

Compostos solúveis em superfícies a serem pintadas

Autor: Celso Gnecco

atualizado em abril de 2024

Resumo

Este artigo aborda como a presença de compostos solúveis em uma superfície a ser pintada, pode prejudicar o desempenho da tinta ou do esquema de pintura. A interferência depende da quantidade e do tipo de contaminante presente. Os mais comuns são os sais. Os ambientes mais críticos são os **industriais** onde existe grande número de fábricas poluidoras que lançam na atmosfera gases como o Anidrido Sulfuroso e os à **beira mar** onde há presença de névoa salina intensa. Os sais no ambiente industrial são principalmente os Sulfatos e no ambiente marítimo são os Cloretos. O artigo fala também sobre o principal problema que os sais causam nas pinturas, como bolhas e sobre os principais métodos para determinação dos níveis de contaminação nas superfícies a serem pintadas.

Abstract

This article discusses how the presence of soluble compounds on a surface to be painted can impair the performance of the paint or paint system. Interference depends on the amount and type of contaminant present. The most common are salts. The most critical environments are the industrial ones, where there are a large number of polluting factories that release gases such as Sulfurous Anhydride into the atmosphere, and those by the sea, where there is the presence of intense salt spray. Salts in the industrial environment are mainly Sulphates and in the marine environment they are Chlorides. The article also talks about the main problem that salts cause in paints, such as blisters, and about the main methods for determining contamination levels on surfaces to be coated.

Corrosividade do meio ambiente

Os compostos solúveis presentes nos produtos de corrosão dependem do meio em que a superfície metálica é exposta. Assim, se o ambiente, segundo as normas **ABNT NBR 14643 (01)**, **ISO 12944-2 (02)** e **ISO 9223 (03)**, é urbano de alta intensidade de tráfego e áreas costeiras e industriais com moderada salinidade (**C4** - alta corrosividade) ou industrial com alta umidade e atmosfera agressiva (**C5** – muito alta corrosividade), nestas duas Categorias de Corrosividade, **C4** e **C5**, a maior parte dos compostos presentes nos produtos de corrosão é de sulfatos por causa do Anidrido Sulfuroso (SO₂) originado na queima de combustíveis contendo enxofre e a beira mar, a predominância é de Cloretos. A composição da água do mar (Oceano Atlântico) é em geral 96,5% de água e 3,5% de sais, ou seja, cada Litro de água do mar contém aproximadamente 35 g de sais, dos quais, cerca de 85% é o Cloreto de Sódio (NaCl) **(04)**. A névoa salina que é o “spray” de água do mar formado na rebentação das ondas é um eletrólito forte e sua presença no ar depende da geografia e dos ventos da região. Nas ilustrações abaixo, todas obtidas na Revista Veja, podem ser vistos os exemplos dos três ambientes citados:

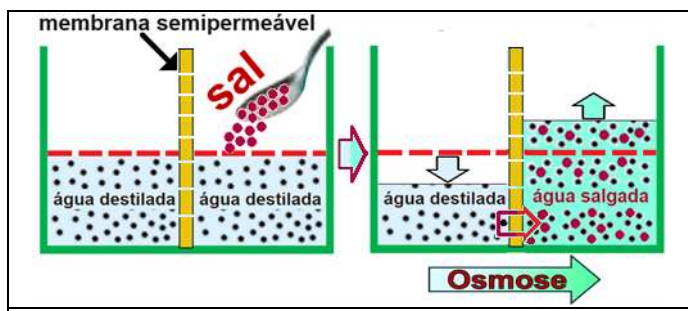
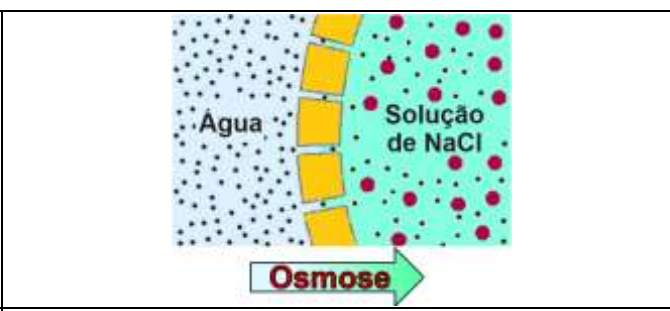
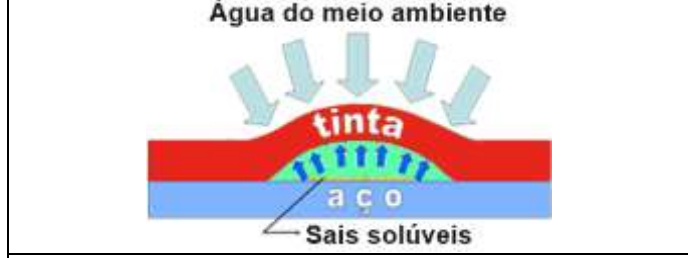
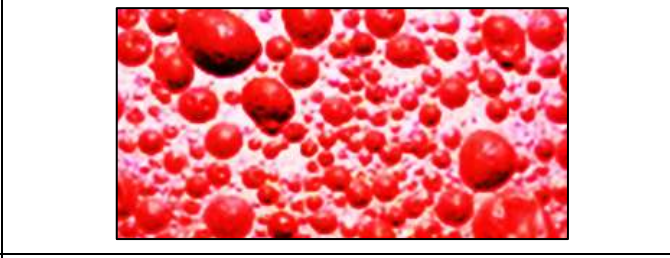
		
Ambientes Industriais Contaminantes principais: sulfatos	Ambiente Urbanos Contaminantes principais: sulfatos	Ambientes Marítimos Contaminantes principais: cloretos
Ambientes Corrosivos e principais contaminantes de superfície (05)		

Solubilidade dos produtos de corrosão

Certas especificações limitam o teor máximo de compostos solúveis que restam na superfície após a preparação para a pintura, porque a presença destes sob a película de tinta irá comprometer a proteção anticorrosiva, pois poderá formar bolhas na pintura por osmose quando estas são situadas em um ambiente úmido. Além disso, o material solúvel (eletrólito) acelera a atividade da célula de corrosão eletroquímica.

