

Influência do Teor de Sais Solúveis Presentes no Aço Carbono no Desempenho Anticorrosivo de um Sistema de Pintura Epóxi Multicamada

Camila Aparecida Zimmermann



- INTRODUÇÃO
- OBJETIVO
- ETAPAS DO TRABALHO
- MATERIAL E MÉTODO
- RESULTADOS
- CONCLUSÃO

Introdução

O inimigo de um sistema de pintura



Introdução

- Mayne, 1959:
 - A falha prematura de um sistema de pintura ocorre ao se atingir um teor crítico de sais solúveis
- Pesquisadores ao redor do mundo iniciaram a busca por este teor crítico
- E depois de todo esse tempo...



Introdução

Teores críticos de sais solúveis para sistemas de pintura Epóxi

Espessura total da camada seca (EPS) (μm)	mg NaCl/ m^2		Referência
	Seguro	Risco de falha	
Não informada; 2 demãos	< 10	10	Dekker et al.*
130	82	165	Weldon et al.*
150 – 200	<164	262	SSPC91-07*
Não informada; 2 demãos	<115	820	
>200	<164	>410	Fabricantes de tintas*
200	<164	>410	
>150	<410	>820	
260 \pm 10; 2 demãos	115	164	Baek et al., 2006
300; 2 demãos	<100	200	Lee et al., 2010
284 \pm 35; 2 demãos	<20	>20	Axelsen and Knudsen, 2011

*Fonte: ISO/ TR 15235 (2001).

Introdução



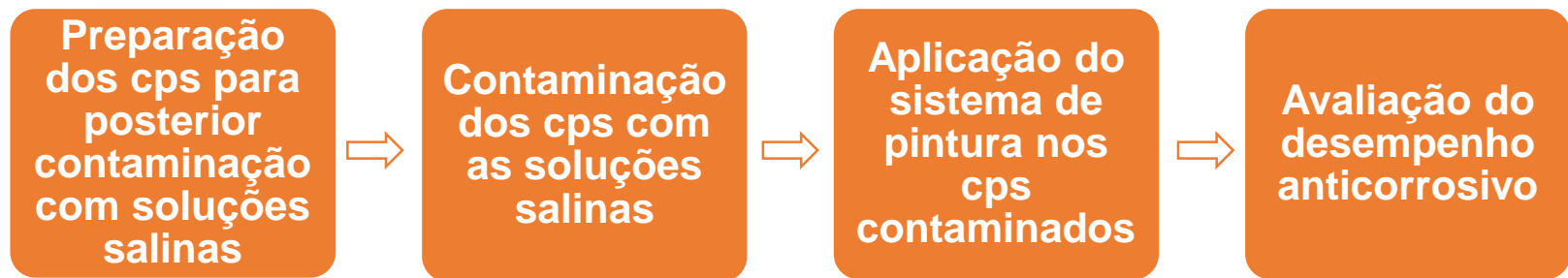
Qual é o teor de sais solúveis seguro para um sistema de pintura?

Objetivo

- Avaliar a influência do teor de sais solúveis sobre o desempenho de um sistema de pintura epóxi multicamada aplicado em aço carbono nas seguintes faixas:

Condição	Faixa proposta de teor de sais	Referência normativa
A	Substrato com teor até 20 mg NaCl /m ²	Norsok M-501 (2012), tabela 3 – salt test
B	Substrato com teor entre 21 e 50 mg NaCl /m ²	IMO PSPC MSC.215(82) (2006), tabela 1 – item 2.2
C	Substrato com teor entre 51 e 100 mg NaCl /m ²	ISO/ TR 15235 (2001) - Anexos B e C

