



# 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

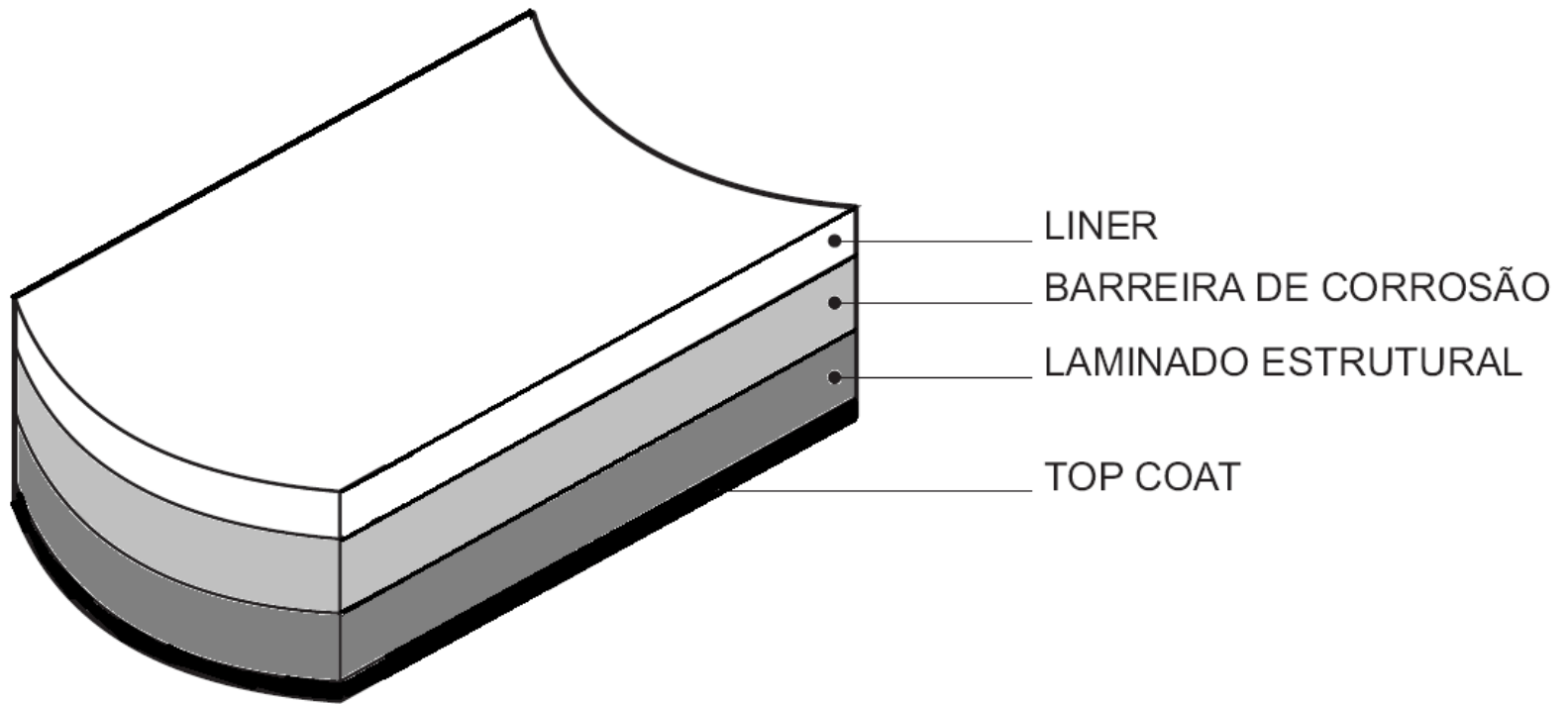


## APLICAÇÕES

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

## EFEITO DA ÁGUA NO HDT

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



## 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
<b>Ácidos em Geral</b>	<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>
<b>Ácidos com alto poder de penetração</b>	<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
<b>Álcalis em Geral</b>	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
<b>Oxidantes em Geral</b>	<b>Bisfenol Fumárica DION 6694</b>	<b>Bisfenol Fumárica DION 6694</b>	<b>Bisfenol Fumárica DION 6694 *</b>
	<b>Éster Vinílica Modificada DION 9800</b>	<b>Éster Vinílica Modificada DION 9800</b>	
	<b>Épóxi Éster Vinílica de Bisfenol A DION 9102</b>	<b>Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160</b>	
	<b>Epóxi Éster Vinílica altas Temperaturas DION 9160</b>		