Osmose:

É um fenômeno físico-químico que ocorre quando duas soluções aquosas de concentrações diferentes entram em contato através de uma membrana semipermeável. A água (solvente) movimenta-se sempre do meio menos concentrado para o mais concentrado com o objetivo de equilibrar a concentração em ambos os lados, através de uma membrana semipermeável, cujos poros permitem a passagem de moléculas menores, como as de água, mas impedem a passagem das moléculas maiores como as dos sais por exemplo (06).

	
Sal adicionado a água destilada e efeito de osmose	As moléculas de sal não atravessam a membrana
	
Pintura sobre sais solúveis em ambiente úmido	Resultado da osmose – formação de bolhas
Mecanismo de formação de bolhas na pintura por osmose (sais na superfície)	

Por isso é importante determinar se há contaminantes solúveis e quantificar a sua presença antes de aplicar a tinta. Em alguns casos é possível lavar a superfície com água limpa e baixar o nível de compostos solúveis a valores toleráveis, que não afetem o desempenho da pintura. A tinta funciona como uma membrana semipermeável.

Mesmo tomando todos os cuidados com os contaminantes suspensos na atmosfera, estes podem vir a se depositar no intervalo entre a preparação da superfície e a aplicação da primeira demão e, também no intervalo entre as demãos de tinta. Se possível, deve ser providenciada uma cobertura no local da aplicação para evitar a deposição dos compostos contaminantes solúveis nas superfícies, ou lavar e secar a superfície antes de continuar a pintura.

Normas sobre contaminantes nas superfícies

Para determinar a presença quantitativa de compostos solúveis nas superfícies de aço carbono, existem os métodos **ISO 8502-6 (07)** e **8502-9 (08)**. No Brasil há a norma: **ABNT NBR 7348 (09)**, a norma **ABNT NBR 16761 (10)** e **PETROBRAS N-9 (11)** relacionadas ao assunto.

A maioria dos métodos ISO citados é baseada na lavagem de uma área da superfície com água destilada ou deionizada, recolhimento da água usada e posterior análise da quantidade de compostos solúveis extraídos e analisados através do **método condutivimétrico** com aparelhos portáteis no campo ou por titulação em laboratório. Quanto maior é a quantidade de contaminantes solúveis em água na superfície, maior é a condutividade da solução recolhida para o teste.

Condutividade

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade da água ou de uma solução conduzir a corrente elétrica pela presença de íons. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na água.

Expressão do resultado

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Eletrólito no nosso assunto, quer dizer condutor de elétrons. Solução eletrolítica é a solução que contém os íons livres derivados do eletrólito. Devido a existência de íons livres, a solução eletrolítica tem a capacidade de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podemos estimar o teor de sais na água pela sua condutividade. A medida é feita através de **condutivímetro**. A unidade de **Condutividade** no **SI (Sistema Internacional de Unidades)** é **Siemens (S)**. Nos testes de salinidade, a unidade usada é **$\mu\text{S/cm}$**

$$1 \text{ mho/cm} = 1 \text{ Siemens/cm} = 10^3 \text{ mS/cm (miliSiemens/cm)} = 10^6 \mu\text{S/cm (microSiemens/cm)}$$

$$01 \text{ miliSiemen/m} = 10 \mu\text{mho/cm. [01 mS/m} = 10 \mu\text{S/cm]}$$

Curiosidade: A concentração máxima de Cloreto de Sódio em água (temperatura 20°C) é de **360 g/L** e corresponde a saturação da solução. Quer dizer que qualquer quantidade a mais adicionada não é dissolvida.

Tabela - Alguns valores aproximados de condutividade da água a 25°C (12)

Solução	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)
Água Ultrapura	0,055
Água Destilada recém-produzida	1
Água Potável	50 - 500
Água do mar (3,5 %)	50.000

Mecanismo da condutividade

Ao contrário do que ocorre nos condutores metálicos, nos quais a corrente elétrica é transportada por elétrons livres, o transporte de cargas nas soluções eletrolíticas, como já vimos, é realizado por íons. Todos os íons presentes na solução participam dessa condução e, por essa razão, pode-se dizer que a condutividade fornece uma informação global, por natureza não específica. Por isso, a condutividade é quantitativa, pois não revela a natureza química dos compostos presentes em uma solução. A maioria dos ácidos, bases e sais inorgânicos são bons condutores da corrente elétrica ao passo que substâncias orgânicas, que não se dissociam em solução (hidrocarbonetos, gasolina, açúcares, por exemplo), não são condutoras.

Nível de contaminação e o seu controle

Cerca de **80%** das falhas de pintura se devem à preparação inadequada da superfície. Segundo o Engenheiro Peruano Abel De la Cruz Perez (13) a limpeza do aço por jateamento abrasivo, inclusive ao metal quase branco (Sa 2 ½) não elimina por completo todos os contaminantes solúveis da superfície. Por exemplo, um nível de cloretos de 640 mg/m² antes do jateamento, é reduzido somente a 220 mg/m² depois de jateado - uma redução de aproximadamente 1/3 da quantidade inicial. O jateamento a úmido reduz o nível de contaminação por cloretos de 2 a 4 vezes mais do que o jateamento a seco.