Principais etapas do trabalho



Preparação dos corpos de prova (CPS) p/ contaminação

Preparação dos cps para posterior contaminação com soluções salinas

Desengraxe

Jateamento

Conferência do perfil de rugosidade

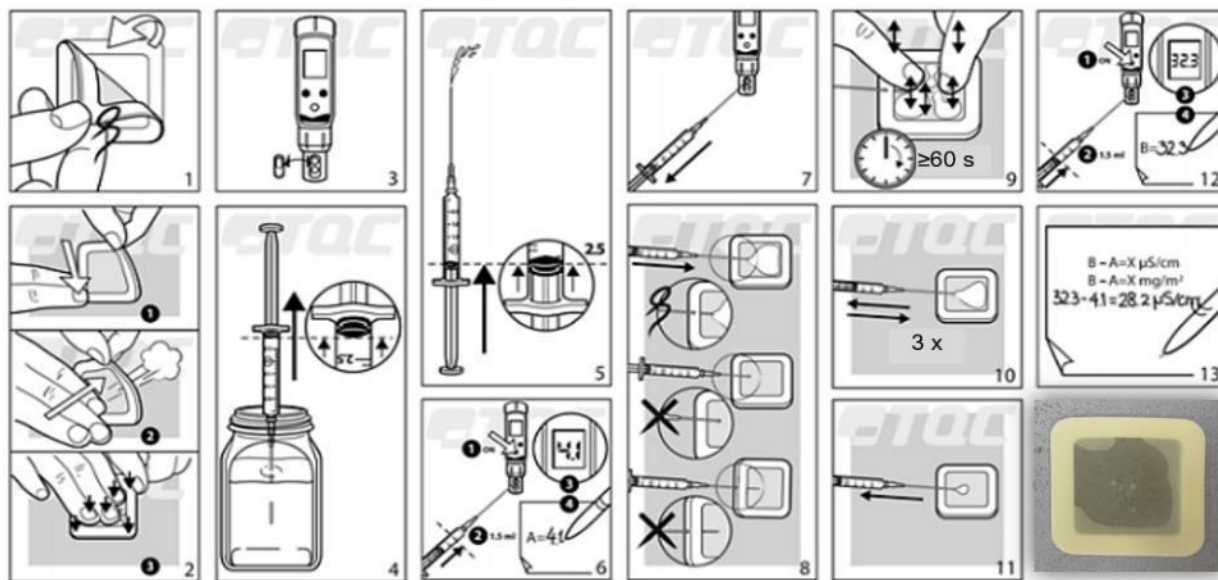
Determinação do teor de sais solúveis pré-existente

- Desengraxe com estopas e xileno;
- Jateamento com granalhas de aço ao padrão Sa 2,5;
- Conferência e ajuste do perfil de rugosidade (50 – 80 μm).



Determinação do teor de sais solúveis pré-existente

- Escolha aleatória de 2 cps para verificação do teor de sais pré-existente



Fonte: Adaptado de TQC (2016)

Resultados da Determinação do teor de sais solúveis pré-existente

Corpo de prova nº	1	2
ρ_a medido (mg NaCl/ m ²)	12,9	13,8
ρ_a médio (mg NaCl/ m ²)	13,4 ± 0,8	

Contaminação dos corpos de prova (cps)

Contaminação dos cps com as soluções salinas

Preparação das soluções salinas metanólicas

Contaminação dos cps com as soluções salinas

Determinação do teor de sais solúveis nos cps contaminados

- Cálculo da concentração:

$$c = \frac{\rho_A \cdot A}{v}$$

Onde:

c : é a concentração da solução **metanólica** de contaminação, g NaCl/ L;

ρ_A : teor de sais solúveis desejado, em mg de NaCl/ m²;

A : é a área de uma face de teste do cp, em m² e;

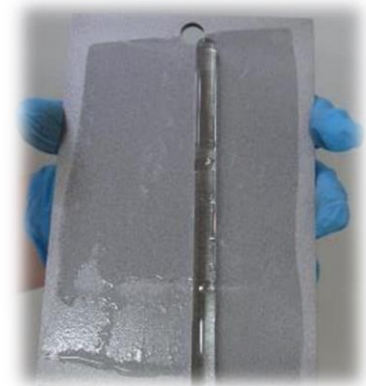
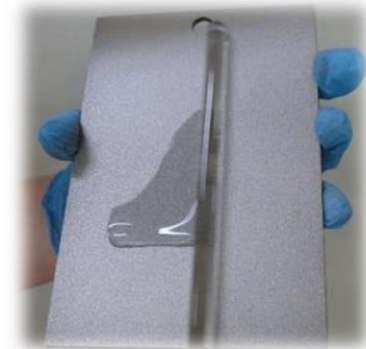
v : é o volume, para espalhamento, em mL.

