

**BIANCA WALCHER SILVA**

**TECNOLOGIAS ANTICORROSIVAS APLICADAS A BORDO**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof. Hermann Regazzi Gerck

Rio de Janeiro

2013

**BIANCA WALCHER SILVA**

**TECNOLOGIAS ANTICORROSIVAS APLICADAS A BORDO**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: \_\_\_\_\_

Engenheiro e Professor

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Cláudio e Fátima, e à minha irmã, Beatriz; pelo esforço, dedicação e compreensão, durante todo o período do curso, e aos demais familiares e amigos, pelo incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus;

Ao meu orientador Hermann Regazzi Gerck;

Aos demais professores, que também me auxiliaram durante todo esse tempo.

## EPÍGRAFE

"Sim vai ser difícil, mas o tempo passa rápido. Vamos nos reencontrar. Eu sei. Eu sinto."

*John Tyree*

## RESUMO

A pintura industrial é dentre as técnicas anticorrosivas existentes, uma das mais utilizadas e difundidas, principalmente na proteção do aço. Combinada com a implantação das técnicas de proteção catódica, galvânica e por corrente impressa, a sinergia dos sistemas fará com que se alcance um elevado grau de a proteção contra a corrosão de partes e componentes de um navio face aos seus principais meios corrosivos, a água e o ar.

Palavras-chave: pintura, proteção catódica, corrosão, aço, a, sinergia.

## ABSTRACT

The industrial painting is among the anticorrosive existing techniques, one of the most used and widespread, especially in the protection of steel. Combined with the deployment of technologies such as galvanic protection and impressed current, the synergy of the system will cause the approaching of the full the protection against corrosion of the component parts of a ship partially submerged in its main surroundings corrosive, water and air.

Keywords: painting, protection, corrosion, steel, galvanic, synergy.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 (Aplicações de anodos de sacrificio)
- Tabela 2 (Anodos e suas aplicações)
- Tabela 3 (Comparação entre os sistemas de proteção catódica galvânica e por corrente impressa)



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 (Aborígenes navegando em canoas de casca de árvores no norte da Austrália)
- Figura 2 (Construção de uma canoa escavada em um tronco)
- Figura 3 (Canoa inutilizada após alguns meses de uso)
- Figura 4 (Navio do tipo galera adaptado para a guerra)
- Figura 5 (Navio Cutty Sark em Greenwich, Inglaterra)
- Figura 6 (Esquema da corrosão)
- Figura 7 (Exemplo de propulsor corroído)
- Figura 8 (Exemplo de corrosão química)
- Figura 9 (Ilustração da corrosão eletroquímica)
- Figura 10 (Exemplo de corrosão eletroquímica)
- Figura 11 (Exemplos de corrosão)
- Figura 12 (Limpeza do casco do navio por jateamento abrasivo)
- Figura 13 (Limpeza do casco por jateamento de gelo seco)
- Figura 14 (Anodos de proteção catódica galvânica aplicada ao casco do navio)
- Figura 15 (Aplicação de anodos de sacrifício)
- Figura 16 (Aplicação de anodos de sacrifício em propulsores Tubo Kort)<sup>3</sup>
- Figura 17 (Proteção catódica por corrente impressa para uma estaca de píer de atracação de navios)
- Figura 18 (Esquema de pintura)
- Figura 19 (Aplicação das tintas de fundo no casco do navio)
- Figura 20 (Exemplo de pintura por aspersão)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA CORROSÃO</b> .....	17
1.1 Naturezas dos processos corrosivos .....	19
1.1.1 Corrosão química.....	19
1.1.2 Corrosão eletroquímica.....	21
<b>2 MEIOS CORROSIVOS</b> .....	23
2.1 Considerações sobre caldeiras e meios corrosivos .....	24
<b>3 FORMAS DE CORROSÃO</b> .....	26
<b>4 MÉTODOS DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO</b> .....	28
4.1 Revestimento .....	32
4.2 Técnicas de modificação do meio .....	34
4.3 Proteção catódica galvânica e por corrente impressa .....	34
4.3.1 Proteção catódica galvânica .....	34
4.3.2 Proteção catódica por corrente impressa .....	37
<b>5 PINTURA NA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA</b> .....	40
<b>6 SISTEMAS DE PINTURA</b> .....	43
6.1 Aplicação dos processos de pintura.....	44
<b>7 PINTURA DE NAVIO</b> .....	46
7.1 Principais métodos de aplicação das tintas.....	46
7.2 Normas de segurança para trabalho específico.....	46
7.3 Pintura industrial - terminologia (ABNT NBR 15156).....	48

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	50
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	51

## INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade totalmente dependente das trocas comerciais. Inúmeros produtos são consumidos, e todos oriundos de vários sítios diferentes. Nos dias de hoje, é muito comum ver grandes navios que trazem dos países pobres matéria-prima e, na viagem de regresso, levam o produto final.

Surge, então, um problema: como realizar o transporte de gigantescas quantidades de carga, através de longas distâncias, de maneira eficiente e de baixo custo? A resposta surge nas superfícies dos mares do mundo, que dominam 70% da superfície terrestre, nos grandes navios mercantes que a atravessam.

Em tempos remotos o Homem notou a potencialidade do mar. Os primeiros navios, no real significado da palavra, datam de 5000 a.C. e em 2000 a.C. surgiram as primeiras embarcações que possuíam o simples intuito de atravessar as águas.

Imagina-se que a primeira tentativa para atravessar um corpo de água (mar, rio, lago ou lagoa) teria sido feita, pelo homem primitivo, com o auxílio de um tronco de árvore pois, até recentemente, era possível observar esse tipo de transporte por aborígenes do norte da Austrália.



Figura 1 - Aborígenes navegando em canoas de casca de árvores no norte da Austrália.



Figura 2- Construção de uma canoa escavada em um tronco.



Figura 3 - Canoa inutilizada após alguns meses de uso.



Em 2000 a.C. surgiu outro tipo de navio, constituído basicamente de madeira ,as galeras, construídas com o objetivo de transportar um grande número de pessoas para que pudessem explorar lugares desconhecidos, proteger rotas comerciais e disputar territórios já dominados, como o Mediterrâneo. Uma variação da galera, as coggas, originárias do norte europeu, atravessaram mares gelados e o Atlântico Norte com o objetivo de chegar ao Mediterrâneo. Apesar de serem navios à vela e de remos, grandes feitos foram conseguidos com estes navios primitivos.

