateral do montante (Ponto H1);
- Horizontalmente, na lateral do corrimão, a 500mm de cada montante (Ponto H2).

Pontos (Ver fig. 2)	Carga	Trincas no perfil, insertos ou conexões.	Delaminações no perfil, insertos ou conexões.
H3	900N/ 91,8kg	Não apresentou	Não apresentou
H4	400N/ 40,8kg	Não apresentou	Não apresentou

**Obs.** Norma solicita a aplicação das seguintes cargas nos referidos pontos durante 10 minutos e à temperatura ambiente:

- Uma carga de 900N qual foi aplicada, horizontalmente, ao centro da travessa (Ponto H3);
- Uma carga de 400N deve ser aplicada, horizontalmente, ao centro do rodapé. (Ponto H4).

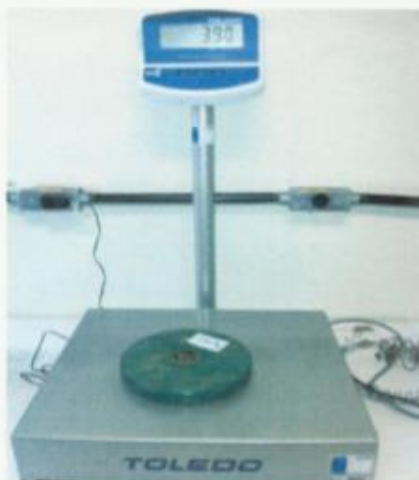
*elisa*  


Pontos	Carga Teste	Trincas ou Delaminações nos perfis, insertos ou conexões.
V1	2250N/ 229,5kg	Não há
V2	2250N/ 229,5kg	Não há
H1	2250N/ 229,5kg	Não há
H2	2250N/ 229,5kg	Não há

Obs.: Uma carga de 2250N foi aplicada, durante 10 minutos e à temperatura ambiente aos seguintes locais, Individual e sequencialmente:

- e) Verticalmente, ao topo do montante (Ponto V1);
- f) Verticalmente, ao topo do corrimão, a 500mm de cada montante (Ponto V2);
- g) Horizontalmente, na lateral do corrimão a 500mm de cada montante (Ponto H1);
- h) Horizontalmente, na lateral do montante e ao meio da lateral do corrimão (Ponto H2).

- FOTOS DA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS



*Relatório*  
*el.*



## 5 CONCLUSÃO

O material, nos itens acima analisados, **ATENDE** os requisitos especificados na Norma ABNT NBR 15708-2:2011.

Curitiba, 07 de maio de 2012.

**MARCO ANTONIO NETZEL**  
Químico Industrial – CRQ. 09201160  
man/storages/laq/2011/LAUDOS/12005857.doc

**ZELIA APARECIDA BILL**  
Química - CRQ. 09200455  
Gerente Lab. de Tecnologia de Materiais

\*\*\*\*\*

## Anexo H – Questionário respondido pela empresa Stratus.

### Questionário 1 (E-mail):

1) Informações sobre condução eletrostática, ou eletricidade estática, em estruturas de compósitos (Como a empresa de vocês lidam com isso? É uma preocupação válida?)

**Resposta:** Isso normalmente não é um problema, nosso material é naturalmente isolante elétrico e isso costuma ser uma vantagem em boa parte das aplicações, para situações específicas é possível torná-lo condutor com aditivos no polímero.

2) Aterramento de estruturas compósitos (É possível fazer, resolve o problema da condução eletroestática?)

**Resposta:** Sim, é possível realizar o aterramento, nesse caso basta solicitar que o material possua baixa resistividade superficial, nesse caso produzimos os perfis com aditivos condutores.

3) Resistência ao fogo, com o foco desta vez em classificação de áreas e periculosidade (Tem normas que falam sobre isso para compósitos?)

**Resposta:** Nossos materiais são normatizados pela UL-94 grau V0, o que significa que são autoextinguíveis, para ambientes com necessidade de níveis mais rigorosos podemos atender com resina Fenólica que suporta 900°C de temperatura e é autoextinguível.