Resultados do cálculo para contaminação dos cps

Condição	Dimensões do corpo de prova (mm)	A (m ²)	ρ_a teórica (mg NaCl /m ²)	v (mL)	c (g NaCl/ L)
B	100 x 150	0,01500	40	0,8	0,750
	75 x 150	0,01125	40	0,6	
C	100 x 150	0,01500	100	0,8	1,875
	75 x 150	0,01125	100	0,6	

Contaminação dos corpos de prova (cps)

- Preparação da solução metanólica;
- Medição do volume determinado, com pipeta graduada;
- Transferência para a superfície a ser contaminada;
- Espalhamento com bastão de vidro por toda a superfície;
- Secagem por 3 min a 70°C, em estufa;
- Ambos os lados dos cps.



Determinação do teor de sais solúveis após contaminação

Condição	A		B		C	
ρ_a proposto (mg NaCl/ m ²)	Até 20		Entre 21 e 50 (Calculado para 40)		Entre 51 e 100 (Calculado para 100)	
Corpo de prova nº	1	2	1	2	1	2
ρ_a medido (mg NaCl/ m ²)	12,9	13,8	47,8	48,9	90,5	102,0
ρ_a médio (mg NaCl/ m ²)	13,4 ± 0,8 ✓		48,4 ± 0,8 ✓		96,2 ± 8,1 ✓	

Aplicação do sistema de pintura

Aplicação do sistema de pintura nos cps contaminados

Preparação das tintas para aplicação

Aplicação das tintas nos cps contaminados

Determinação da espessura da camada seca

150 μ m *Primer-acabamento epóxi amina Branco N 9*



Seleção e preparação dos cps p/ teste

Avaliação do desempenho anticorrosivo

Seleção dos cps para os ensaios

Preparação dos cps para os ensaios físico-químicos

Realização dos ensaios físico-químicos

- Lado de teste selecionado cfme critérios ISO 19840 (2012)
- Identificação;
- Proteção das bordas (exceto aderência por tração);
- Inserção de defeitos intencionais (exceto aderência por tração).

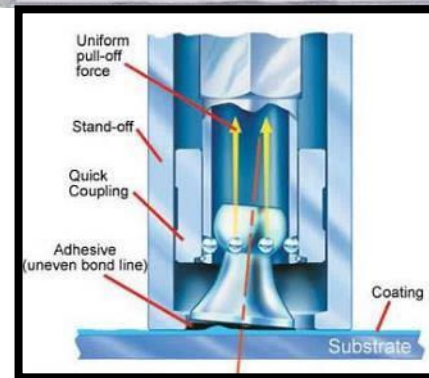
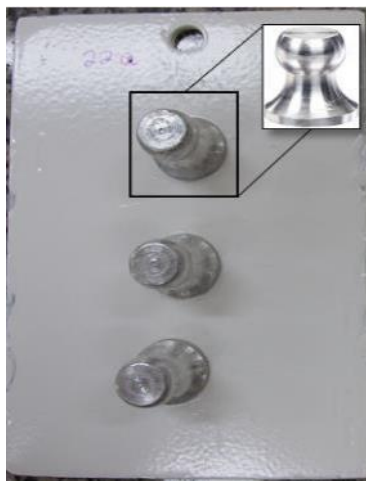


Ensaio de desempenho

Ensaio	Norma de referência	Duração estimada do teste (h)	Dimensões dos cps (mm)	Nº de cps por condição
Aderência por tração	ISO 4624 (2002)	24	100 x 150 x 3	1
Descolamento catódico por corrente impressa	ASTM G-8 (1996)	720	100 x 150 x 3	3
Imersão em água deionizada a 40 °C	ISO 2812-2 (2007)	3000	100 x 150 x 3	3
Corrosão cíclica	ISO 20340 (2009)	4200	100 x 75 x 3	3