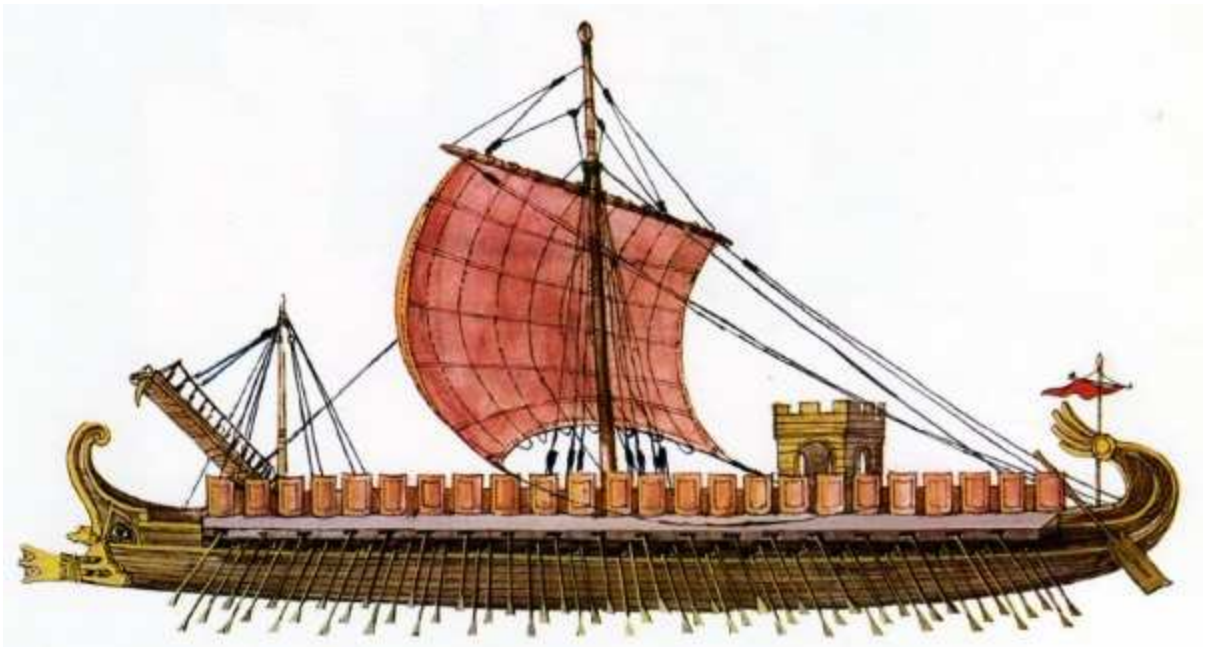


Figura 4 - Navio do tipo galera adaptado para a guerra.

Durante séculos houve uma evolução destes navios, configurando uma enorme variedade de desenhos, tamanhos e finalidades. Entretanto, estava por vir uma época na história humana que ficaria marcada por uma enorme estagnação do desenvolvimento do mundo náutico: a Idade Média. Durante seus 1000 anos, pequenas evoluções puderam ser notadas, como o surgimento dos castelos de proa e de popa. Já os séculos seguintes, em contrapartida, trouxeram grandes avanços. O século XV foi marcado pela aparição dos navios de três e quatro mastros e o notável aumento das dimensões dos castelos. Em meados dos séculos XVIII e XIX, os navios tomam proporções maiores e surgem navios com mais de

2000 TAB e velocidades consideráveis. Com o estreitamento das ligações comerciais entre a China e a Europa, mais especificamente o comércio do chá, surgem os Clippers, navios muito velozes desenvolvidos para restringir o tempo da viagem em três meses. O mais famoso destes navios é o Cutty Stark, lançado à água a 22 de novembro de 1869. Este navio é o único da classe ainda existente e está preservado em Londres, Inglaterra, junto ao rio Tâmesa.



Figura 5 - Navio Cutty Sark em Greenwich, Inglaterra.

Ao mesmo tempo em que surgiram os Clippers, desenvolveram-se os primeiros navios de aço que, em comparação aos de madeira, são mais leves, duráveis e fortes, e os primeiros navios com propulsão mecânica. O único meio conhecido até então pelos homens para utilizar a força de uma máquina para gerar propulsão para uma embarcação foi através de rodas de pás, uma adaptação do remo, que era o principal propulsor utilizado até tal momento. Entretanto, James Watt, na segunda metade do século XVIII, projetou o primeiro protótipo de um hélice para dar propulsão ao seu navio, "Arquimedes", que atingia a velocidade de 7,5 nós com um motor de 80 cavalos. Contudo, deve-se a F. R. Smith Ericsson a promoção e divulgação do hélice como meio de propulsão. Houve um salto desde a utilização de navios de madeira, passando pela invenção do hélice e a criação do motor a vapor, até os dias de

hoje, onde se usam navios de aço, hélices de inúmeros modelos e motores de combustão interna. Todo esse desenvolvimento gerou a necessidade de proteções para os inúmeros materiais empregados na construção dos equipamentos, incluindo o casco, e este será o foco deste estudo.



## CAPÍTULO 1

### CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA CORROSÃO

A corrosão consiste na deterioração dos materiais pela ação química ou eletroquímica do meio, aliada ou não a esforços mecânicos, produzindo alterações prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais. Através do processo corrosivo, o material metálico passa da forma metálica, energeticamente metaestável, à forma combinada (iônica), energeticamente mais estável, resultando em desgaste, perda de propriedades, alterações estruturais, etc, tornando-o inadequado para uso. A corrosão é um processo que corresponde ao inverso dos processos metalúrgicos de obtenção do metal e pode ser assim esquematizada:

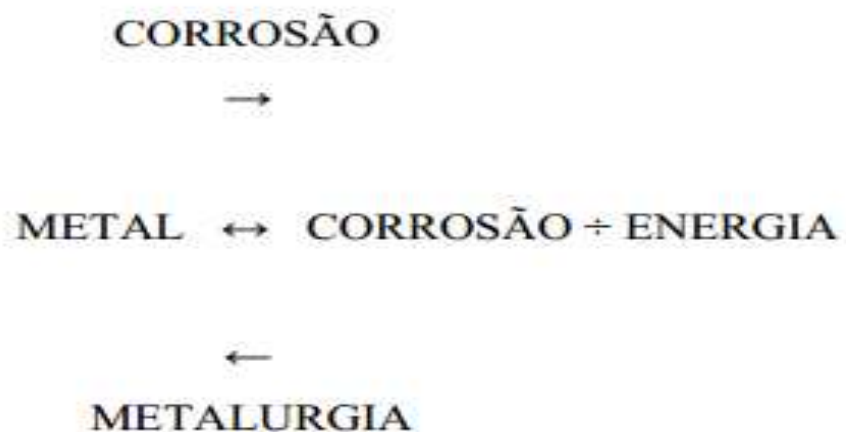


Figura 6 - Esquema da corrosão

Sendo a corrosão, em geral, um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam (a liga acaba perdendo duas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética, etc.). No seu todo esse fenômeno assume uma importância transcendental na vida moderna, que não pode prescindir dos metais e suas ligas. Algumas dessas ligas estão presentes:

- Nas estruturas metálicas enterradas ou submersas, tais como minero dutos, oleodutos, gasodutos, adutoras, cabos de comunicação e de energia elétrica, píeres de atração de embarcação, tanques de armazenamento de combustíveis como gasolina, álcool e óleo diesel, emissários submarinos;
- Nos meios de transportes, como trens, navios, aviões, automóveis, caminhões e ônibus;
- Nas estruturas metálicas sobre o solo ou aéreas, como torres de linhas de transmissão de energia elétrica, postes de iluminação, linhas telefônicas, tanques de armazenamento, instalações industriais, viadutos, passarelas, pontes;
- Em equipamentos eletrônicos, torres de transmissão de estações de rádio, de TV, repetidoras, de radar, antenas, etc.;
- Em equipamentos como reatores, trocadores de calor e caldeiras.

