



Compósitos em Aplicações Industriais

FEIPLAR 2012

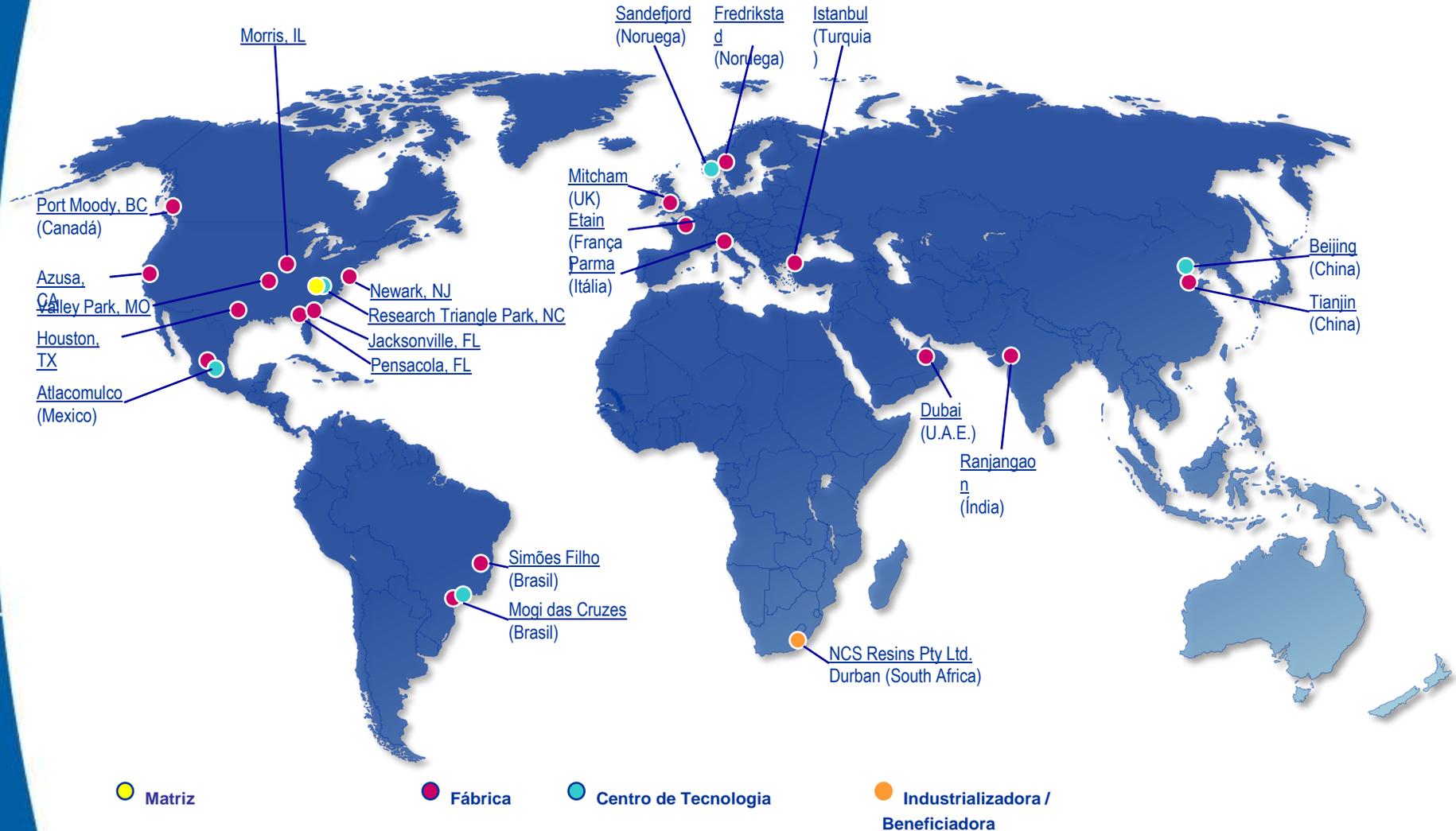
REICHHOLD

Everywhere Performance Matters

Olavo Barbour Filho

Consultor Técnico - Composites

Presença Global Reichhold



REICHOLD



Mais de 300 Anos de Experiência e Dedicação ao Mercado de Compósitos



Da esquerda para direita: José Antonio Costa, Ademir de Marchi, Fernando Franco, Paulo Tarso, Samir Quintiliano, Antonio Carvalho, Dirceu Vazzoler, Ioannis Drivas e Rogério Lucci.