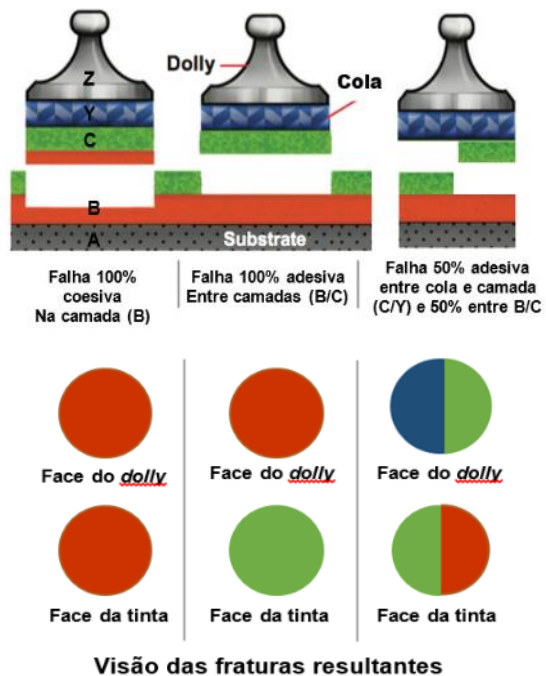
Aderência por tração

- Para verificação de falha adesiva na interface

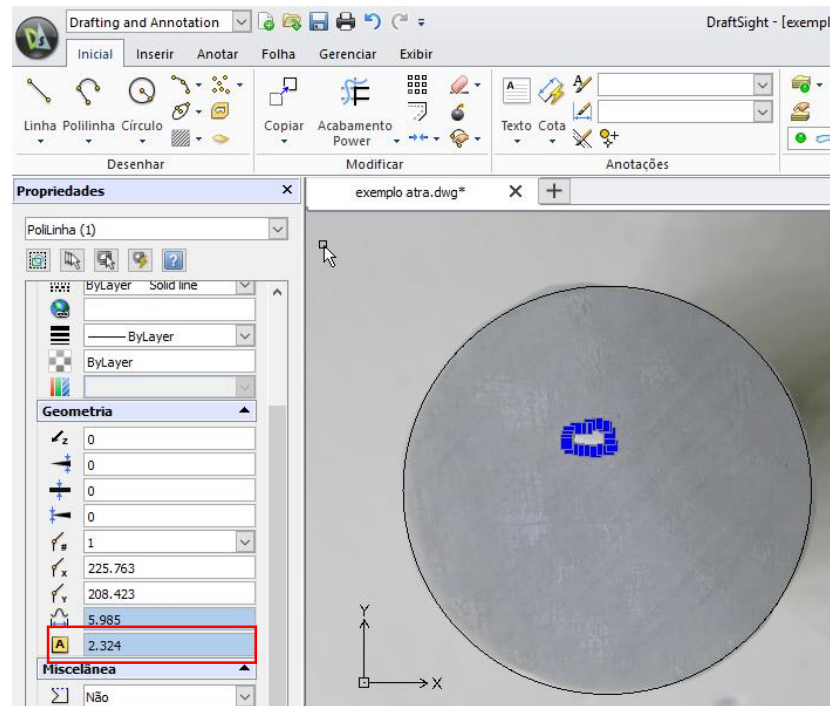


https://www.gardco.com/images/adhesion/positest/align_layers.jpg

Aderência por tração



Fonte: Adaptado de Defelsko
(<http://www.defelsko.com/adhesion-tester/positest-ata.htm>) [2016]