Nível máximo admissível de cloretos na superfície a ser pintada

Não é possível estabelecer um nível crítico de contaminação por cloretos, acima do qual pode-se prever a falha do esquema de pintura. Os valores são função do tipo de tinta, do grau de oxidação do substrato metálico e da agressividade do meio em que a vida em serviço do esquema de pintura se desenvolverá. Para superfícies altamente oxidadas os níveis críticos de cloretos são maiores do que os encontrados em superfícies novas sem óxidos antes da limpeza.

Para a máxima durabilidade do esquema de pintura, segundo a norma **IMO PSPC MSC.215 (14)**, um nível de Cloreto de Sódio (NaCl) de até **50 mg/m²**, medidos pelo método da condutividade de acordo com **ISO 8502-9 (08)** é aceitável.

$$\text{Como } 1 \text{ mg/m}^2 = 0,1 \mu\text{g/cm}^2. \text{ Portanto: } 50 \text{ mg/m}^2 = 5 \mu\text{g/cm}^2$$

IMO PSPC MSC.215 é um padrão de desempenho para Tintas Anticorrosivas - projetado para alcançar uma vida útil da pintura de 15 anos em água do mar para tanques de lastro (ballast tanks) e para espaços entre cascos duplos em navios de carga. A IMO é uma organização gerenciada pela ONU e visa regulamentar os padrões de proteção e segurança no transporte marítimo mundial, cuja sede fica em Londres na Inglaterra.

A norma **SSPC-SP12/NACE N°5 (15)** denomina estes níveis máximos admissíveis de cloretos na superfície a ser pintada, como sendo **NV-1, NV-2 e NV-3 → NV = Nonvisible Contamination**. A descrição dos níveis aceitáveis de Contaminação não Visível está na **Tabela A1**:

Tabela A1: Descrição das Definições de contaminações não visíveis (NV) (*)

termo	Descrição da Superfície
NV-1	Uma superfície NV-1 deve estar livre de níveis detectáveis de contaminantes solúveis, conforme verificado por análise de campo ou laboratório utilizando métodos de teste confiáveis e reprodutíveis
NV-2	Uma superfície NV-2 deve ter menos de 7 µg/cm² de contaminantes de cloreto menos de 10 µg/cm² de níveis de íons ferrosos solúveis, ou menos de 17 µg/cm² de contaminantes sulfatos, conforme verificado por análise de campo ou laboratório utilizando métodos de teste confiáveis e reprodutíveis.
NV-3	Uma superfície NV-3 deve ter menos de 50 µg/cm² de contaminantes de cloreto ou sulfato, conforme verificado por análise de campo ou laboratório usando métodos de teste confiáveis e reprodutíveis

(*) Informações adicionais sobre procedimentos adequados para extração e análise de sais solúveis estão disponíveis na Publicação NACE 6G186 e SSPC-TU 4. (16)

NACE e SSPC se uniram e formam a AMPP - Association for Materials Protection and Performance

A norma **PETROBRAS N-9 J (11)** define no item 5 - Inspeção e Critérios de Aceitação:

Tabela 2 - Após o Jateamento Abrasivo Seco ou Úmido ou Hidrojateamento

Inspeção a realizar	Método	Quando	Critérios de aceitação
Concentração de sais solúveis em água na superfície (vide Nota 5)	ABNT NBR-16761	Imediatamente antes da aplicação da tinta de fundo (<i>primer</i>)	Valores máximos: 2 µg/cm²: Para dutos enterrados ou submersos e áreas internas de equipamentos e tubulações, 5 µg/cm²: Para região atmosférica.

NOTA 5 - Efetuar a medição do teor de sais solúveis em água conforme a seguir:

- Áreas imersas, enterradas ou submersas: 1(uma) medição à cada 20 m², ou a cada 20 m lineares no caso de tubulações ou perfis;
- Regiões atmosféricas próximas à orla marítima ou em instalações offshore: 1(uma) medição a cada 25 m², ou a cada 25 m lineares no caso de tubulações ou perfis;
- Regiões atmosféricas em instalações terrestres fora da orla marítima: 1(uma) medição à cada 50 m² ou a cada 50 m lineares no caso de tubulações ou perfis.

Critério de aceitação: Resumo da norma N-9	máximo 2 µg/cm² em áreas imersas, enterradas ou submersas e máximo 5 µg/cm² em regiões atmosféricas
---	--

Métodos para a determinação da condutividade

Tubo de titulação - Método ISO 8502-5 (17)

Este método quantifica os contaminantes no campo ou em laboratório utilizando o tubo de titulação. O kit **Chlor-Test (4)**, consiste na lavagem da superfície com água destilada e dosagem do teor de cloretos por meio de tubo de titulação. Este tubo contém um reagente que, quando em contato com a solução, sobe por capilaridade e a cor muda de **rosa** para **branco** indicando o teor de cloretos presente na água de lavagem recolhida. Onde a linha de separação dentro do tubo parar, o valor pode ser lido diretamente na escala em **ppm** (partes por milhão) ou em **µg/cm²**. A proporção na escala é 1:1, isto é, **1 ppm = 1 µg/cm²**. A unidade ppm pode ser convertida em porcentagem, bastando para isso dividir o resultado em ppm por 10.000. A unidade **µg/cm²** é determinada em função da área de teste, bem definida e delimitada pelo círculo do tubo de titulação de látex colado na superfície a ser testada.



Kit Chlor-test, Tubo de látex e o Tubo colocado no orifício da tampa da caixa da Gardco (18)

O ensaio é rápido, prático e pode ser executado no campo, com Kits contendo a quantidade de água destilada exata, um tubo de látex com um círculo autoadesivo e um tubo de titulação.