TANQUES, TUBULAÇÕES E REVESTIMENTOS DE COMPÓSITOS COM RESINAS DION

- **Atrativos dos Compósitos em Ambientes Agressivos:**
 - **Excelente resistência à corrosão**
 - **Excepcional durabilidade**
 - **Pouca necessidade de manutenção**
 - **Passível de manutenção quando atacado pelo ambiente**
 - **Pode ser reabilitado se sofrer dano estrutural**
 - **Reparo acidental de emergência – o reparo pode ser feito sob carga**



SEGMENTOS INDUSTRIAIS

- Produção, refino e distribuição de petróleo
- Papel e celulose
- Mineração, siderurgia
- Indústrias químicas, petroquímicas
- Cloro – Soda
- Tratamento de água e efluentes
- Transportes
- Outros

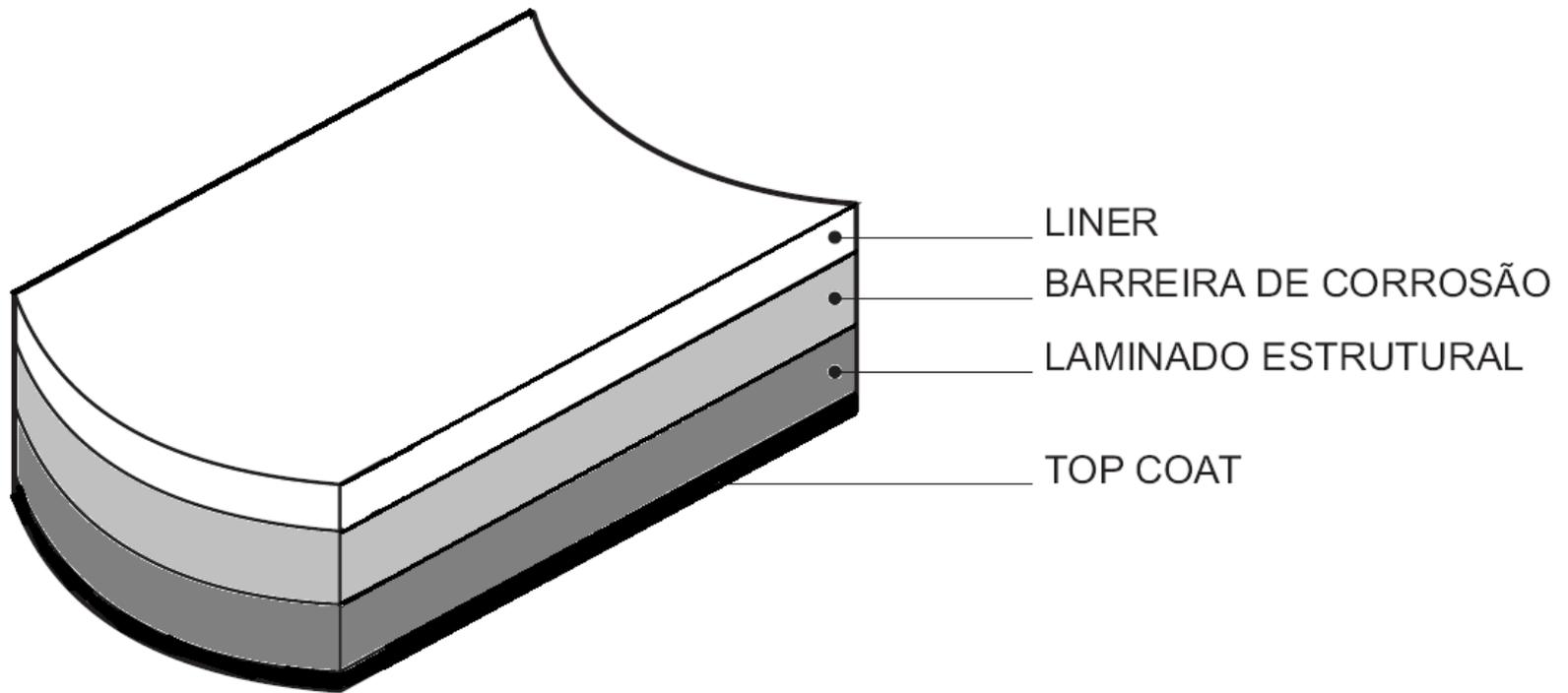


APLICAÇÕES

- Tanques de armazenagem
- Tanques e vasos de processo
- Tanques para petróleo e derivados
- Tanques de decapagem e metalização
- Torres de branqueamento para celulose
- Tampa de célula de cloro, coletores
- Filtros, dutos e lavadores de gases
- Tubulações para a indústria química
- Tubulações para esgoto
- Grades e perfis estruturais
- Revestimentos sobre aço e concreto
- Outros



CORTE TRANSVERSAL DA ESTRUTURA DE EQUIPAMENTOS DE COMPÓSITOS





DURABILIDADE DOS COMPÓSITOS

AMBIENTES AGRESSIVOS - PODER DE PENETRAÇÃO NOS LAMINADOS

SÃO DUAS CATEGORIAS:

-Ambientes não-penetrantes –

- produtos químicos: ácidos, bases, oxidantes, etc..
- atacam apenas a superfície dos compósitos, não penetram no laminado
- determinam a vida funcional

-Ambientes penetrantes –

- Água e solventes
- têm capacidade de atingir com rapidez todas as lâminas do compósito
- penetram em todas as laminas e afetam a vida estrutural por ruptura

❖ A vida funcional e a vida estrutural por ruptura dos compósitos são estudadas com base nesses dois ambientes.



QUANTIFICAÇÃO DA DURABILIDADE DOS COMPÓSITOS

✓ DOIS MODELOS PARA PREVER A DURABILIDADE