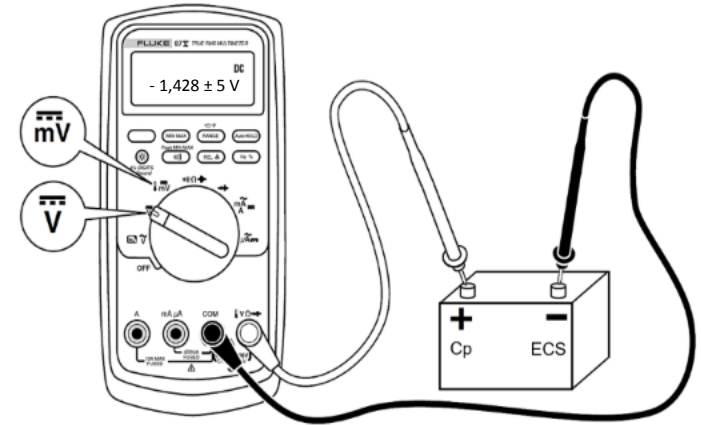
Resultados da aderência por tração

Cond.	Corpo de prova	EPS (μm)	Aderência por tração		
			Dolly 01	Dolly 02	Dolly 03
A	38b	291 – 302	5,68 MPa 98,2% C/Y; 1,8% Y/Z	5,26 MPa 100% C/Y	5,17 MPa 0,4% B/C; 99,6% C/Y
B	22a	277 – 324	10,66 MPa 100% C/Y	9,05 MPa 100% C/Y	9,69 MPa 100% C/Y
C	05a	314 – 333	8,65 MPa 100% C/Y	8,81 MPa 0,2% A/B; 0,5% B/C; 99,3% C/Y	7,49 MPa 100% C/Y