O aço-carbono tem sido o material mais empregado na maioria dos segmentos de bens de produção básicos da sociedade. E, nestas últimas décadas, tem havido progressos consideráveis, tanto na fabricação de novas ligas ferrosas quanto no desenvolvimento de novos materiais. Mas, pelo seu baixo custo e pela amplitude do uso do aço-carbono, é de se esperar que o campo de exposição à deterioração também ocorra de maneira ampla.

Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variados segmentos, como por exemplo, nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, automobilística, nos meios de transporte aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (ortopedia) e em obras de arte como monumentos e esculturas.

As perdas econômicas que atingem essas atividades podem ser diretas ou indiretas, e este é o principal fator que evidencia a importância de combater ou minimizar os danos causados aos equipamentos pela corrosão.



Figura 7 - Propulsor danificado pelo processo cavitação-corrosão

## 1.1 Naturezas dos processos corrosivos

De uma forma geral, os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos, abrangendo quase todos os casos de deterioração por corrosão existente na natureza.

Esses grupos podem ser assim classificados:

- Corrosão Eletroquímica
- Corrosão Química

Pode-se considerar que ocorrem no mecanismo eletroquímico reações químicas que envolvem transferência de carga ou elétrons através de uma interface ou eletrólito: são os casos de corrosão observados em materiais metálicos, quando em presença de eletrólitos, podendo o eletrólito estar solubilizado em água ou fundido. Já no mecanismo químico, há reações químicas diretas entre o material metálico, ou não-metálico, com o meio corrosivo, não havendo geração de corrente elétrica, ao contrário do mecanismo anterior.

### 1.1.1 Corrosão Química

Os processos de corrosão química são por vezes denominados corrosão ou oxidação em altas temperaturas. Estes processos são menos frequentes na natureza e surgiram basicamente com a industrialização, envolvendo operações em temperaturas elevadas.

Tais processos corrosivos se caracterizam basicamente por:

- Realizarem-se necessariamente na ausência de água líquida;
- Realizarem-se, em geral, em temperaturas elevadas, sempre acima do ponto de orvalho e;
- Realizarem-se devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo, não havendo deslocamento de elétrons, como no caso das pilhas de corrosão eletroquímica.

Como na corrosão química não se necessita de água líquida, ela é também denominada corrosão em meio não-aquoso ou corrosão seca.

Há reações químicas diretas entre o material metálico, ou não metálico, e o meio corrosivo, não havendo geração de corrente elétrica. Sendo os casos mais comuns:

- Corrosão de material metálico, em temperaturas elevadas, por gases ou vapores em ausência de umidade (corrosão seca);
- Corrosão em solventes orgânicos isentos de água;
- Corrosão de materiais não-metálicos;
- Reação com o oxigênio (oxidação seca) e;
- Formação de compostos químicos.



Figura 8 - Exemplo de corrosão química.

### 1.1.2 Corrosão Eletroquímica

As estruturas metálicas enterradas em solos agressivos ou submersas, sejam em águas doces ou salgadas, podem estar expostas à corrosão eletroquímica.

A corrosão eletroquímica é um sistema espontâneo, sujeito a ocorrer quando o metal ou liga está em contato com um eletrólito, onde ocorrem, concomitantemente, as reações anódicas e catódicas. O deslocamento de elétrons da região anódica para a catódica é realizada por intermédio de um condutor metálico, e uma dispersão de ânions e cátions na solução totaliza o circuito. A força do processo de corrosão é medida pelo número de cargas elétricas que se descarregam no catodo ou pela quantidade de elétrons que se deslocam do anodo para o catodo. As reações anódicas relacionadas, bem como uma ilustração deste processo corrosivo, pode ser vista a seguir.

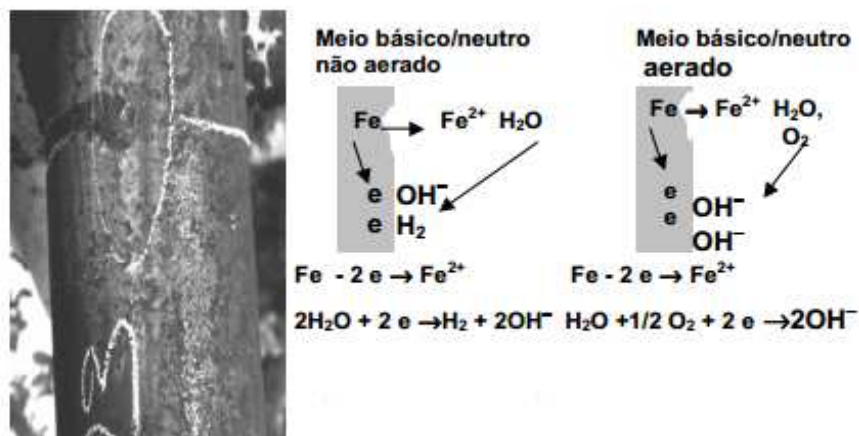


Figura 9 - Ilustração da corrosão eletroquímica.

Os processos de corrosão eletroquímica são os mais frequentes na natureza e se caracterizam basicamente por:

- Realizarem necessariamente na presença de água líquida;
- Realizarem-se em temperaturas abaixo do ponto de orvalho, sendo a grande maioria na temperatura ambiente e;
- Realizarem-se devido à formação de pilhas de corrosão.

Em face da necessidade da água líquida, na maioria dos casos, para formação do eletrólito, a corrosão eletroquímica é também denominada de corrosão em meio aquoso.

Como consequência do funcionamento das pilhas tem-se a reação de oxidação em um local e a reação de redução em outro, havendo um deslocamento dos elétrons envolvidos entre os dois locais.



Figura 10 - Exemplo de corrosão eletroquímica.

## CAPÍTULO 2

### MEIOS CORROSIVOS

Os meios corrosivos mais frequentemente encontrados são a atmosfera, águas naturais, solo e produtos químicos mas, em menos escala, podemos considerar alimentos, substâncias fundidas, solventes orgânicos, madeiras e plásticos.

Deve-se destacar a importância que representa a natureza do meio corrosivo que se encontra proximidade da superfície metálica. Assim, por exemplo, no caso de trocadores ou permutadores de calor, o meio corrosivo vai apresentar uma temperatura mais elevada na parte em contato direto com a superfície metálica dos tubos. Tal fato pode acarretar uma decomposição dos produtos usados para o tratamento da água. É evidente, também, que existe a possibilidade de o material metálico reagir com o meio corrosivo e formar uma película passivadora, que irá influenciar uma ação corrosiva do meio posteriormente.

Na maioria dos usos de estruturas metálicas estas estarão sujeitas a algum tipo de corrosão ambiental. Os meios de corrosão são mais geralmente classificados como aquosos e não aquosos, tendo seus agentes de corrosão mais comuns nos estados líquido, sólido ou gasoso. Os ambientes circundantes das estruturas podem ser aquosos e não aquosos:

- Aquosos: este engloba todo o tipo de água (natural, purificada e contaminada). Incluem-se desde águas deionizadas e destiladas, água doce, água de minas, poços, água do mar e águas processadas que contém ácidos, bases, sais e gases dissolvidos e;
- Não-aquoso: são, basicamente, gases, líquidos orgânicos e metais líquidos.