4) Para especificar o material, em caso de venda, quais testes ele deve sofrer; [Databook Técnico (Datasheet)]

**Resposta:** Nós realizamos testes de aplicação quando há normas para tal (guarda corpo, leitos de cabo, grades, escadas...), quando não há normativa específica o mais comum é realizar testes de caracterização e verificar se as resistências do material atendem aos parâmetros do projeto (Tração, Flexão e cisalhamento).

## Questionário 2 (Teleconferência):

1- Qual bibliografia ou norma traz dados sobre a condução elétrica desses materiais?

**Resposta:** Dentro do dia a dia de aplicações de estrutura de materiais compósitos, a condução elétrica não é um fator que presente nas estruturas normais de aplicações industriais. Quem requisita isso é a Petrobrás, nas estruturas de petróleo, ela requisita um critério de resistividade elétrica (não é muito requisitado em estruturas), volumétrica e superficial, onde deve ter um fator menor do que 1Mohm/m (raro de acontecer isso) baseado na IEC.

2- Existe algum jeito de aterrar as estruturas secundárias ou pode-se adicionar algum aditivo, com objetivo de aumentar a condutividade elétrica?

**Resposta:** Via de regra, o material compósito tende a ser isolante, devido ao seu baixo acúmulo de energia estática. Porém, adiciona-se grafite para permitir o descarregamento de acúmulo de energia estática, tornando o material condutivo. Contudo, para efeitos práticos ele possui limitações, por exemplo, fazendo adição de grafite (única maneira que a stratus conseguiu na prática) em um guarda corpo, ele se torna preto, porém nunca se foi pensado o que iria acontecer, após a estrutura passar por algum tipo de pintura posterior.

3- Hoje o quesito de acúmulo eletroestático é requisitado só pela Petrobrás. No caso da empresa Petrobrás, a preocupação de se analisar essa questão, é para evitar o risco de se ter choque elétrico nos funcionários?

**Resposta:** Isso só se aplica em leito de cabo em plataforma de petróleo. O objetivo não é em relação ao operador e sim o risco que pode gerar na plataforma.



4- E por que tem que ter essa capacidade de aterramento?

**Resposta:** No caso particular do leito, é que a estrutura exposta a rajadas de vento, no caso, o atrito gerado entre o vento e o leito de cabo, não gere uma centelha. Isso pode se aplicar também em áreas classificadas presentes na Braskem.

5- Agora, se aplicar o grafite na estrutura, posteriormente, pode pintar a mesma?

**Resposta:** Sim, porém tem que ser com uma tinta condutiva. A Petrobrás exige dois níveis de critério: a resistividade elétrica, volumétrica e superficial, ou seja, se pintar com uma tinta não condutiva, descaracteriza a superfície e isso acaba afetando na propriedade elétrica do perfil. Agora se conseguir uma tinta condutiva, o perfil não precisa ser condutivo, porque ele aceita a pintura sem nenhuma restrição. Pode tornar a resistividade volumétrica, que está atrelada com a parede do perfil, com a adição de grafite e pode colocar uma pintura específica, que torne a resistividade superficial com a condutividade mínima que a norma IEC 60093.

**Observação:** A Petrobrás usar isso no planejamento e não exige nas estruturas (eles não pedem esse requisito).

6- E por que eles não exigem isso para plataformas de pedestres?

**Resposta:** Porque a superfície da plataforma tem um material antiderrapante, o que torna o material mais isolante, no caso, utiliza-se areia.

7- Quais empresas que definem em quais áreas devem-se utilizar grafite?

**Resposta:** BS e DNV. Elas exigem esse critério para Petrobrás.

8- Existe algum material pultrudado que possa ser utilizado para rotas de fuga?

**Resposta:** A stratus utiliza resina fenólica, elas suportam 900°C durante 1 hora, e depois o material tem que ser submetido ao carregamento e um ensaio de impacto bastante elevado. Esse teste é feito na guarda costeira americana que a Petrobrás se baseou para criar a NBR 15708.