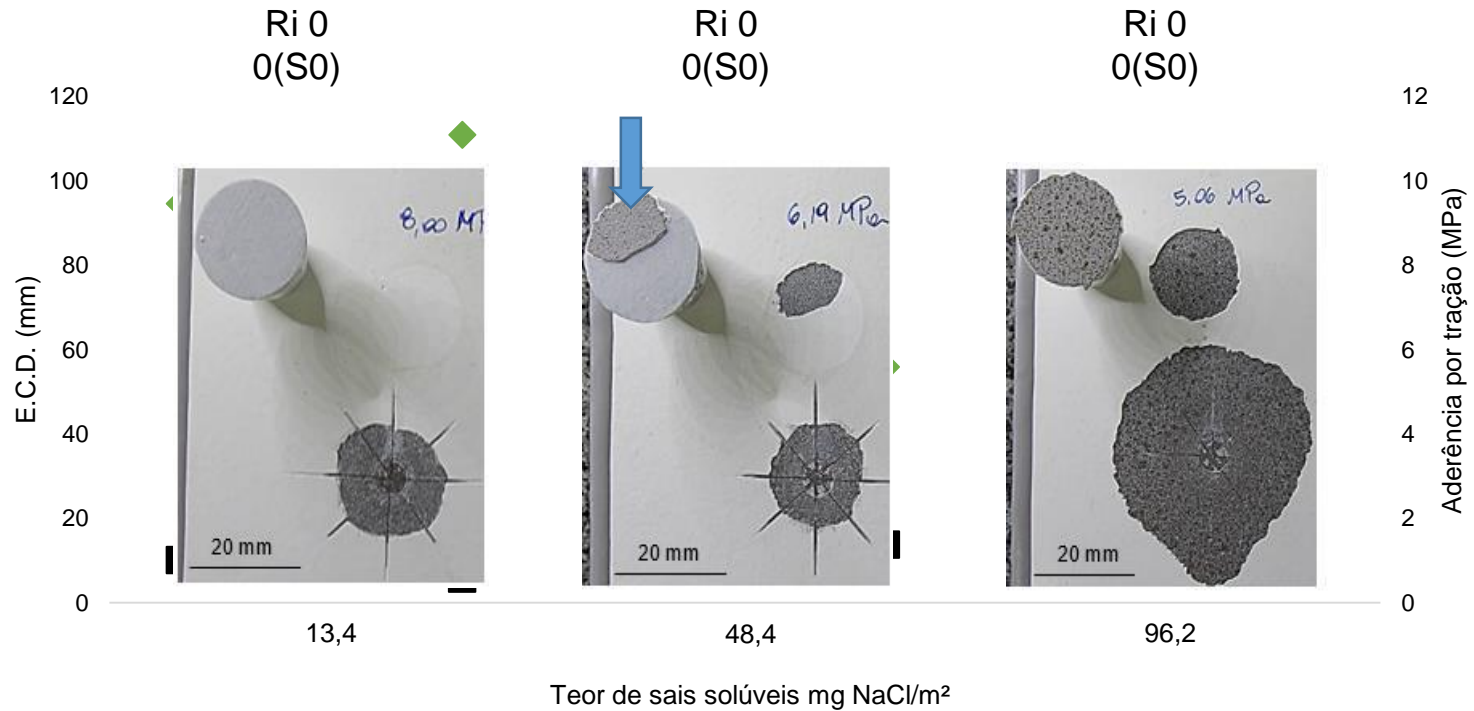


Descolamento catódico

- Avaliação do desempenho anticorrosivo diante de polarização



Resultados de descolamento catódico



■ ECD (mm) — Média ◆ Aderência (MPa) — Média

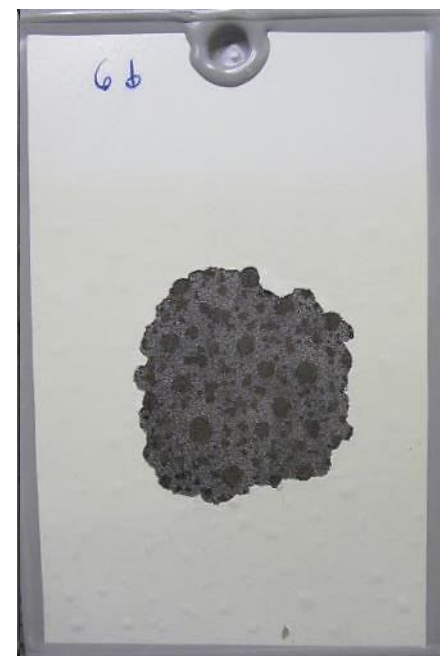
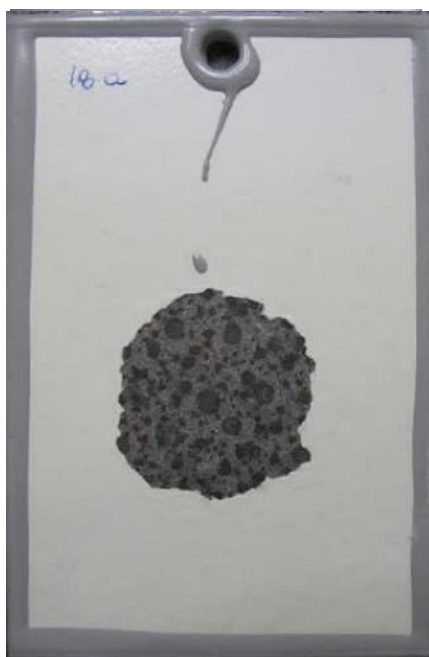
Imersão em água deionizada a 40 °C