Nota: Em ambos os casos, geralmente, a água estará presente pelo menos em forma de umidade.

De acordo com a vasta aplicação das estruturas, pode-se classificar os processos de corrosão de acordo com o meio corrosivo em:

- Corrosão atmosférica;
- Corrosão do solo;
- Corrosão em concreto;
- Corrosão em água doce e;

- Corrosão em água salgada.

No caso de aplicação à este estudo, consideraremos o caso de um navio parcialmente imerso em um meio corrosivo aquoso. O material metálico do casco, assim como outros materiais metálicos em contato com a água, tendem a sofrer corrosão, a qual dependerá de determinadas substâncias que podem estar contaminando a mesma. Entre os contaminantes, os mais frequentes são:

- gases dissolvidos (oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono, cloro, amônia, dióxido de enxofre, trióxido de enxofre e gás sulfídrico);
- sólidos suspensos;
- sais dissolvidos (cloretos de sódio, de ferro e de magnésio, carbonato de cálcio, bicarbonatos de cálcio, de magnésio e de ferro);
- bactérias, limos e algas e;
- matéria orgânica de origem animal ou vegetal.

Nota: Considerando-se o caráter corrosivo da água, devem ser considerados, também, seu pH, temperatura, velocidade e ação mecânica.

## **2.1 Considerações sobre caldeiras e sistemas de resfriamento**

Quando necessita-se de água para geração de vapor, como no uso de caldeiras, evita-se a presença de oxigênio e de sais incrustantes como bicarbonatos de cálcio e de magnésio. O oxigênio oxidaria a magnetita protetora, formando ferrugem não-protetora e os sais incrustantes, como o carbonato de cálcio, dificultaria a troca térmica. Para que tais considerações não ocorram, alguns procedimentos são aplicados à água de alimentação da caldeira, como:

- deaeração (para eliminar oxigênio);
- abrandamento ou desmineralização (para eliminar a dureza da água) e;
- controle de pH.



Quando se necessita de água para sistemas de resfriamento, como no uso em trocadores de calor, procura-se evitar a presença de sólidos suspensos ou sais formadores de depósitos, e crescimento biológico, que poderiam, ao se depositarem, criar condições para corrosão sob depósito ou por aeração diferencial. Para evitar tais considerações alguns processos são considerados fundamentais, como:

- cloração;
- adição de inibidores de corrosão;
- adição de dispersantes e;
- controle de pH.

## CAPÍTULO 3

### FORMAS DE CORROSÃO

As formas pelas quais a corrosão pode manifestar-se são caracterizadas principalmente pelo formato da superfície corroída, sendo as principais:

- Corrosão uniforme: a corrosão de processa de maneira uniforme em praticamente toda a superfície do metal que foi atacada. Esta forma é comum em metais que não formam películas protetoras, como resposta ao ataque corrosivo;
- Corrosão por placas: quando o produto de corrosão forma-se em placas que se desprendem progressivamente. É comum em metais que formam película inicialmente protetora, mas que, ao se tornarem espessas, podem fraturar e perder aderência, expondo o metal a um novo ataque;
- Corrosão alveolar: quando o desgaste provocado pela corrosão se dá sob forma localizada, com o aspecto de crateras. É frequente em metais formadores de películas semi protetoras ou quando se tem corrosão sob depósito, como no caso da corrosão por aeração diferencial;
- Corrosão puntiforme ou por pite: quando o desgaste se dá em forma muito localizada e de alta intensidade, geralmente com profundidade maior que o diâmetro e bordos angulosos. A corrosão por pite é frequente em metais formadores de películas protetoras, em geral passivas, que, sob a ação de certos agentes agressivos, são destruídas em pontos localizados, os quais se tornam ativos, possibilitando corrosão muito intensa;
- Corrosão intergranular ou transcristalina: quando o fenômeno se manifesta sob a forma de trincas que se propagam pelo interior dos grãos do material.

- Corrosão intragranular: a corrosão se processa nos grãos da rede cristalina do material metálico o qual, perdendo suas propriedades mecânicas, poderá fraturar à menor sollicitação mecânica, tendo-se também corrosão sob tensão fraturante.
- Corrosão filiforme: a corrosão se processa sob a forma de finos filamentos, mas não profundos, que se propagam em diferentes direções. Ocorre geralmente em superfícies recobertas por tintas ou com outros metais, ocasionando o deslocamento do revestimento, como no caso do casco dos navios.
- Corrosão por esfoliação: a corrosão se processa de forma paralela à superfície metálica.