Kit Chlor-test para teste de íon cloreto da Gardco e tubo de titulação (conhecido como Kitagawa) (18)

Características do Chlor-test:

Especificações	Valores	Especificações	Valores
Faixa de medição:	3 – 200 ppm ou 3 – 200 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Temperatura de operação:	5 até 80°C
Volume da amostra:	Acima de 5 ml	Faixa de pH:	3,5 a 13
Limite de detecção	: 1 ppm	Variação de cor	Rosa → Branco

Obs.: Há tubos de titulação com várias faixas de medição, desde 20 até 2.000 ppm ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Determinação do íon cloreto - Método de imersão com o tubo de titulação (Kitagawa) (18)

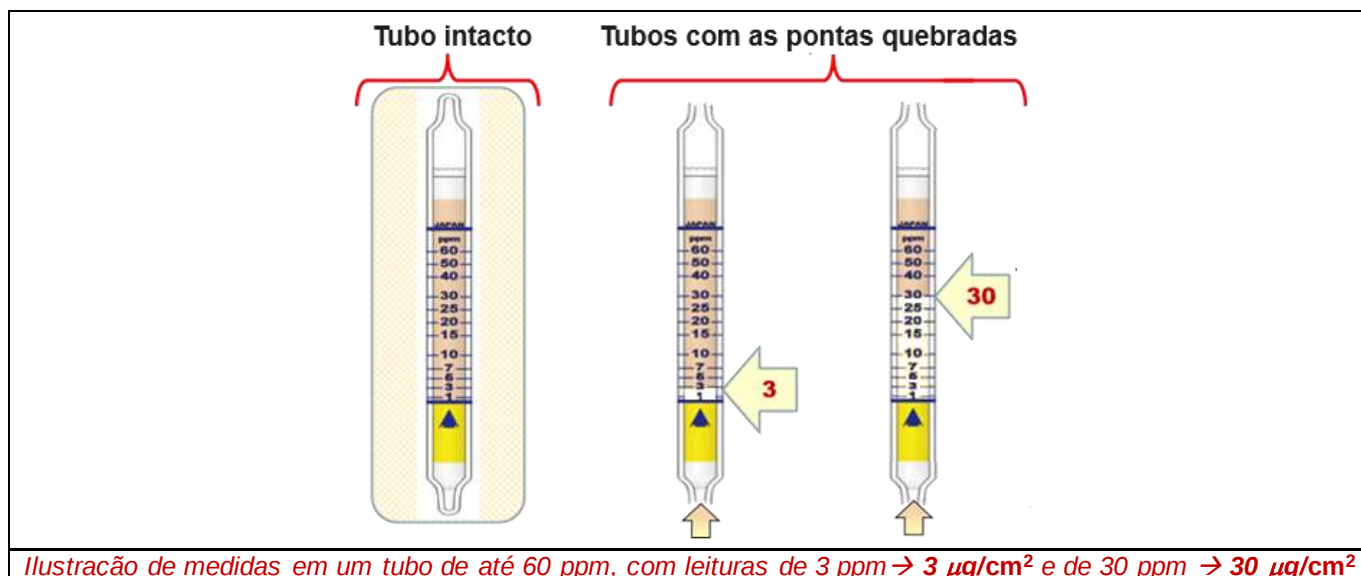
- 1) Corte ambas as extremidades do tubo de titulação.
- 2) Mergulhe a extremidade branca na solução de amostra.

A ação capilar ocorrerá imediatamente e a solução subirá através do tubo.

Se o íon cloreto estiver presente na solução da amostra, ocorrerá uma descoloração na camada de reagente detectador a partir de sua entrada e a camada descolorida (de rosa para branca) deverá ocorrer de acordo com a concentração de íon cloreto.

Veja abaixo a sequência de determinação de íon cloreto utilizando o tubo de Kitagawa:

1. Esvazie o conteúdo do líquido extrator CHLOR* EXTRACT™ no tubo de látex CHLOR*SLEEVE™. Remova a proteção do adesivo da auréola, aperte o tubo para expelir o ar e cole à superfície a ser testada	2. Massageie o líquido contra a superfície; remova o tubo da superfície e coloque-o no orifício da tampa da caixa de papelão.	3. Quebre as extremidades do tubo de Kitagawa e o introduza no tubo de látex até o fundo do líquido extrator.	4. Em cerca de dois minutos leia a mudança de cor para identificar o nível de cloretos em ppm ou $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. A relação é 1:1.



Célula Bresle

O Sueco Ake Bresle desenvolveu um sistema para medir a quantidade total de sal, por unidade de área (mg/m²). O método consiste de uma moldura de plástico (chamada de Célula Bresle) de 1 mm de espessura com um adesivo em um dos lados e com uma lâmina de látex no outro lado. Com uma seringa, o líquido de lixiviação ou de extração é injetado através da moldura e molha a superfície sobre a qual foi colada. O líquido é bombeado ida e volta entre a seringa e a célula várias vezes e depois transferido para um recipiente onde a análise química indicará a concentração da contaminação lixiviada da superfície. O tempo para tomar a amostra pode variar segundo a aplicação. Para amostras de sais solúveis em superfícies de aço jateadas, o período de 5 min pode ser apropriado, com duas a quatro bombeadas.

O método de Bresle usa a diferença de condutividade de sais em água, tendo cada sal uma relação de condutividade-versus-concentração característica. A correlação entre concentração e condutividade pode ser encontrada em manuais de Físico-Química. Esta relação só é útil se o sal dissolvido for conhecido. Cloreto de sódio, o principal sal da água do mar, causa um grande aumento na condutividade com o aumento da concentração. Há Células Bresle, de diversos tamanhos e na norma ISO 8502-6 (07) há a Tabela 1 apresentada abaixo:

Tabela 1 – Células padrões (Standard patches)

Tamanho da Célula	Área do compartimento (mm ²)
A-0155	155 + 2
A-0310	310 + 3
A-0625	625 + 6
A-1250	1250 + 13
A-2500	2500 + 25

Tabela com a relação de Tamanhos de Células e a área de cada uma em mm²

Uma das Células mais usadas é a **A-1250** que tem o compartimento de aproximadamente **1250 mm²**.ou **12,5 cm²**. A célula é colada na superfície e a água deionizada é injetada dentro da célula. Qualquer sal presente na superfície será dissolvido na água. O líquido é extraído e sua condutividade medida.