- Condição crítica para osmose



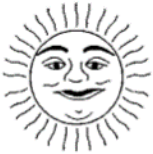

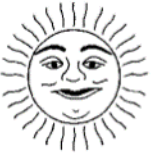



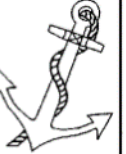

Resultados de Imersão em água deionizada a 40 °C

- Apenas 480 h de teste



Corrosão cíclica

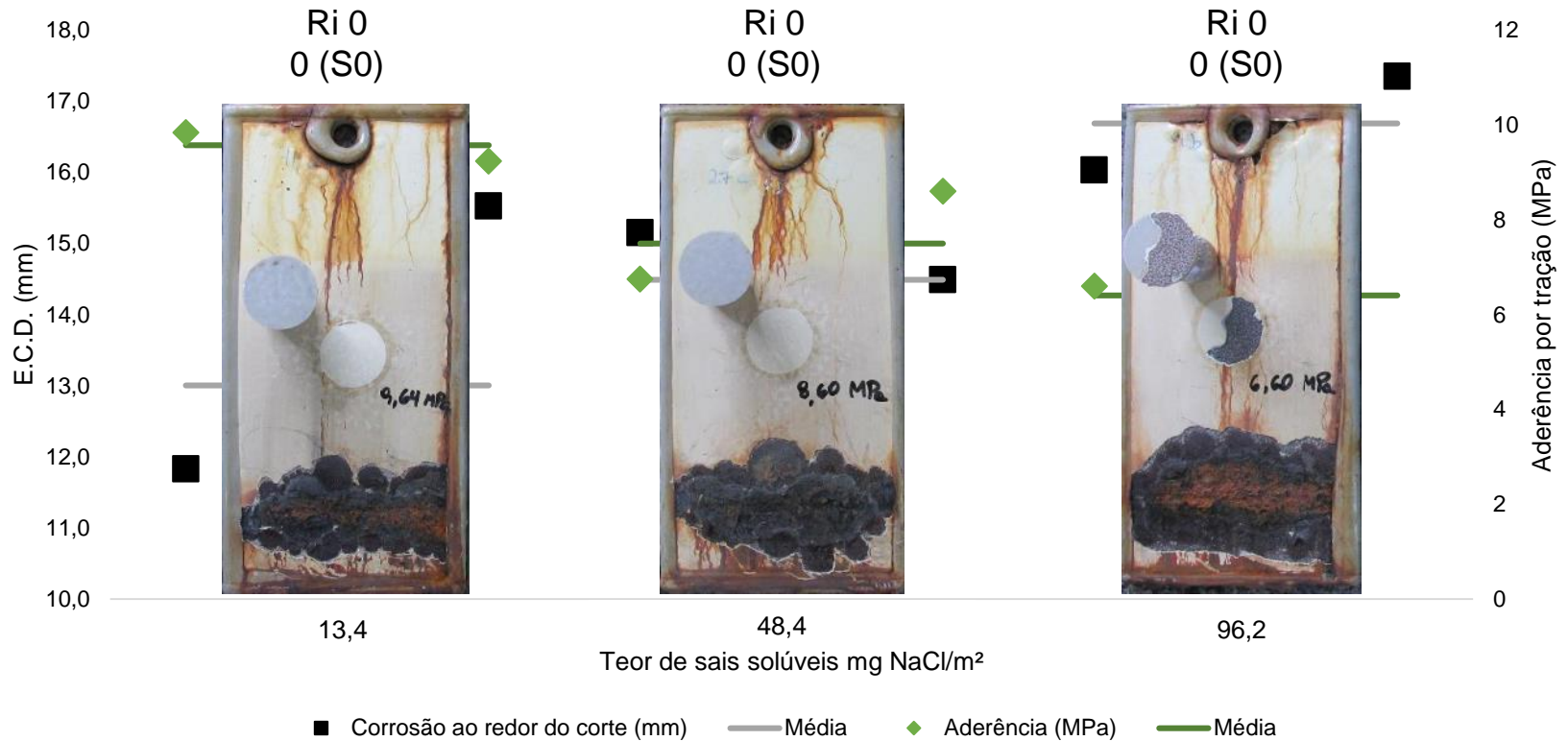
- Simulação do intemperismo natural

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
UV/condensation — ISO 11507			Salt spray — ISO 9227			Low-temp. exposure at $(-20 \pm 2) ^\circ\text{C}$
						
						

Fonte: ISO 20340 (2009)



Resultados da corrosão cíclica



Conclusões

- A aderência por tração, sem qualquer exposição a uma atmosfera corrosiva, não fornece resultados em resposta ao teor de sais solúveis;
- Para o plano de pintura estudado, um teor de sais solúveis acima de 20 mg NaCl/m² comprometeu significativamente o desempenho anticorrosivo;
- Em descolamento catódico e corrosão cíclica, as falhas ocorreram proporcionalmente aos teores de sais;
- Não é possível definir um teor crítico de sais solúveis satisfatório e seguro mesmo para um único sistema de pintura;

Conclusões

- O comportamento de um sistema de pintura é dependente do método de ensaio, das condições de exposição e à própria composição e qualidade das matérias-primas das tintas;
- Produtos comercialmente semelhantes podem apresentar desempenho completamente diferentes;
- A escolha de um teor máximo de sais solúveis deve ser feita com cautela, com base um protocolo de testes adequado;
- Conforme observado, a prática mais recomendável seria trabalhar no **menor teor de sais solúveis possível.**

OBRIGADA!



Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE
Departamento de Engenharia Química



Influência do Teor de Sais Solúveis Presentes
no Aço Carbono no Desempenho
Anticorrosivo de um Sistema de
Pintura Epóxi Multicamada

Acadêmica: Camila Aparecida Zimmermann
Orientadoras: Maria Inês Siqueira Araújo e
Márcia Luciane Lange Silveira