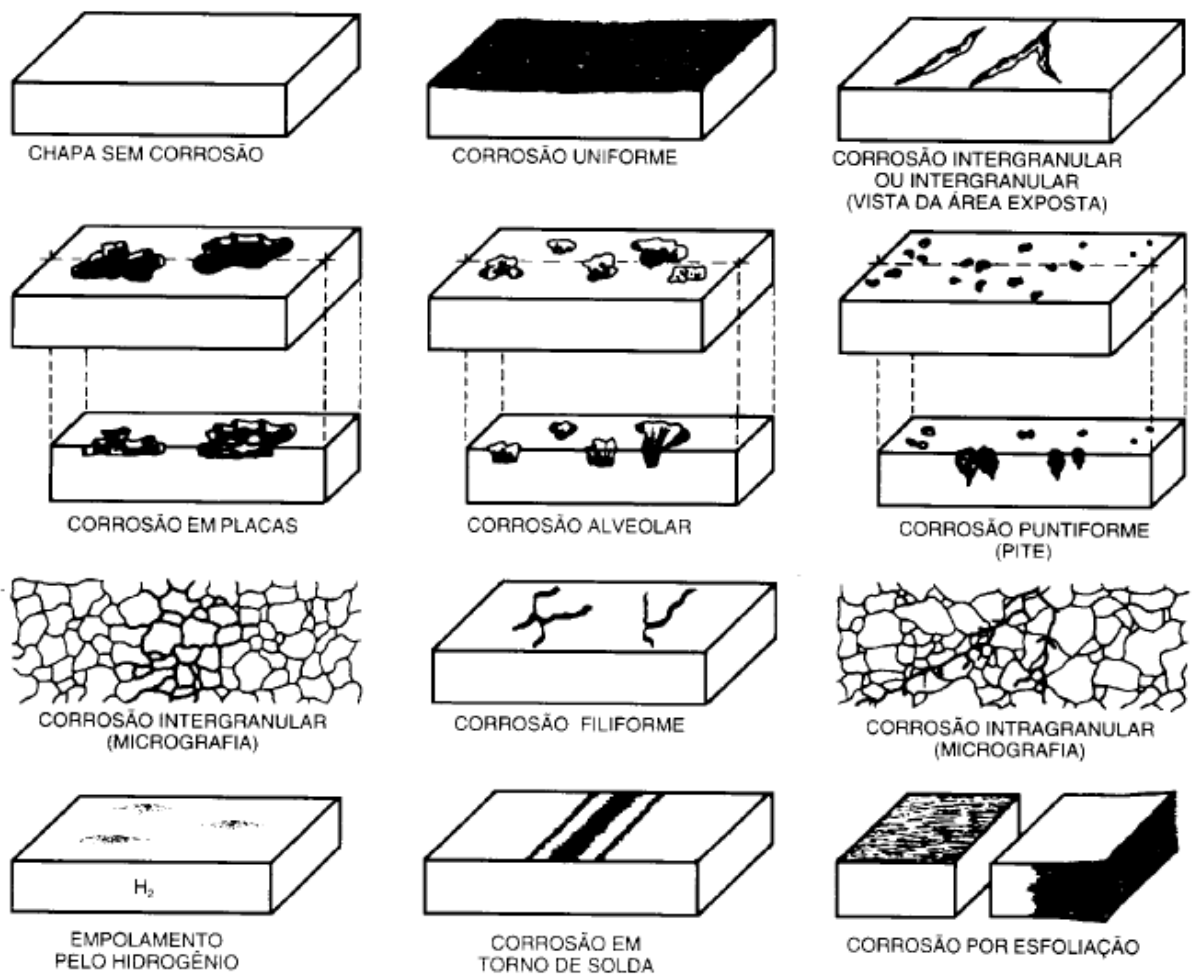


Figura 11- Exemplos de corrosão.

## **CAPÍTULO 4**

### **MÉTODOS DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO**

O conhecimento do desenvolvimento das reações relacionadas aos processos corrosivos é pré-requisito para um controle efetivo das mesmas. No estudo de um processo corrosivo devem ser sempre respeitadas as variáveis dependentes do material metálico, da forma de emprego e do meio corrosivo. Somente o estudo conjunto dessas variáveis permitirá selecionar o material mais apropriado para determinado meio corrosivo.

Os métodos práticos, adotados para diminuir a taxa de corrosão dos materiais metálicos, podem ser esquematizados da seguinte forma, segundo Vernon<sup>1</sup>, onde as condições ambientais em que os diferentes métodos são comumente usados foram representadas pelas letras: A (atmosfera), W (submersa em água) e G (subterrânea).

#### **Métodos Baseados na Modificação do Processo:**

- Projeto da estrutura (A, W, G);
- Condições da superfície (A, W, G) e;
- Pela aplicação de proteção catódica (W, G).

#### **Métodos Baseados na Modificação do Meio Corrosivo:**

- desaeração da água ou solução neutra (W);
- purificação ou diminuição da umidade do ar (A) e;
- adição de inibidores de corrosão, etc (W) (A e G em casos especiais).

#### **Métodos Baseados na Modificação do Metal:**

- aumento da pureza (A, W, G);
- adição de elementos - liga (A, W, G) e;
- tratamento térmico (A, W, G).

#### **Métodos Baseados nos Revestimentos Protetores:**

- revestimentos com produtos da reação - tratamento químico ou eletroquímico da superfície metálica (A e W);

- revestimentos orgânicos - tintas, resinas ou polímeros, etc (A, W, G);
- revestimentos inorgânicos - esmaltes, cimentos (A, W, G);
- revestimentos metálicos (A, W, G) e;
- protetores temporários (A).

Em todos esses métodos usados para regular a corrosão, o fator econômico é primordial. Qualquer medida de proteção será vantajosa, economicamente, se o custo da manutenção baixar. Daí ser necessário um balanço econômico para se poder julgar da vantagem das medidas de proteção recomendadas para um determinado equipamento. Assim, devem-se levar em consideração os gastos relacionados com a deterioração do equipamento, bem como os prejuízos resultantes dessas deteriorações, como, por exemplo, paradas de unidades, perda de eficiência, perda de produto, contaminações.

Dentre os métodos citados anteriormente, vale ressaltar que a aplicação de proteção catódica e o uso de revestimentos orgânicos (com ênfase para as tintas), serão o foco deste estudo.

A eficiência desses revestimentos ou recobrimentos protetores, depende, porém, da preparação da superfície receptora. Uma superfície bem limpa, livre de ferrugem, graxa, sujidades e umidade são tidas como o melhor substrato a um bom recobrimento protetor ou decorativo. Pode-se, então, dizer que esse recobrimento não é melhor do que a superfície à qual foi aplicado, e o seu desempenho é função direta da limpeza e preparo da superfície a proteger.

A limpeza das superfícies consiste basicamente na retirada das impurezas, substâncias encontradas nessas superfícies que podem interferir no processamento e/ou na qualidade da proteção visada, e são classificadas como:

- oleosas;
- semi-sólidas;
- sólidas e;
- óxidos e produtos de corrosão.

Uma vez classificadas, de maneira sucinta, as sujidades mais comuns que podem ser encontradas em uma superfície metálica, os meios de remoção mais frequentemente usados são detergência, solubilização, ação química e ação mecânica, podendo ser empregados

isoladamente ou associados. São muitos os fatores que devem ser considerados, entre os quais o estado inicial do material a ser tratado, o fim a que se destina, as condições econômicas e o equipamento disponível. No geral, os meios de remoção de impurezas são:

- detergência (desengraxamento alcalino);
- solubilização;
- ação química (decapagem ácida e alcalina) e;
- ação mecânica.

### **Ação Mecânica**

Outra maneira de remover óxidos ou sujidades de uma superfície metálica, sejam orgânicas ou inorgânicas, consiste no emprego de ação mecânica (abrasão), dando como resultante uma superfície limpa. Os métodos industriais de eliminação dessas camadas são aqueles que utilizam processos manuais e mecanizados.

No caso de processos manuais, são utilizadas escovas de aço, martelos de impacto, lixas, raspadoras, etc.: e, nos mecanizados, raspadeiras, lixadeiras, politrizes, pistola de agulas ou de estiletes, marteletes pneumáticos, etc.

Entre os processos mecânicos, a limpeza por jateamento constitui o procedimento mais completo para a remoção de escamas e ferrugem. É o método preferido, por ser mais eficaz, apresentar os melhores resultados tanto em rapidez como em rendimento, e em qualidade de limpeza. O jateamento deixa a superfície diretamente no metal, nela produzindo uma rugosidade bastante propícia para uma melhor "ancoragem", aderência do *primer* ou primeira demão de tinta.

Basicamente, esse método consiste em se projetarem abrasivos a alta velocidade contra a superfície a ser limpa, o que pode ser feito por meio de ar comprimido (mais usual) ou da ação centrífuga de rotores providos de pás.

Muitas das estruturas de aço ou equipamentos recebem o jateamento abrasivo como método de preparação de superfícies e alguns cuidados devem ser tomados como: a escolha correta do abrasivo, o controle da contaminação do abrasivo após a sua reutilização, o correto

perfil de rugosidade em função da espessura do revestimento, o controle da contaminação do ar comprimido, etc.



Figura 12- Limpeza do casco do navio por jateamento abrasivo.



Figura 13 - Limpeza do casco por jateamento de gelo seco.

## 4.1 Revestimentos

Os revestimentos constituem-se em películas interpostas entre o metal e o meio corrosivo, e esta pode dar ao material um comportamento mais nobre ou protegê-lo por ação galvânica, aumento assim a resistência do material à corrosão. Dentre os materiais usados para fazer o revestimento de superfícies metálicas, o mais comumente utilizado é a tinta, e esta será o foco deste estudo.