9- A resina é antichama, no caso, não permite a propagação do fogo?

**Resposta:** sim.

10- Essa resina aguentaria 1 hora a exposição direta do fogo gerado por hidrocarbonetos, que segundo a API 2218, chega a 1500°C?

**Resposta:** Não resiste. Ou seja, teria que ser uma estrutura metálica para rotas de fuga ou teria que ser protegida por um material de proteção passiva até um certo nível, isso para rotas de fugas mais baixas. Para 6 a 8 m de elevação (rotas de fuga mais altas), poderia se utilizar materiais pultrudadas, se limitando a exposição à radiação de 900°C. Agora se não for para rotas de fuga, pode-se utilizar o pultrudado, porque não propaga chama.

11- Como vocês realizam o aterramento?

**Resposta:** Ela muito similar a estruturas de aço, no grupo de bandejamento elétrico, existe o grounding lock, um clipe, que fura direto a estrutura e coloca o cabo de aterramento.

12 - Os ensaios de temperatura, vocês da stratus que fazem ou contratam um laboratório específico?

**Resposta:** específicos. São do exterior: intertec americana. Tem uma brasileira: IPT, faz ensaio a quente, mas não no nível que a Petrobrás exige.

## REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15708**: Indústrias do petróleo e gás natural – Perfis pultrudados. 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 178**: Plastics — Determination of flexural properties. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5893**: Rubber and plastics test equipment — Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) — Specification. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14125**: Fibre-reinforced plastic composites — Determination of flexural properties. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1268**: Fibre-reinforced plastics — Methods of producing test plates. 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 527**: Plastics — Determination of tensile properties. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14130**: Fibre-reinforced plastic composites — Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method. 1997.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 13706**: Reinforced plastics composites - Specifications for pultruded profiles. 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 4892**: Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources. 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2565**: Standard Practice for Xenon-Arc Exposure of Plastics Intended for Outdoor Applications. 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D4385**: Standard Practice for Classifying Visual Defects in Thermosetting Reinforced Plastic Pultruded Products. 2008.

FIBERLINE (Dinamarca) (Org.). **European Standard EN 13706**. Disponível em: <<https://fiberline.com/european-standard-en-13706>>. Acesso em: 07 ago. 2019.

STRATUS (São José dos Campos - Sp) (Org.). **Perfis Pultrudados**. Disponível em: <[http://www.stratusfrp.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=40&Itemid=103](http://www.stratusfrp.com/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=103)>. Acesso em: 29 set. 2019.

COGUMELO (Rio de Janeiro - Rj) (Org.). **Compósitos**. Disponível em: <<http://cogumelo.com.br/>>. Acesso em: 21 set. 2019.

RV COMPÓSITOS (Rio Claro - Sp) (Org.). **Compósitos**. Disponível em: <<http://rvcompositos.com.br/>>. Acesso em: 21 set. 2019.

TECH COMPOSITES (Lapa - Pr) (Org.). **Plataformas e Estruturas**. Disponível em: <<http://techcomposites.com.br/produtos/>>. Acesso em: 21 set. 2019.

VIEIRA, Janine Domingos. **Estudo do Comportamento Estrutural de Perfis Pultrudados Sob Efeito de Alta Temperatura**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências em Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SERUTI, Carlos Alexandre. **Caracterização Mecânica e Desempenho Estrutural de Elementos Pultrudados**. 2013. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Coppe - Ufrj, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CÓ, Carolina Mattedi. **Estudo do Comportamento Físico-Químico de Compósitos Póliméricos Pultrudados Reforçados com Fibra de Vidro Sob Diferentes Condições Ambientais**. 2011. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011.

SILVA, L. V. da et al. AVALIAÇÃO DE RODS PULTRUDADOS APÓS EXPOSIÇÃO A AMBIENTES AGRESSIVOS. In: 21° CBECIMAT - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 21., 2014, Cuiabá. **CBECIMAT**. Cuiabá: Cbecimat, 2014. p. 3053 - 3062. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/206-007.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2020.