\* 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**





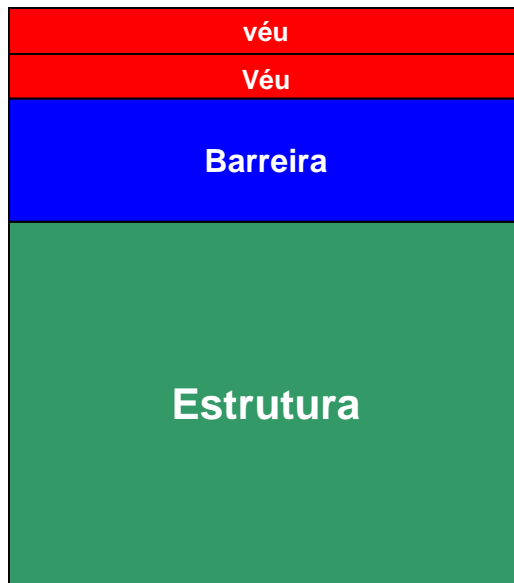
## DUAL SPLIT LINER

- **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><b>Não precisa usar</b> Ambientes pouco agressivos em baixas temperaturas não trincam o liner</p>	<p><b>Recomendado usar</b> Mesmo sendo ambiente pouco agressivo, o liner com resina de alto HDT pode trincar em altas temperaturas</p>
Muito Agressivos	<p><b>Recomendado usar</b> Mesmo em baixas temperaturas, os ambientes muito agressivos podem trincar o liner</p>	<p><b>Necessário usar</b> 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.