Não se tem ao exato uma data para o surgimento da tinta. O homem não pretendia criar algo que desse vida ou protegesse sua moradia quando a tinta surgiu, já que ainda morava em cavernas. Foi devido à incessante vontade do homem de expressar seus pensamentos, emoções e a cultura de seu povo que a tinta foi descoberta.

A princípio, a tinta possuía apenas a função estética. Alguns anos mais tarde, quando introduzida nos países da América do Norte e da Europa, os quais possuem condições climáticas muito severas, a tinta passou a ser usada como "proteção".

Na indústria da Construção Metálica, a pintura, quando usada como forma de proteção anticorrosiva, exerce uma importantíssima função no produto final, visto que é através do acabamento e das cores que o produto é visualizado pelo seu comprador final. Porém, antes dos estudos realizados para determinar o melhor acabamento, existe um projeto de pintura que avalia o uso do aço, o local em que o produto será utilizado, a natureza e agressividade do meio, e outros fatores que influenciam a durabilidade do material.

Visto que a necessidade de se proteger os metais é incessante e crescente, as indústrias de fabricação de tintas e as empresas especializadas na aplicação do sistema pintura têm destinado grande parte de suas verbas para pesquisas e controle de qualidade para o desenvolvimento das tintas que são usadas como proteções anticorrosivas, para que estas estejam cada vez mais adequadas às necessidades do mercado. No Brasil, muitos equipamentos ainda são perdidos por falta de manutenção ou até mesmo erro na especificação técnica e/ou uso incorreto do revestimento anticorrosivo, e já sabemos que isto poderia ser evitado utilizando corretamente proteções anticorrosivas.

Para que um tratamento anticorrosivo tenha sucesso, ou seja, proteja o aço contra a corrosão, é necessário conhecimento técnico do material que esta sendo empregado para proteção (as tintas), a correta especificação das tintas quanto à sua composição, a mão-de-obra



especializada e o controle de qualidade, sem isto, fatalmente o sistema não funcionará. As tintas são fabricadas utilizando resinas diversas, aditivos, secantes, pigmentos de cor, solventes, etc. Muitos destes produtos são importados ou, se fabricados no Brasil, acompanham variações do mercado internacional, assim sendo, seu custo por metro quadrado somado à aplicação deve ser cuidadosamente estudado para não sobrecarregar o projeto.

Como foi visto anteriormente, a preparação das superfícies é um cuidado muito importante e deve obedecer à normalização técnica. A má preparação ou o preparo incorreto das superfícies acarretará em um fraco desempenho da proteção anticorrosiva. Com isso, no projeto inicial, devem constar o controle adequado do preparo da superfície, o tempo de pintura inicial, as condições ambientais em que este preparo está sendo feito, contaminações, etc. Para isso, existem métodos e normas, como da Petrobrás, DIN, SSPC, NACE, SIS, Siderbras, etc, onde cada um define o nível de corrosão do aço por meio de padrões visuais e assim determina o tipo de preparação de superfície para cada método.

Qualquer sistema de pintura anticorrosivo deverá definir o preparo de superfícies, o tipo e espessura da tinta de fundo, intermediária e acabamento. Atualmente, o sistema epóxi para o fundo e o poliuretano como acabamento é o mais utilizado, pois alia a ótima resistência e dureza da resina epóxi como tinta de fundo à capacidade da resina poliuretano frente às agressividades do meio ambiente. Destacam-se neste caso as tintas chamadas LOW-VOC, que possuem um elevado teor de sólidos em suas composições, ocasionando camadas mais espessas de película, com uma baixa quantidade de solventes orgânicos, requisitos exigidos por várias empresas visto que atendem às normas de segurança e meio ambientes nacionais e internacionais.

Da mesma forma que a preparação das superfícies para a aplicação das tintas, deve-se ter um rigoroso controle de qualidade, iniciando-se pela definição da metodologia de aplicação, a correta utilização de ferramentas, como rolos e pincéis, pistolas com ar e sem ar (Air Less), e também: o controle da espessura úmida e seca, os tempos máximos e mínimos de pintura entre camadas e repintura, a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente da peça, o ponto de orvalho, a correta mistura dos componentes das tintas, o acompanhamento do tempo de vida útil da mistura normalmente reduzida devido à temperatura ambiente, o correto uso dos diluentes e o controle de aderência das tintas.

## **4.2 Técnicas de modificação do meio**

Além do papel dos inibidores que atuam através do meio corrosivo há outras técnicas para se modificar o meio, e dentre elas vale ressaltar o controle do pH e a desaeração. A desaeração consiste na eliminação do oxigênio do meio porque, sendo o oxigênio um agente despolarizante, com sua retirada favorece-se a polarização catódica com uma consequente diminuição do processo corrosivo.

## **4.3 Proteção catódica galvânica e por corrente impressa**

Para a obtenção da proteção catódica, dois métodos são empregados: a proteção catódica galvânica ou por anodos galvânicos ou de sacrifício e a proteção catódica por corrente impressa ou forçada. Ambos os métodos injetam corrente elétrica na estrutura através do eletrólito.

### **4.3.1 Proteção Catódica Galvânica**

A proteção catódica é um método de aumento da resistência à corrosão, que consiste em tornar a estrutura a proteger em catodo, forçando um alto grau de polarização catódica (formação de hidrogênio e outros compostos sobre a superfície do catodo).

Neste método anticorrosivo, o fluxo de corrente elétrica fornecido tem sua origem na diferença de potencial existente entre o metal que se deseja proteger e outro escolhido como anodo e que tem potencial mais negativo segundo uma ordem de potenciais de oxidação dos metais.

Os materiais mais empregados como anodos de sacrifício são as ligas de magnésio, zinco e alumínio, e certas exigências devem ser cumpridas, como:

- bom rendimento teórico da corrente em relação às massas consumidas;
- a corrente não deve diminuir com o tempo (formação de películas passivadoras) e;
- o rendimento prático da corrente não deve ser muito inferior ao teórico.

A tabela a seguir apresenta aplicações típicas dos anodos galvânicos.

Anodos	Aplicações
Alumínio	Estruturas metálicas imersas em água do mar
Magnésio	Estruturas metálicas imersas em água doce, de baixa resistividade ou enterradas em solos com resistividade elétrica até 3000 $\Omega$ .cm
Zinco	Estruturas metálicas imersas em água do mar ou enterradas em solos com resistividade elétrica até 1000 $\Omega$ .cm

Tabela 1 - Aplicações de anodos de sacrifício.

Para proteção de trocadores ou permutadores de calor, ou sistemas que operam com água aquecida, é recomendável o uso de anodos de magnésio devido ao fato de que o zinco, embora normalmente anódico em relação ao ferro, pode sofrer inversão de polaridade e tornar-se então, catódico em relação ao ferro, o que ocasionará a corrosão do ferro.



Figura 14 - Anodos de proteção catódica galvânica aplicada ao casco e leme do navio.