FRAUCHES-SANTOS et al. A Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. **Revista Virtual Química**, Seropédica-rj, v. 6, n. 17, p.293-309, 21 dez. 2013. Disponível em: <<http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/490/422>>. Acesso em: 06 fev. 2020.

THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 834-1:1999**: Fire-resistance tests — Elements of building construction. 1 ed, 1999. 25 p. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/2576.html>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

SOCIEDADE AMERICANA DE ENSAIOS E MATERIAIS. **ASTM D3917: 15A**: Especificação padrão para tolerância dimensional de formas pultrudadas em plástico reforçado com vidro termoendurecível. 2015. 5 p. Disponível em: <<https://www.abntcolegao.com.br/normavw.aspx?ID=429813>>. Acesso em: 05 out. 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2583:2013**: Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor. 2013. 4 p. Disponível em: <<https://www.abntcolegao.com.br/normavw.aspx?ID=304573>>. Acesso em: 05 out. 2019.

THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 5658-1:2006**: Reaction to fire tests — Spread of flame. 1 ed. 2006. 29 p. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/36962.html>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

MURPHY, John. **The Handbook of Reinforced Plastics**. Eua: Elsevier Science, 1994. 550 p.

FIORELLI, Juliano. **UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DE CARBONO E DE FIBRAS DE VIDRO PARA REFORÇO DE VIGAS DE MADEIRA**. 2002. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em:

<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-12052003-144536/publico/disjuliano.pdf>>.

Acesso em: 01 fev. 2020.

SILVA, Henrique Pereira da. **COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS DE FIBRA DE VIDRO/EPOXY NANO-REFORÇADOS**. 2014. 271 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/43579528.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2020.

LEVY NETO, Flamínio; PARDINI, Luiz Claudio. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.

Rabello, Marcelo Silveira; **Aditivção de Polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2000.

VAUGHAN, James G.; HACKETT, Robert M.. **Pultrusion Process Characterization**. Mississippi, 1991. 127 p. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19920009925.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

KERSTING, Daniel de Freitas. **Avaliação de Resinas Epóxi para Fabricação de Materiais Compósitos pelo Processo de Pultrusão**. 2004. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3551>>. Acesso em: 28 jan. 2020.

OLIVEIRA, Francieli Borges de. **UTILIZAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA OBTIDA DE FONTE RENOVÁVEL NA PREPARAÇÃO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ DO TIPO FENÓLICA**. 2008. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-13102008-143432/publico/FrancieliBOLiveiraR.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2020.

PEREIRA, Tamires Galvão Tavares. **COMPÓSITOS PRODUZIDOS COM RESINA POLIÉSTER E FIBRAS DE EUCALIPTO TRATADAS TERMICAMENTE**. 2016. 105 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Biomateriais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11826/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Comp%C3%B3sitos%20produzidos%20com%20resina%20poli%C3%A9ster%20e%20fibras%20de%20eucalipto%20tratadas%20termicamente.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11826/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Comp%C3%B3sitos%20produzidos%20com%20resina%20poli%C3%A9ster%20e%20fibras%20de%20eucalipto%20tratadas%20termicamente.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2020.

CAMARGO, Maria Eduarda Serafim. **POLIMERIZAÇÃO DE RESINA ACRÍLICA**. 2014. 35 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<https://biblioteca.univap.br/dados/000015/00001545.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2020.

ITTNER, Cristiana A.; FELISBERTI, Maria I.. **PROPRIEDADES MECÂNICAS DA RESINA ÉSTER VINÍLICA MODIFICADA COM ADITIVOS À BASE DE SILICONA**. Campinas, 2014. Disponível em: <<http://gppol.iqm.unicamp.br/Congressos/6abpol/532.PDF>>. Acesso em: 01 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações**. 2000. 14 p. Disponível em: <[https://www.academia.edu/38576918/NBR\\_14432\\_Exig%C3%Aancias\\_de\\_resist%C3%Aancia\\_ao\\_fogo\\_de\\_elementos\\_construtivos\\_de\\_edifica%C3%A7%C3%B5es\\_-Procedimento](https://www.academia.edu/38576918/NBR_14432_Exig%C3%Aancias_de_resist%C3%Aancia_ao_fogo_de_elementos_construtivos_de_edifica%C3%A7%C3%B5es_-Procedimento)>. Acesso em: 21 dez. 2019.