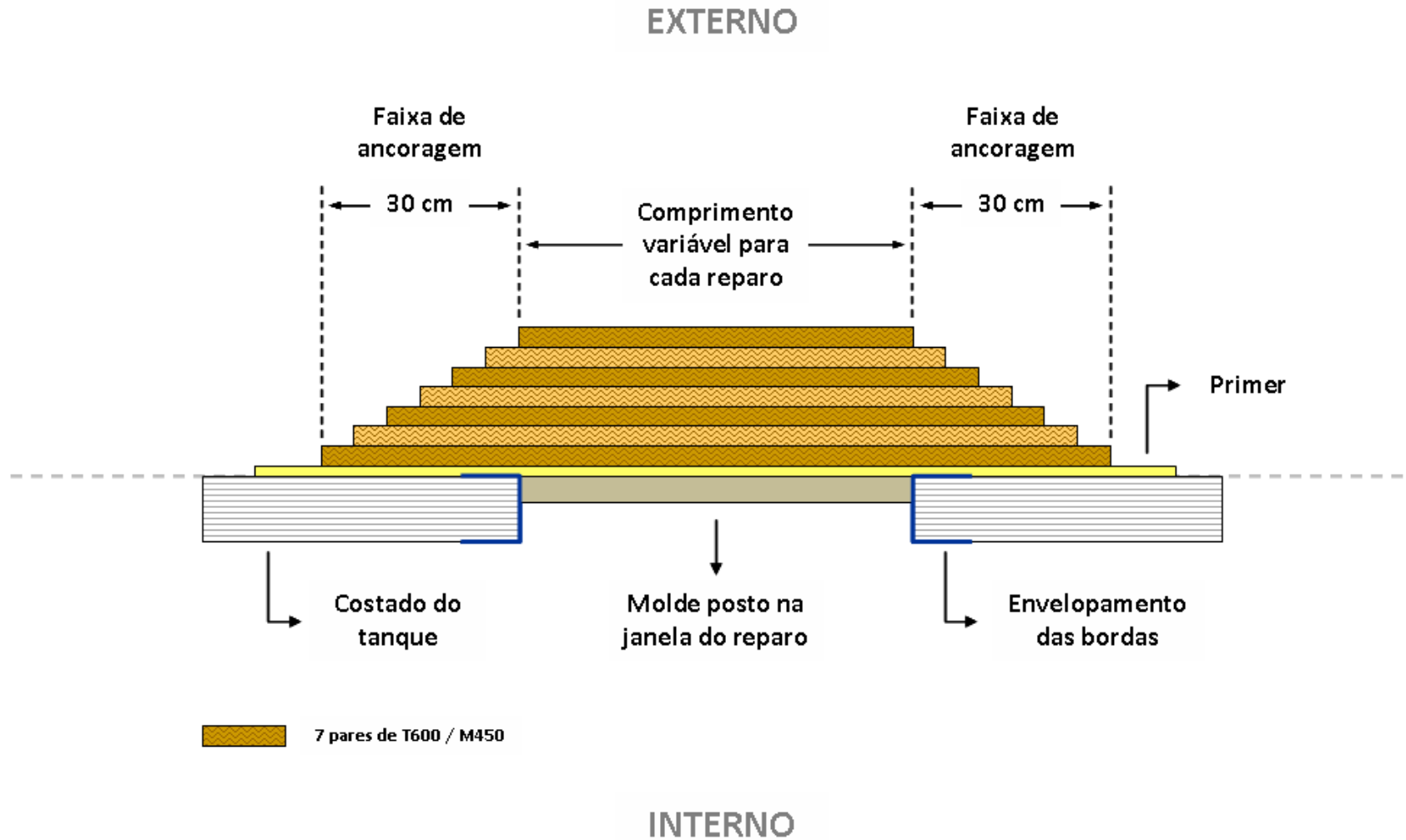


## Dimensionamento do reparo

- 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



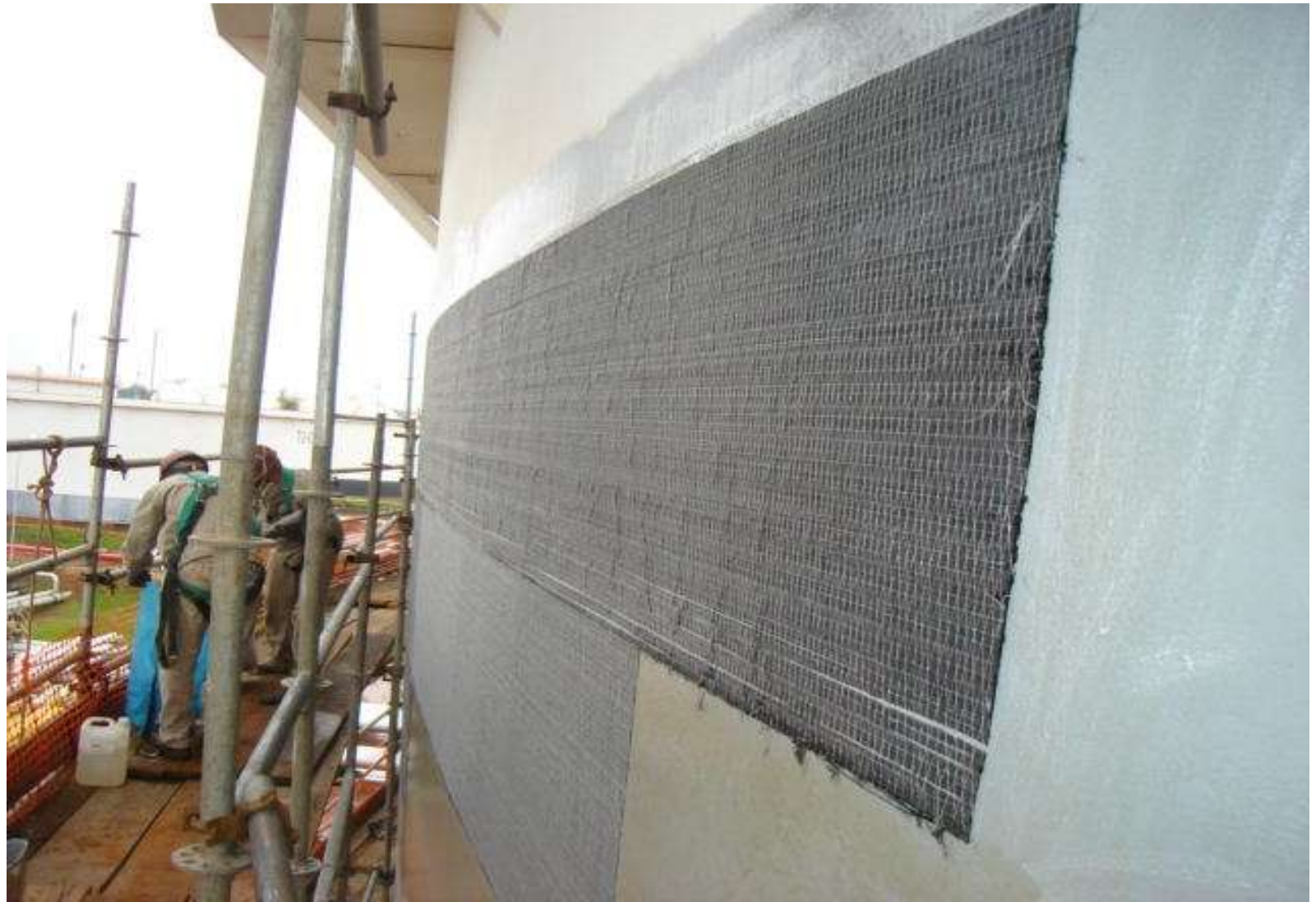
# Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