❑ VIDA FUNCIONAL

- Os produtos químicos não penetram nos laminados e causam apenas danos superficiais. Eles afetam o liner e a barreira de corrosão e determinam a vida funcional

❑ VIDA ESTRUTURAL

- A água penetra nos laminados e ataca as fibras de vidro. Ela é a única espécie química conhecida que afeta a vida estrutural por ruptura.



DEFINIÇÃO DE VIDA FUNCIONAL

- **VIDA FUNCIONAL:**

É O TEMPO QUE OS PRODUTOS QUÍMICOS LEVAM PARA PENETRAR NA BARREIRA DE CORROSÃO E ATACAR AS LAMINAS ESTRUTURAIS DO EQUIPAMENTO.

- ✓ **Não é afetada pelas solicitações mecânicas**

- ✓ **É afetada apenas pelos produtos químicos**

Nas aplicações industriais a vida funcional dos equipamentos é determinada pela durabilidade da barreira de corrosão.

A vida funcional dos compósitos define o intervalo entre as paradas para fazer manutenção.



DEFINIÇÃO DE VIDA ESTRUTURAL

- **VIDA ESTRUTURAL:**

É O TEMPO ENTRE INÍCIO DA OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO E A PERDA DE SUA CAPACIDADE DE SUPORTAR CARGAS MECÂNICAS

- ✓ Não é afetada pelos produtos químicos
- ✓ É afetada pelas solicitações mecânicas e pela água

Dois modos de falha estrutural:

- por ruptura - controlada pela ruptura das fibras
 - a ruptura das fibras implica em falha do equipamento -
- por descolamento fibra-resina - controlada pela interfase fibra-resina
 - exudação: permite o vazamento do fluído – importante para tubos -
 - perda de rigidez – importante para todas as estruturas de compósitos -



A VIDA FUNCIONAL DEPENDE:

- **DA RESINA USADA NO EQUIPAMENTO OU REVESTIMENTO**
- **DA NATUREZA, CONCENTRAÇÃO E TEMPERATURA DO AMBIENTE AGRESSIVO**
- **DA SEQUENCIA DE LAMINAÇÃO DAS FIBRAS DE VIDRO**
- **DA ESPESSURA DO LAMINADO**
- **DA QUALIDADE DA FABRICAÇÃO OU APLICAÇÃO**
- **DA CURA DA RESINA**