Segundo a norma ISO 8502-6 (07), o volume deve ser de $2,6 \times 10^{-3} \text{ ml/mm}^2 + 0,6 \times 10^{-3} \text{ ml/mm}^2$. (0,002 a 0,0032 ml/mm²). Com a Célula de **12,5 cm²**, a faixa de volume é de 2,5 a 4,0 ml → média 3,25 ml. O valor mais usado é o de **3 ml** e faixa de trabalho para determinação de **Cloreto de 30 ppm a 600 ppm**.

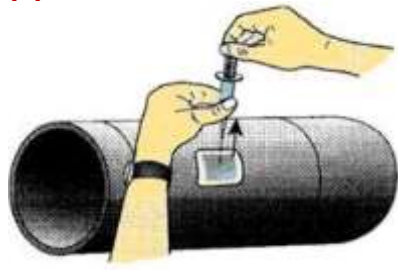
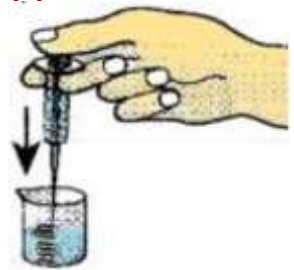
A condutividade da solução coletada depende do volume de água usado, da sua condutividade inicial, da quantidade de sal em solução e depende da área da célula. O cálculo da quantidade de sal por área está baseado no aumento da condutividade. No IMO método de **PSPC (14)**, o sal é calculado como cloreto de sódio e no método **ISO 8502-9 (08)** ele é calculado como uma mistura específica de sais.

ISO 8502-6 - Extração de contaminantes solúveis para análise (MÉTODO BRESLE) (07)

O método descreve a Célula Bresle e como usá-la para extrair os possíveis sais solúveis contaminantes presentes na superfície antes da aplicação da pintura e transferi-los para um aparelho adequado (condutímetro) onde possa ser dosado.

		
<i>Retirando a proteção do adesivo da Célula Bresle que será aderida à superfície</i>	<i>A água destilada é injetada com uma seringa através das bordas da célula</i>	<i>Após a lavagem da área sob a célula Bresle, a solução é transferida para um condutímetro</i>

Usando a Célula Bresle como ilustrado na norma ISO 8502-6 (07)

			
			
<i>Desenhos do procedimento da norma ISO 8502-6 para a determinação da condutividade dos sais extraídos da superfície com o uso da Célula Bresle</i>			

(1) Remova a proteção do adesivo e o quadrado do centro da Célula Bresle.

(2) Cole a Célula Bresle em uma superfície de teste seca e limpa

(3) Coloque uma determinada quantidade de água destilada em um béquer (normalmente de 10 a 20 ml) e limpe a seringa usando esta água. Nota: usualmente a água destilada ou deionizada utilizada deve ter condutividade menor do que **0,5 mS/m** ou **5 µS/cm**. A seringa deve ser de **8 ml**, com agulha de **1 mm** de diâmetro e comprimento máximo de **50 mm**. Usando o condutímetro, meça a condutividade elétrica da água destilada no béquer. O condutímetro deve ter compensador de temperatura e faixa de trabalho de **0 mS/m a 200 mS/m** ou **0 µS/cm a 2000 µS/cm**.

(4) Usando a água do béquer, injete na Célula Bresle que foi aderida à superfície de teste.

Nota: O volume de água destilada ou deionizada deve preencher todo o compartimento da célula Bresle.

(5) Bombeie a água com a seringa, para dentro e para fora da Célula, para dissolver os sais solúveis na superfície de teste.

Nota: toda a superfície dentro da célula deve ser molhada com a água.

(6) Remova toda a água destilada da Célula usando a seringa e devolva-a ao béquer. Meça novamente a condutividade elétrica da água no béquer ou com a seringa coloque-a no sensor do condutímetro.

(7a) Para a medição da condutividade elétrica da água recolhida com a seringa após a operação de lavagem na Célula Bresle, mergulhando o aparelho ex.: **Elcometer 138 (19)**, no líquido e meça a sua condutividade ou

(7b) Utilizando uma seringa e realizando a leitura em um Condutímetro, ex.: **SST da Defelsko (20)**.

As medidas são obtidas em **µS/cm**.

ISO 8502-9: Método para a determinação condutivimétrica de sais solúveis em água (08)

Esta norma explica o método de determinação com a **Célula Bresle**, inclusive chamando a **Parte 6** e mostra como calcular a condutividade da solução, através da equação que determina a quantidade de sais presentes na área testada:

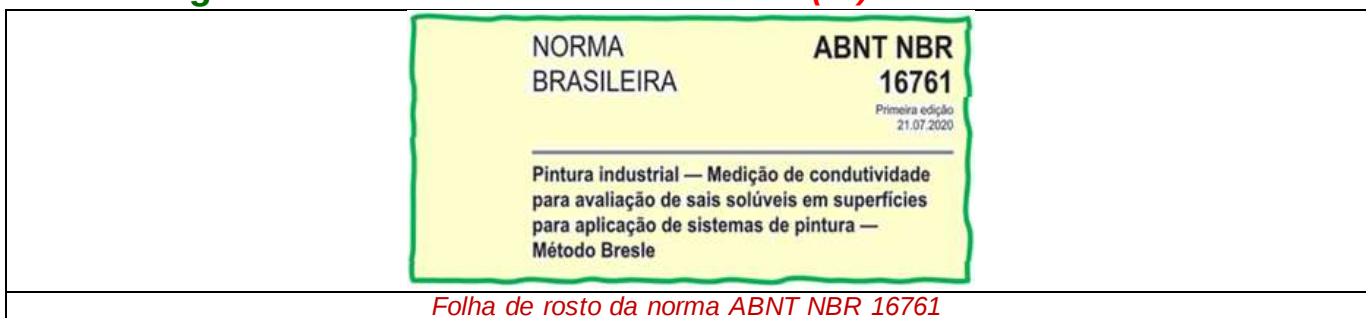
$\rho_A = \frac{c \cdot V \cdot \Delta\gamma}{A}$	Onde: ρ_A = quantidade total de sais na superfície (mg/m² ou µg/cm²) c = constante empírica ~ 5 kg/m² x 1/S V = volume original de água no bquer (cm³) $\Delta\gamma$ = diferença entre as condutividades medidas antes e após o ensaio (µS/cm) A = área da célula de Bresle (mm²)
---	--

Como $c = 5 \text{ kg} \times \text{m}^{-2} \times \text{S}^{-1}$, e por exemplo $V=10 \text{ ml}$ e $A=1250 \text{ mm}^2$, $\rho_A = 5 \times 10 \times \Delta\gamma / 1250 = 0,04 \cdot \Delta\gamma$, então:

Equação (4) da norma ISO 8502-9 $\rho_A = \Delta\gamma \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$	Esta equação fornece ρ_A expresso em kg/m multiplicando o valor numérico da equação:
--	--

Multiplicando o valor obtido com a Equação (4) por: 10^6 obtemos $\rho_A \rightarrow$ em **mg/m²** e por 10^5 , $\rho_A \rightarrow$ em **µg/cm²**

Ensaio segundo a norma ABNT NBR 16761 (10)



6.1 Ensaio em branco

- 6.1.1 Transferir para o bquer um volume de água suficiente para realização do ensaio.
- 6.1.2 Por duas vezes seguidas, succionar a água do bquer até completar todo o volume da seringa e, em seguida, descartar a água.
- 6.1.3 Utilizando a mesma seringa, succionar do bquer um volume de água suficiente para medição da condutividade elétrica da água.
- 6.1.4 Transferir o volume de água necessário para o compartimento de leitura do condutivímetro.
- 6.1.5 Registrar o valor medido da condutividade elétrica da água (**C1**). Este valor será usado no ítem 6.3

6.2 Execução do ensaio

- 6.2.1 Selecionar a área da superfície a ser avaliada.
- 6.2.2 Remover o filme protetivo e a parte interna da célula autoadesiva (*Figura 1*)



- 6.2.3 Fixar a célula na superfície de ensaio, pressionando as extremidades, de tal forma a expulsar a máxima quantidade de ar do compartimento da célula.
- 6.2.4 Fixar a parte inferior da célula na superfície. Em seguida, deslocar a parte lateral do dedo sobre a membrana, de modo que as laterais sejam fixadas na superfície. Este processo visa, além da fixação, a eliminação de ar do compartimento da célula. Pressionar novamente as laterais da célula para assegurar sua perfeita fixação, com o objetivo de evitar vazamento (*Figura 2*).



6.2.5 Succionar 3 mL de água do béquer com a seringa (*Figura 3*).



Figura 3 – Sucção de água do béquer

6.2.6 Inserir a agulha da seringa em um ângulo de aproximadamente 30° da superfície de ensaio próximo à borda externa da célula, para que passe por meio do corpo de espuma do adesivo até o compartimento da célula (*Figura 4*).

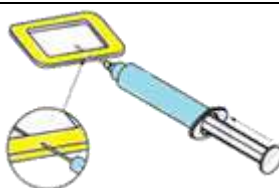


Figura 4 – Inserção da agulha na célula

6.2.7 Injetar a água, tomando-se os seguintes cuidados para evitar que o ar permaneça preso no compartimento da célula:

- injetar a metade da água da seringa no compartimento;
- posicionar a extremidade da agulha na região isenta de água, próxima à face interna da espuma da célula, para succionar o ar pela operação reversa da seringa (*Figura 5*):

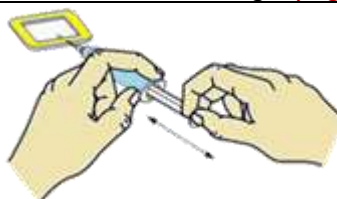


Figura 5 – Sucção do ar do compartimento da célula

- Remover a seringa da célula, posicionando-a com a agulha apontando para cima. Pressionar o êmbolo suavemente, de modo a expulsar o ar da seringa;
- reinjetar a agulha dentro do compartimento e injetar o restante da água remanescente (*Figura 6*).

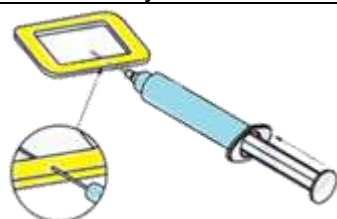


Figura 6 – Reinjeção da água remanescente

6.2.8 Imediatamente após a segunda injeção de água, massagear suavemente a superfície da membrana da célula com a polpa do dedo, por um período de aproximadamente **45 s**, com o objetivo de obter a máxima solubilização dos sais, evitando contato da membrana com a superfície de ensaio. Esta operação deve ser repetida mais duas vezes, após 5 min e após 10 min. Caso se observe qualquer tipo de vazamento de água, o ensaio deve ser descartado e repetido.