## ➤ REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE AÇO

**Tanques em Refinarias de Petróleo**























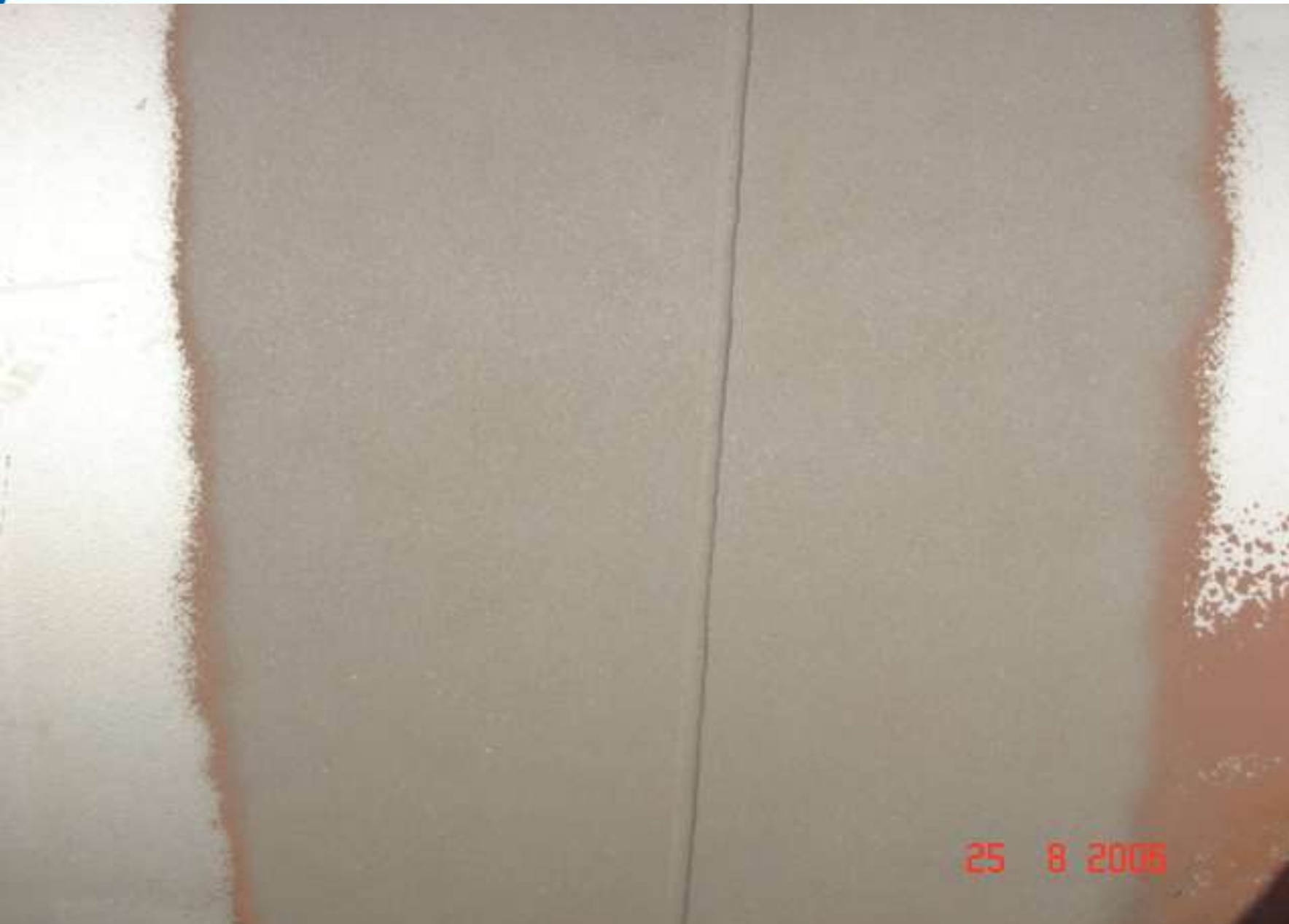
# Inovação na Tecnologia dos Compósitos com Resinas DION

## ➤ 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](http://WWW.REICHHOLD.COM)

*Everywhere Performance Matters*

OLAVO@SKILLSONLINE.COM.BR

(11)9.9958-4814

**REICHHOLD**

*Everywhere Performance Matters*