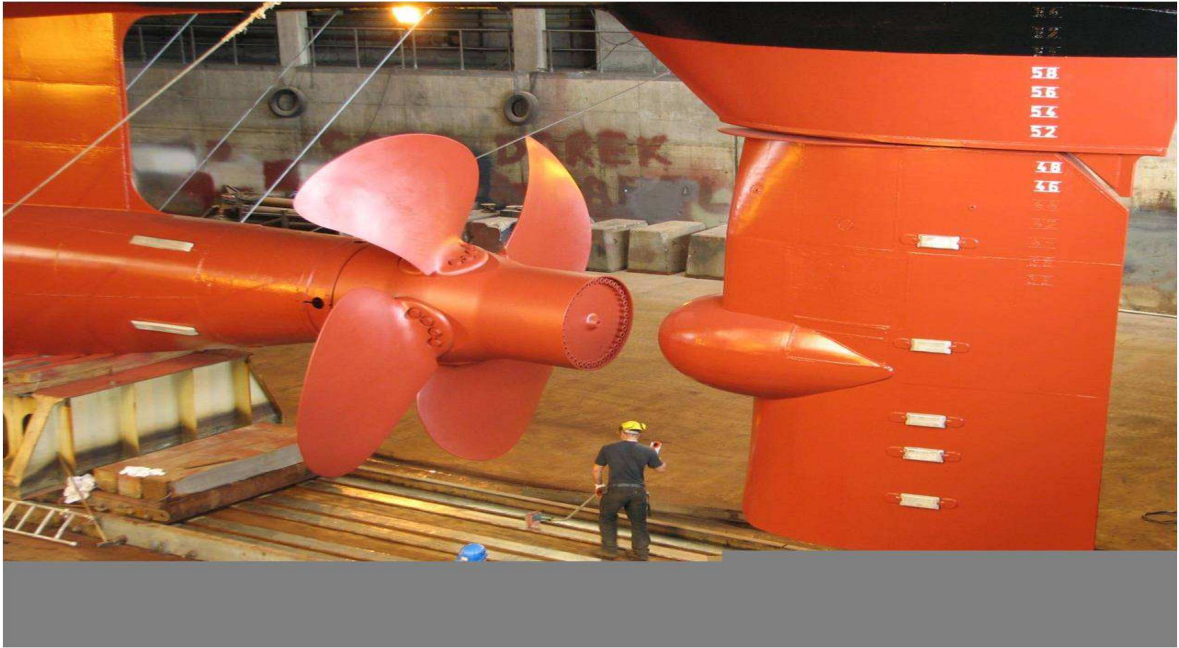


Figura 15 - Aplicação de anodos de sacrificio.

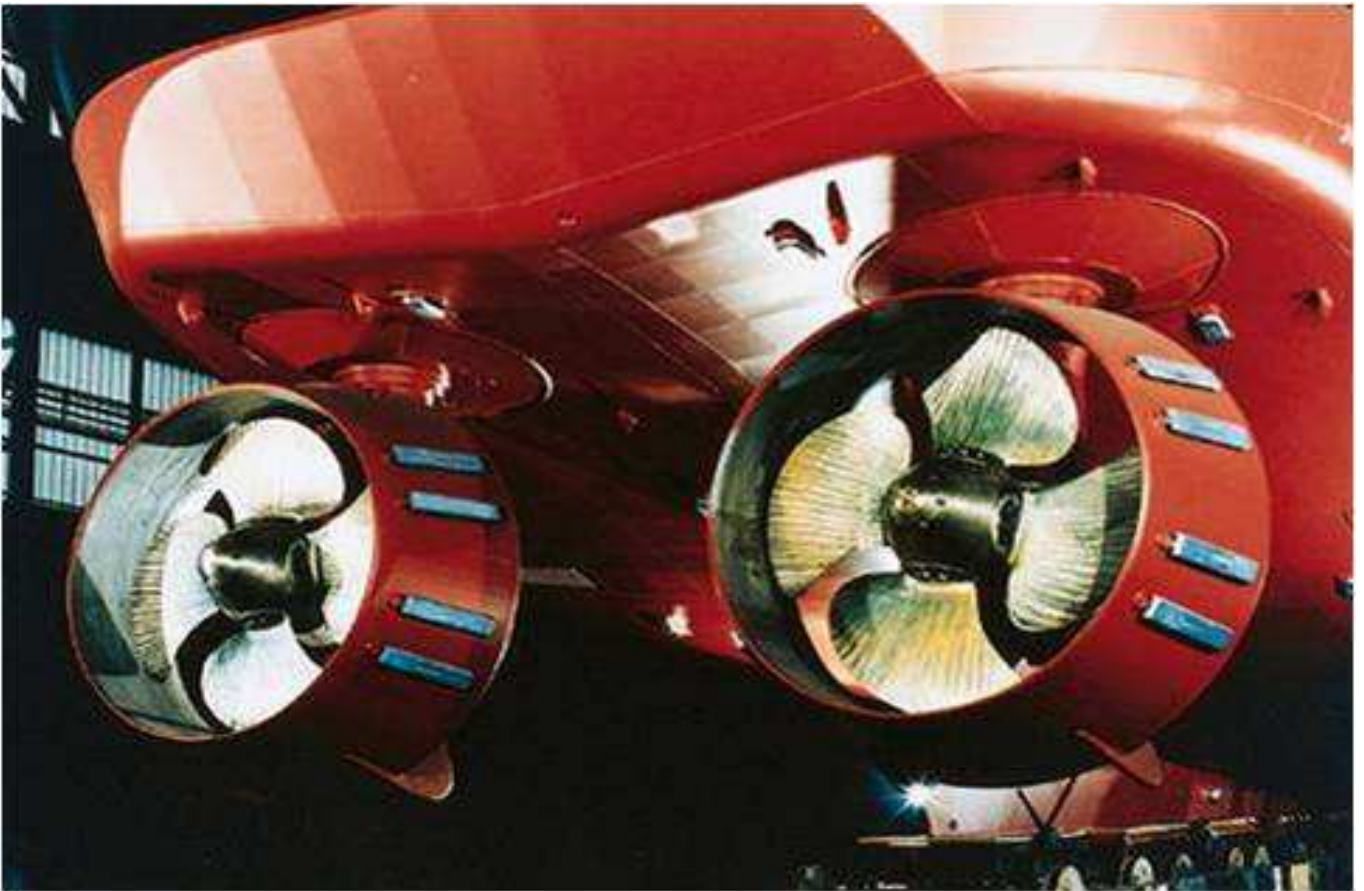


Figura 16 - Aplicação de anodos de sacrificio em propulsores Tubo Kort.

### **4.3.2 Proteção catódica por corrente impressa**

Nesse processo o fluxo de corrente fornecido origina-se da força eletromotriz de uma fonte geradora de corrente elétrica contínua, sendo largamente utilizados na prática os retificadores que, alimentados com corrente alternada, fornecem a corrente elétrica contínua necessária à proteção da estrutura metálica.

É um mecanismo de proteção cuja vantagem é a propriedade de o retificador apresentar potência e tensão de saída variadas de acordo com a necessidade da proteção, que depende da resistividade elétrica do eletrólito. Seu uso é muito comum para a proteção de estruturas em contato direto com eletrólitos de baixa, média, alta e altíssima resistividade elétrica.