VENTURA, Ana Mafalda F.m.. **Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas**. Lisboa: Lo, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/ctm/v21n3-4/v21n3-4a03.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

PAGNONCELLI, Marlova. **DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS UTILIZANDO RESINA ÉSTER VINÍLICA REFORÇADA POR FIBRA DE ARAMIDA PARA APLICAÇÃO EM BLINDAGEM DE**

**VEÍCULOS MILITARES.** 2016. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processos e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/gustavo/Downloads/Dissertacao%20Marlova%20Pagnoncelli.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2020.

RENDA, C.G.; DIAS, J. A.; MENDES, E.M.; MENDES, R.; BERTHOLDO, R.; LUCAS, A.A. COMPOSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA (RESINA FENÓLICA E LIGNINA) CONTENDO NANOGRAFITE EXPANDIDO E NEGRO DE FUMO CONDUTIVO. **22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, [s. l.], 6 nov. 2019. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/210-002.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2019.

PASCON, P. E. CONTROLE DA ELETRICIDADE ESTÁTICA EM PLANTAS QUÍMICAS. *In*: PASCON, P. E. **CONTROLE DA ELETRICIDADE ESTÁTICA EM PLANTAS QUÍMICAS**. [S. l.], 1 jul. 2017. Disponível em: [http://www.processos.eng.br/wp-content/uploads/2017/07/controlado\\_eletricidade\\_estatica\\_em\\_plantas\\_quimicas.pdf](http://www.processos.eng.br/wp-content/uploads/2017/07/controlado_eletricidade_estatica_em_plantas_quimicas.pdf). Acesso em: 8 dez. 2019.

YADAV, Ramdayal; TIRUMALI, Manoj; WANG, Xungai; NAEBE, Minoo; KANDASUBRAMANIAN, Balasubramanian. Polymer composite for antistatic application in aerospace. **Elsevier**, Defence Technology, p. 1-12, 12 abr. 2019. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214914719300108?token=68F02943470734A3EFEFB76B9ED14837D047C2B64EF9ACF1A03DB3253498EA89EC4847E5E9378B1D7A9BFEBE49EDDCDF>. Acesso em: 8 dez. 2019.

CONVENTUSPOLYMERS. Electrostatic Composites Polymers Guide. *In*: CONVENTUSPOLYMERS. **Electrostatic Composites Polymers Guide**. [S. l.], 5 mar. 2019. Disponível em: [http://www.conventuspolymers.com/pdfs/StaticGuide\\_V2.pdf](http://www.conventuspolymers.com/pdfs/StaticGuide_V2.pdf). Acesso em: 8 dez. 2019.

NASA; EVANS, R. W. **Electrical Bonding: A Survey of Requirements, Methods, and Specifications**. [S. l.: s. n.], 1998. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19980201283.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2019.

HAPER, Charles A.;PETRIE, Edward M. **Plastics Materials and Process: A Concise Encyclopedia**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.,2003

WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio. **Plásticos de Engenharia: Tecnologia e Aplicações**. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

SANTOS, M.S.; MONTAGNA, L.S; REZENDE, M.C; PASSADOR, F.R. A New Use for Glassy Carbon: Development of LDPE/Glassy Carbon composites for Antistatic Packing Applications. *Journal of Applied Polymer Science*, Brazil, 2018

MAJUNDAR S. K. **Composite Manufacturing – Materials, Product and Process Engineering**. Florida: CRC Press, 2002.

HENNEMANN, Mirella Brenner et al. PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR PULTRUSÃO E AS APLICAÇÕES NO DESIGN DE PRODUTO. **Revista Tecnologia e Tendências**, Novo Hamburgo, v. 1, n. 10, p.132-149, mar. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistatecnologiaetendencias/article/viewFile/1501/2347>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