6.2.9 Succionar toda a solução do compartimento com a seringa

6.2.10 Transferir um volume de solução suficiente para a realização do ensaio para o compartimento de leitura do condutivímetro (*Figura 7*).

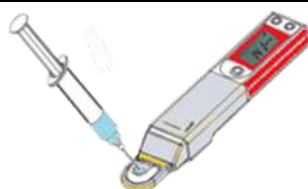


Figura 7 – Medição da condutividade da solução

6.2.11 Registrar o valor medido da condutividade da solução (**C2**).

6.2.12 Durante as etapas de 6.2.3 a 6.2.7, é essencial que nenhuma fração da água seja perdida da célula autoadesiva ou seringa, devido, por exemplo, ao uso de materiais de qualidade inferior ou manuseio inadequado. Se qualquer fração de água for perdida, um novo ensaio deve ser realizado, em uma outra área.

6.3 Expressão dos resultados

6.3.1 O resultado pode ser expresso por condutividade ou salinidade

6.3.2 A condutividade é o resultado da subtração dos valores (**C2**) condutividade da solução e (**C1**) condutividade da água. **C2 - C1** = condutividade da solução

Resumo:

Item 6.1.5 – Medir a condutividade da água que será usada (C1)	6.2.7 Injetar a água na Célula Bresle
6.2.8 lavar a área da Célula Bresle com a água	6.2.11 Registrar o valor da condutividade da solução (C2).

6.3.3 A salinidade deve ser expressa pela multiplicação do valor da condutividade encontrado em 6.3.2 por um dos fatores da Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo da concentração de sais (salinidade) ABNT NBR 16761

Fatores de conversão da concentração de sais na superfície				
Leitura (condutividade)	Sais totais (*)		IMO PSPC equivalente em NaCl	
	(mg/m ²)	(mg/cm ²)	(mg/m ²)	(mg/cm ²)
mS/cm	X 1200	X 120	X 1100	X 110
µS/cm	X 1,2	X 0.12	X 1.1	X 0.11

(*) Sais totais (Na maioria dos casos, os seguintes íons são predominantes na água: Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Na⁺, Ca²⁺ e Fe²⁺)
→ segundo ISO 8502-9 – com área: 12,5 cm² e volume: 3 mL de água destilada

Ex.: leitura (14,1) x 1,2 = 16,9 mg/m² ou x 0,12 = 1,69 µg/cm²

6.3.4 Os fatores de conversão estabelecidos na Tabela 1, para o cálculo da concentração de sais totais na superfície, expressam o resultado da aplicação da Equação da ISO 8502-9 (08).

Exemplos de limites máximos admitidos na IMO (PSPC) e na Norma Petrobras N-9

Limites máximos para Imersão:		Limite máximo para Exposição atmosférica:	
IMO (PSPC) em NaCl	→ 50 mg/m ² (5 µg/cm ²)	---	---
Petrobras N-9 sais totais	→ 20 mg/m ² (2 µg/cm ²)	Petrobras N-9 sais totais	→ 50 mg/m ² (5 µg/cm ²)

Observamos que o limite máximo da Norma N-9 para serviço de imersão é mais rigoroso (2 µg/cm²), pois a condição neste tipo de Exposição é mais agressiva do que exposto ao ar atmosférico.

Elcometer 130-SCM 400 Salt Contamination Meter (19)

O equipamento mede a condutividade em um disco de papel de filtro especial com 110 mm de diâmetro, embebido com água destilada que é apertado sobre a superfície a ser avaliada. A água extrai os possíveis sais da superfície. O disco é colocado na seção central do aparelho constituída de eletrodos circulares concêntricos de cobre que medem a condutividade que é expressa em µg/cm².

			
Usando uma pinça pegue o disco de papel	Com a seringa, transfira 1,6 ml de água destilada para o disco de papel	Coloque o disco de papel na área a ser amostrada e pressione firmemente sobre seus contornos	Ligue o Elcometer 130, coloque o disco na parte central e aperte o botão verde de leitura

O Elcometer 130-SCM 400 – Salt Contamination Meter (19):

- Opera segundo o SSPC Guide 15 (21), é portátil, de uso simples e rápido e é operado com bateria

- Confirma se a limpeza da superfície foi adequada, antes de aplicar a tinta
- É preciso e reprodutível (faixa: **0,1 – 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$** ; resolução: **0,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$**)

Aparelho de Hedon SSM – Soluble Salt Meter (22)

É um aparelho portátil que elimina o uso das células de Bresle. O aparelho é aderido à superfície (de aço carbono) através de ímãs, um anel de vedação de silicone confina uma área circular de 1.250 mm², exatamente a mesma da célula Bresle. A água deionizada é injetada automaticamente, através de um êmbolo no volume de **3 mL** como exigido pela norma **ISO 8502-6** e **ISO 8502-9**, e atende aos requisitos desta norma, apresentando na tela LCD o resultado da condutividade em $\mu\text{S}/\text{cm}$.



1. Botão MENU; 2. Botão ENTER; 3. Tela LCD; 4. LED verde/vermelho; 5. Pistão; 6. Ímãs para fixação sobre aço carbono; 7. Selo de silicone; 8. Êmbolo com 4 sensores de condutividade e 1 de temperatura; 9. Porta USB e carga da bateria; 10. Conector da mangueira de água deionizada.

Vantagens do Hedon SSM:

- 4 sensores de condutividade e 1 de temperatura

- Leituras em menos de 1 minuto
- Magnético com selo de silicone
- Sem efeito sobre a qualidade da superfície, provado que sela mesmo sobre superfícies com pits profundos

- Automática

- Até 1.000 medidas armazenadas eletronicamente
- Transferência das medidas para um arquivo no computador

Aparelho PosiPatch/PosiTector SST da DeFelsko (20)

É um aparelho que mede a concentração de sais solúveis (contaminação por sal) em superfícies metálicas de acordo com as Normas **ISO 8502-6 (07)** e **8502-9 (08)**.