RESINAS DION

**Excepcional desempenho em ambientes agressivos:
Viniléster e Poliéster**

- | | |
|---|------------------|
| <input type="checkbox"/> Viniléster Epóxi de Bisfenol A | DION 9102 |
| <input type="checkbox"/> Viniléster Epóxi de alta reatividade | DION 9160 |
| <input type="checkbox"/> Viniléster Epóxi Novolac | DION 9400 |
| <input type="checkbox"/> Viniléster Modificada | DION 9800 |
|
 | |
| <input type="checkbox"/> Poliéster Bisfenólica | DION 6694 |
| <input type="checkbox"/> Poliéster Tereftálica | DION 490 |

EFEITO DA ÁGUA NO HDT

	ABSORÇÃO DE ÁGUA A 25°C	HDT SECO	HDT SATURADO
DION® 6694	0,40%	140°C	135°C
DION® 9400	1,20%	145°C	125°C
DION® 9800	0,30%	115°C	110°C
DION® 9102	0,80%	105°C	95°C



TEMPERATURA MÁXIMA EM AMBIENTES AQUOSOS

- **DION® 9102: $95^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 85^{\circ}\text{C}$**
- **DION® 9800: $110^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$**
- **DION® 9400: $125^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 115^{\circ}\text{C}$**
- **DION® 6694: $135^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 125^{\circ}\text{C}$**



AMBIENTES AGRESSIVOS

SELEÇÃO DE RESINAS PARA AMBIENTES AQUOSOS:

- ✓ **ÁCIDOS**
- ✓ **ALCALINOS**
- ✓ **OXIDANTES**



RESINAS PARA AMBIENTES ÁCIDOS

Ambientes	Temperatura de Trabalho		
	Até 85°C	Entre 85°C e 100°C	Acima de 100°C
Ácidos em Geral	<p>Epóxi Éster Vinílica de Bisfenol A DION 9102</p> <p>Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160</p> <p>Éster Vinílica Modificada DION 9800</p> <p>Bisfenol Fumárica DION 6694</p>	<p>Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160</p> <p>Éster Vinílica Modificada DION 9800</p> <p>Bisfenol Fumárica DION 6694</p>	<p>Bisfenol Fumárica DION 6694 *</p>
Ácidos com alto poder de penetração	<p>Bisfenol Fumárica DION 6694</p>	<p>Bisfenol Fumárica DION 6694</p>	<p>Bisfenol Fumárica DION 6694 *</p>

* Usar a tecnologia Split Liner

RESINAS PARA AMBIENTES ALCALINOS

Ambientes	Temperatura de Trabalho		
	Até 85°C	Entre 85°C e 100°C	Acima de 100°C
Álcalis em Geral	Bisfenol Fumárica DION 6694	Bisfenol Fumárica DION 6694	Bisfenol Fumárica DION 6694 *
	Éster Vinílica Modificada DION 9800	Éster Vinílica Modificada DION 9800	
	Épóxi Éster Vinílica de Bisfenol A DION 9102	Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160	
	Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160		

* Usar a tecnologia Split Liner

RESINAS PARA AMBIENTES OXIDANTES

Ambientes	Temperatura de Trabalho		
	Até 85°C	Entre 85°C e 100°C	Acima de 100°C
Oxidantes em Geral	Bisfenol Fumárica DION 6694	Bisfenol Fumárica DION 6694	Bisfenol Fumárica DION 6694 *
	Éster Vinílica Modificada DION 9800	Éster Vinílica Modificada DION 9800	
	Épóxi Éster Vinílica de Bisfenol A DION 9102	Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160	
	Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160		

* Usar a tecnologia Split Liner



Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

- **TECNOLOGIA SPLIT LINER**
- **REABILITAÇÃO DE COMPÓSITOS**
- **REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE AÇO**



TECNOLOGIA SPLIT LINER

- ❑ Os Liners ricos em resina são usados para retardar a penetração dos produtos químicos, mas podem trincar em ambientes muito agressivos e em altas temperaturas
- ❑ A barreira de corrosão não trinca, mas é menos eficiente que o liner para retardar a penetração do ambiente
- ✓ **O SPLIT LINER COMBINA OS PONTOS FORTES DO LINER CONVENCIONAL E DA BARREIRA DE CORROSÃO**