O condutivímetro PosiTector SST, quando usado em conjunto com a Célula Bresle ou com a Célula PosiPatch, simplifica consideravelmente o processo de medição da contaminação com sal solúvel e representa uma maneira mais simples e fácil de usar o método Bresle. Um sensor de temperatura embutido compensa a leitura com precisão e registra a temperatura da amostra durante cada medição.



Célula Bresle comum
Deixa resíduo de adesivo

Célula látex e poliuretano DeFelsko
Não deixam resíduo de adesivo

Comparação da Célula Bresle comum com novos tipos de células da DeFelsko com relação a deixar resíduos

A quantidade superficial dos sais é automaticamente calculada, exibida e salva na memória para produzir relatórios com o conjunto de soluções de software PosiSoft da DeFelsko. Não há necessidade de matemática, conversões unitárias ou ajustes de volume e temperatura. O teste é automaticamente medido e armazenado.

O condutivímetro PosiTector SST sai calibrado de fábrica e inclui um Certificado de Calibração. Embora o PosiTector SST possa ser usado com qualquer célula de teste, existem inúmeras vantagens para a Célula Bresle DeFelsko. A revolucionária célula PosiPatch é equivalente a Célula Bresle, mas não requer adesivo pois é mantido unido a superfície por um anel de retenção magnética.



Descrição da célula PosiPatch magnética da DeFelsko (além de superfícies planas pode ser usada também em tubos, internamente e externamente com bases que acompanham a curvatura da superfície).

Conclusão

- A presença de compostos solúveis na superfície afeta o desempenho das pinturas, principalmente pelo fenômeno de osmose que pode provocar bolhas nas películas de tinta). Estes sais muitas vezes nem são percebidos, e por este motivo, são considerados contaminantes não visíveis.
- A concentração de sais na superfície pode ser determinada diretamente em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ou através da condutividade da solução recolhida após lavagem da área em análise em $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- A norma Petrobras N-9 estabelece limite satisfatório de condutividade para tolerância de sais nas superfícies a serem pintadas de no máximo $2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ em áreas imersas, enterradas ou submersas e de no máximo $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ em regiões atmosféricas (não imersas). Comparando com normas internacionais, estes limites podem ser considerados bastante rigorosos, o que mostra que a Empresa está focada na qualidade e durabilidade da pintura de seus equipamentos.
- O método da Célula Bresle (ISO 8502-6 e ISO 8502-9), ainda é um dos mais usados, mas também existem outros como o do tubo de titulação (ISO 8502-5) e o do disco de papel da Elcometer, segundo SSPC Guide 15, Outros surgiram no mercado, como o Aparelho para determinação dos sais solúveis SSM da Hedon e o PosiPatch/PosiTector SST magnético da DeFelsko. Todos são baseados no princípio de lavagem de uma área da superfície com água destilada ou deionizada e medida da condutividade da solução coletada.
- O controle da salinidade nas superfícies, antes da aplicação das tintas, realizado durante os trabalhos de pintura de estruturas metálicas, é fundamental para a qualidade da pintura, principalmente em áreas C4 e C5, de intensa poluição industrial ou de presença da névoa salina, como nas regiões litorâneas. Este controle traz como benefícios a economia com gastos na compra de mais tinta para retrabalhos e custo de mão de obra para reparos e também, o menor prazo para entrega da obra, que é importante para a avaliação do desempenho e da organização da empresa aplicadora da pintura.

Bibliografia (normas, sites e artigos):

- (01) ABNT NBR 14643 - Corrosão atmosférica - Classificação da corrosividade de atmosferas
- (02) ISO 12944-2 - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems Part 2: Classification of environments
- (03) ISO 9223 - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation
- (04) https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua_do_mar
- (05) artigos na revista **Veja**
- (06) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Osmose>

- (07) **ISO 8502-6** - Tests for the assessment of surf.cleanliness - Extrac.of soluble contaminants for analysis – Bresle method
- (08) **ISO 8502-9** - Tests for the assessment of surf.cleanliness - Field meth.for the conductometric determ.of water-soluble salts
- (09) **ABNT NBR 7348** - Preparação de superfície de aço com jateamento abrasivo ou hidrojateamento
- (10) **ABNT NBR 16761** - *Medição de condutiv.para avaliação de sais solúveis em superf.para aplicação de sistem.de pintura*
- (11) **PETROBRAS N-9 J** - Tratamento de Superfícies de Aço com Jato Abrasivo e Hidrojateamento
- (12) https://www.gehaka.com.br/downloads/apresentacao_sanepar.pdf
- (13) Artigo do Ing. Abel De la Cruz Pérez na Revista INPRA LATINA maio/junho/2005
- (14) **IMO PSPC MSC.215** Intern.Maritime Org.- Performance Standard for Protective Coatings - Maritime Safety Committee
- (15) **SSPC-SP 12/NACE No. 5** - Surface Preparation and Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating
- (16) <https://store.amp.org/6g186-surface-preparation-of-soluble-salt-contami-7714>
- (17) **ISO 8502-5** - Measurement of chloride on steel surfaces prepared for painting (ion detection tube method)
- (18) https://gardco.com/pages/ph_conductivity/cd/saltmeter_chloritest.cfm
- (19) <https://www.elcometer.com/images/stories/PDFs/InstructionBooks/138BSM.pdf>
- (20) <https://www.defelsko.com/positector-sst>
- (21) **SSPC Guide 15** - Field Methods for Extraction and Analysis of Soluble Salts on Steel and Other Nonporous Substrates
- (22) <http://www.solublesaltmeter.com>