A TECNOLOGIA SPLIT LINER

- ❑ **O QUE É O SPLIT LINER?**
- ✓ **É a proteção do liner feita com mantas de fibras picadas ou com fibras tecidas**
- ✓ **O liner é impedido de trincar pela lâmina de fibras picadas laminada sobre ele**
- ✓ **A MANTA APLICADA DEPOIS DO VÉU FICA EM CONTATO COM O AMBIENTE E IMPEDE EVENTUAL TRINCA**
- ✓ **O LINER FICA ASSIM PROTEGIDO CONTRA TRINCAS**

CONSTRUÇÃO DO SPLIT LINER



**Liner
Convencional**



Split Liner



TECNOLOGIA SPLIT LINER

- **QUANDO UTILIZAR:**
 - ✓ **Em temperaturas muito altas que exigem resinas de baixa tenacidade**
 - **Temperaturas acima de 100°C exigem resinas de alto HDT**
 - ✓ **Em ambientes extremamente agressivos que trincam resinas de alta tenacidade mesmo em temperaturas baixas**
 - **Temperaturas abaixo de 100°C aceitam resinas de baixo HDT**



DUAL SPLIT LINER

- **USAR SE O AMBIENTE FOR:**
 - ✓ **MUITO AGRESSIVO À RESINA**
 - ✓ **EQUIPAMENTO TRABALHAR SOB FLEXÃO**
 - ✓ **SUSCETÍVEL A FALHA POR STRAIN CORROSION**

CONSTRUÇÃO: DIVIDIR O LINER EM DOIS

- **LINER I**
- **LINER II**

CONSTRUÇÃO DO DUAL SPLIT LINER



**Duplo Liner
Convencional**



**Dual
Split Liner**



TECNOLOGIA SPLIT LINER PARA REVESTIMENTOS



**Liner
Convencional**



Split Liner



**Dual
Split Liner**



USO DA TECNOLOGIA SPLIT LINER

Ambientes	Baixas Temperaturas	Altas Temperaturas (acima de 100°C)
Pouco Agressivos	<p>Não precisa usar Ambientes pouco agressivos em baixas temperaturas não trincam o liner</p>	<p>Recomendado usar Mesmo sendo ambiente pouco agressivo, o liner com resina de alto HDT pode trincar em altas temperaturas</p>
Muito Agressivos	<p>Recomendado usar Mesmo em baixas temperaturas, os ambientes muito agressivos podem trincar o liner</p>	<p>Necessário usar Ambientes muito agressivos, combinados com alta temperaturas, certamente trincam o liner</p>



Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

REABILITAÇÃO ESTRUTURAL EM TANQUES PRFV / COMPOSITES

- ❖ dimensionamento e aplicação de remendos estruturais para restaurarem a capacidade estrutural de tanques.



INOVAÇÃO NA TECNOLOGIA DOS COMPÓSITOS COM RESINAS DION

✓ ESTRUTURAS DE PRFV / COMPOSITES

- Reparo no Liner – não são estruturais
- Reparo na Barreira de Corrosão – não são estruturais
- Reparo no Laminado Estrutural – precisam ser dimensionados
- ✓ Danos generalizados – não deve ocorrer / manutenção da BC
- ✓ Danos Localizados – causa acidental:
 - *total ou passante* – todas laminas são danificadas
 - *parcial ou não passante* – algumas laminas são danificadas



Equipamento que sofreu intervenção

Tanque fabricado em material compósito com 7,5 m de altura e 3,0 m de diâmetro, usado para armazenar formol na temperatura de 60/65°C.





Descrição do problema

Ocorreu falha no respiro que levou à formação de vácuo e ao colapso do tanque por instabilidade elástica.

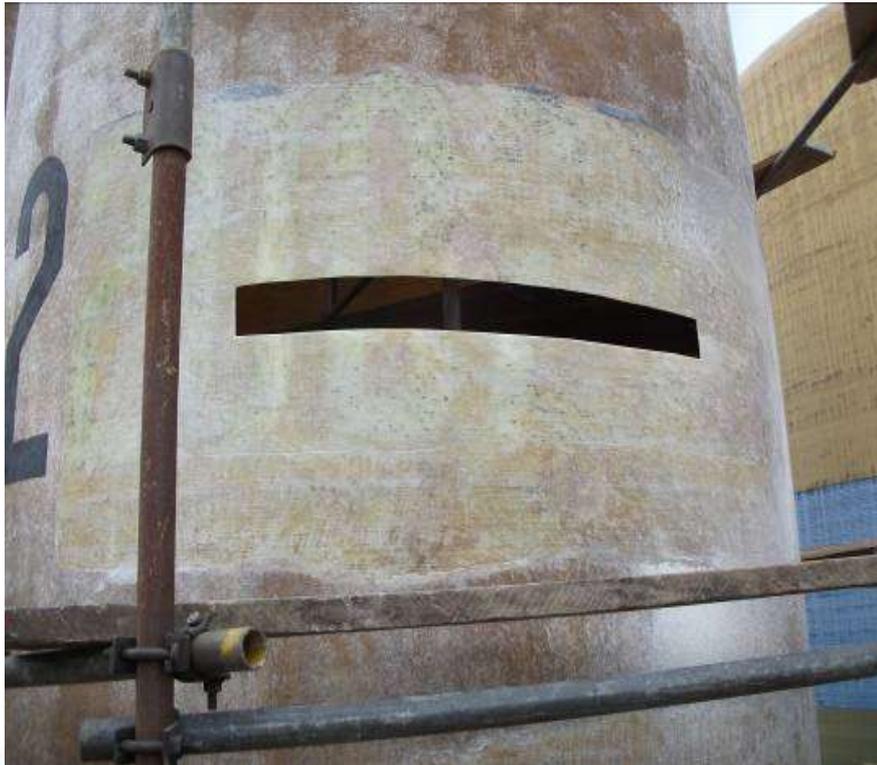
Com a geometria cilíndrica original do tanque restabelecida ficou evidenciado as trincas circunferenciais e axiais, do tipo passante.





Execução do Reparo

A intervenção foi realizada no costado do tanque nas regiões das trincas. As regiões danificadas foram cortadas e removidas. As Fotos mostram as janelas produzidas pelos cortes e as áreas lixadas na estrutura do tanque.



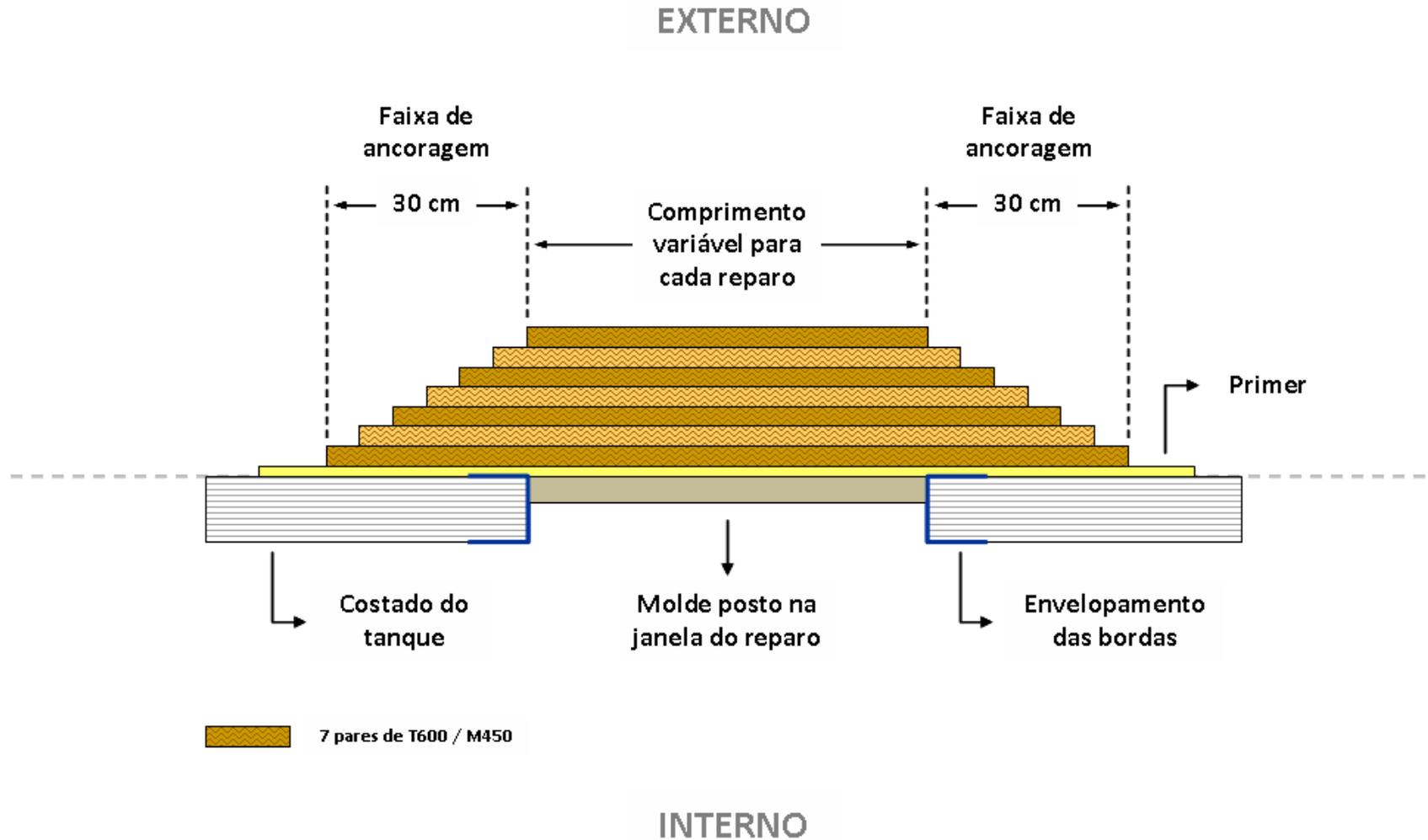


Dimensionamento do reparo

- O remendo foi feito combinando pares de mantas M450 e de tecidos T600. A quantidade desses pares é determinada para dar ao reparo rigidez 50% maior que a do laminado estrutural que foi removido.
- Os cálculos para o dimensionamento dos reparos, foram feitos por Antonio Carvalho. Trata-se de um trabalho inédito de reabilitação estrutural de equipamentos em compósitos.
- Os cálculos mostraram que:
 - ✓ O reparo estrutural deve ter $M = 7$ lâminas M450 e $T = 7$ tecidos T600.
 - ✓ A espessura total do reparo deve ser 13,30 mm
 - ✓ Comprimento da faixa de Ancoragem $\Delta = 30$ cm



Corte esquemático do reparo estrutural (croqui sem escala)





Instalação dos moldes

Os reparos são laminados sobre moldes de fibra de vidro encaixados e faceados externamente nos vãos, acompanhando a curvatura original do equipamento.





Aplicação do reforço estrutural

A reabilitação estrutural do tanque foi executada pelo lado externo. Os tecidos e as mantas foram impregnados com resina DION 9800.





Aplicação do reforço estrutural

- Vista da faixa de ancoragem
- Vista do reparo terminado com resina DION 9800.





TOPCOAT

Reabilitação concluída com aplicação de topcoat de resina DION 9800





Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

“REABILITAÇÃO ESTRUTURAL”

ESTRUTURAS DE AÇO

- Tanques
- Tubos



INOVAÇÃO NA TECNOLOGIA DOS COMPÓSITOS COM RESINAS DION

✓ ESTRUTURAS DE AÇO

- Reabilitação das condições de integridade e segurança da estrutura
- Recomposição das seções mínimas das chapas
- Correções específicas em locais de corrosão avançada
- Reconstituição da capacidade de suporte aos esforços físicos



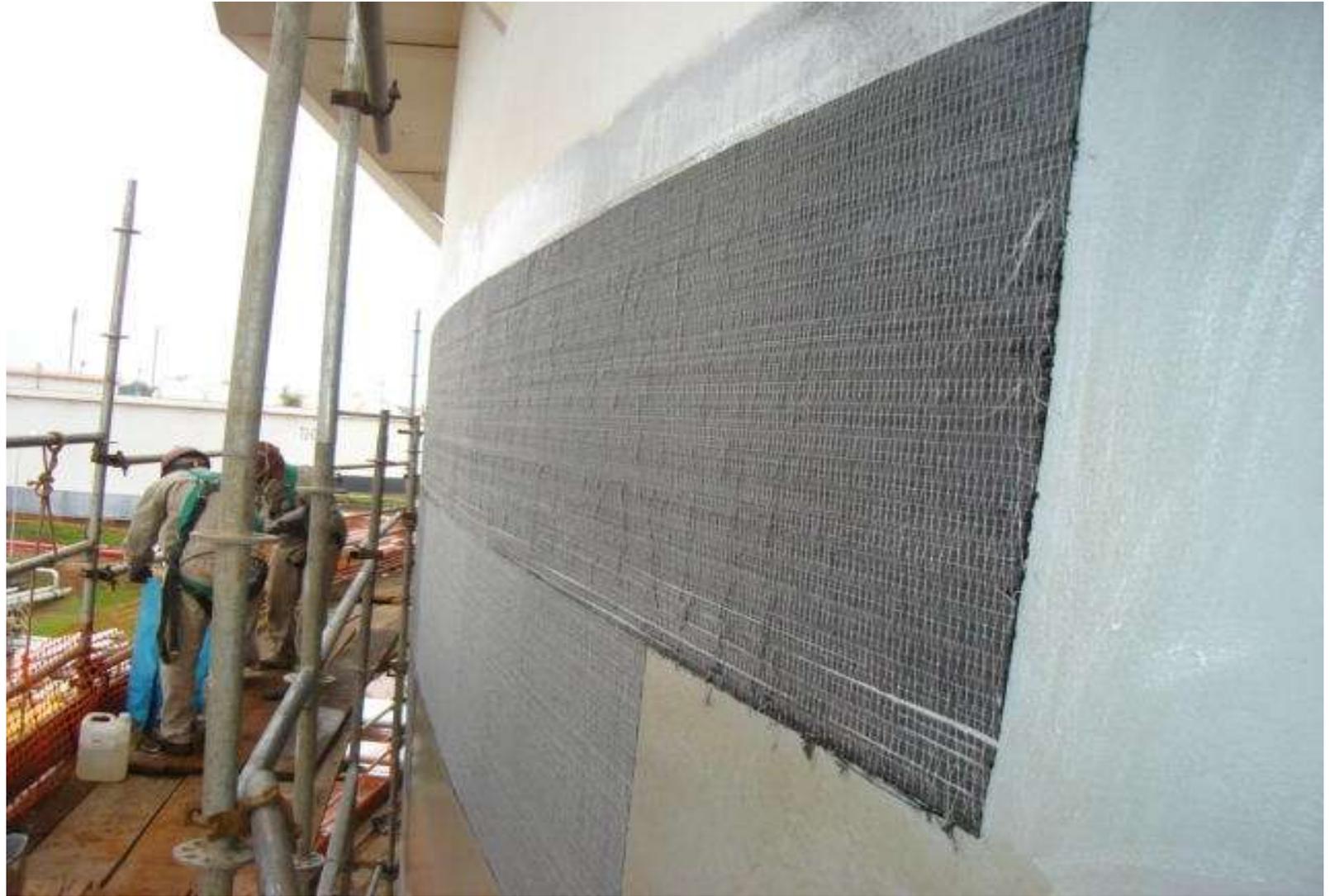
Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

➤ REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE AÇO

Tanques em Refinarias de Petróleo





















Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

➤ REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE AÇO

TUBOS EM REFINARIA

- Linha de Tocha - Flare





25 8 2008

REICHHOLD







Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

➤ REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE AÇO

TUBOS NA PRODUÇÃO PETRÓLEO

- Tubos de recebimento de óleo dos poços

REICHHOLD







REICHHOLD



REICHHOLD



REICHHOLD





OBRIGADO!

WWW.REICHHOLD.COM

Everywhere Performance Matters

OLAVO@SKILLSONLINE.COM.BR

(11)9.9958-4814

REICHHOLD

Everywhere Performance Matters