Quando se realiza proteção catódica em navios, é ideal que se usem na proteção catódica interna de tanques de lastro, os sistemas galvânicos de zinco e alumínio. Na parte externa do navio, podem ser utilizados os dois sistemas de proteção catódica e tintas não saponificáveis.

Este processo também visa proteger uma superfície metálica utilizando-se do sacrifício de um anodo inerte, que tem diferentes aplicações que dependem do material o qual é composto. Existem diversos tipos de anodos que podem ser utilizados para uma mesma função, devendo ser feito um estudo sobre o qual é mais vantajoso para o metal que deve ser protegido. Os tipos de anodos e suas aplicações seguem a seguir.

Anodos	Aplicações
Grafite	Solos, água do mar não-profunda e água doce
Ferro-silício-cromo	Solos ou água do mar com teor de cloreto inferior a 60 ppm
Chumbo-antimônio-prata	Água do mar, suspensos, sem tocar o fundo do mar
Titânio, nióbio ou tântalo platinizado	Solos, água doce, água do mar e concreto
Titânio revestido com óxido de cério	Solos, água doce, água do mar e concreto
Magnetita	Solos, água doce e água do mar
Ferrita	Solos, água doce e água do mar

Tabela 2 - Anodos e suas aplicações.

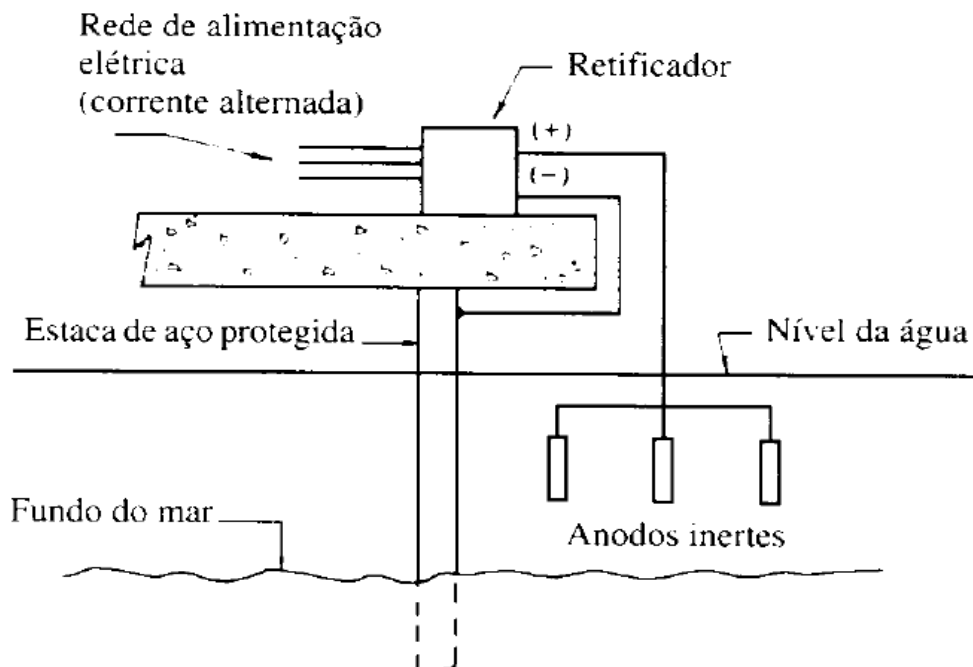


Figura 17 - Proteção catódica por corrente impressa para uma estaca de píer de atracação de navios.

<b>Sistema Galvânico</b>	<b>Sistema por Corrente Impressa</b>
Não requer fonte externa de corrente elétrica	Requer fonte externa de corrente elétrica
Econômico para requisitos de corrente elétrica até 5 A	Econômico para requisitos de corrente elétrica acima de 5 A
Manutenção mais simples	Manutenção menos simples
Possui vida limitada	Pode ser projetado para vida bastante longa
Necessita de acompanhamento operacional	Necessita de acompanhamento operacional
Somente para eletrólito de muito baixa resistividade elétrica	Pode ser usado em eletrólitos com qualquer valor de resistividade, inclusive os de muito baixa
Não apresenta problemas de interferências com estruturas estranhas	Pode apresentar problemas de interferência com estruturas estranhas
Não admite regulagem ou admite regulagem precária	Pode ser regulado com facilidade.

Tabela 3 - Comparação entre os sistemas de proteção catódica galvânica e por corrente impressa.

## CAPÍTULO 5

### PINTURA NA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA

Quando usada como forma de proteção anticorrosiva, a pintura possui algumas vantagens, como facilidade de aplicação e de manutenção, relação custo/benefício e ainda outras facilidades como:

- Sinalização de estruturas ou equipamentos;
- Finalidade estética;
- Impedir a incrustação de microrganismos marinhos nos cascos das embarcações (a aplicação das tintas anticrustantes ou "antifouling" nos cascos dos navios evita a incrustação de microrganismos marinhos nos mesmos, o que contribui para evitar o consumo excessivo de combustível e aumentar a durabilidade da proteção anticorrosiva);
- Identificação de fluidos em tanques ou tubulações;
- Auxílio na segurança industrial;
- Diminuição da rugosidade superficial (vai facilitar o escoamento de fluidos);
- Permitir maior ou menos absorção de calor e;
- Identificação de falhas em isolamento térmico de equipamentos.

Quando se deseja proteger uma superfície metálica ou equipamento por meio de revestimentos de tinta, é comum definir-se um projeto de pintura dentro do qual se determinam todos os detalhes técnicos relacionados em sua aplicação, como por exemplo:

- O tipo de preparação e o grau de limpeza da superfície;
- As tintas de fundo ("primer"), intermediária e de acabamento a serem aplicadas;
- A espessura de cada uma das demãos de tintas;
- Os intervalos entre demãos e os métodos de aplicação das tintas;



- Os critérios para a execução de retoques na pintura;
- Os ensaios de controle de qualidade a serem executados na pintura e;
- As normas e os procedimentos a serem seguidos para cada atividade a ser realizada.

Para fins de proteção anticorrosiva de estruturas metálicas ou de equipamentos, um projeto de pintura é composto, na maioria dos casos, por três tipos de tinta: tinta de fundo ou primária ("primer"), tinta intermediária e tinta de acabamento. É importante ressaltar que nem sempre é necessária a presença da tinta intermediária. Em alguns casos, dependendo de especificação do esquema de pintura, ela pode ser substituída por uma demão adicional de tinta de fundo ou da tinta de acabamento.

- Tintas de fundo ou primárias ("primer"): são responsáveis pela aderência do sistema de pintura, são aplicadas diretamente à superfície "crua" do metal que necessita de proteção;
- Tintas intermediárias: são utilizadas para aumentar a espessura da camada protetora da tinta com um menor número de demãos, visando melhorar as características de proteção por barreira de tinta.
- Tintas de acabamento: visto que estão em contato direto com o meio corrosivo, elas têm a função de validar a resistência química do revestimento. Além disso, definem a cor final da proteção por pintura.

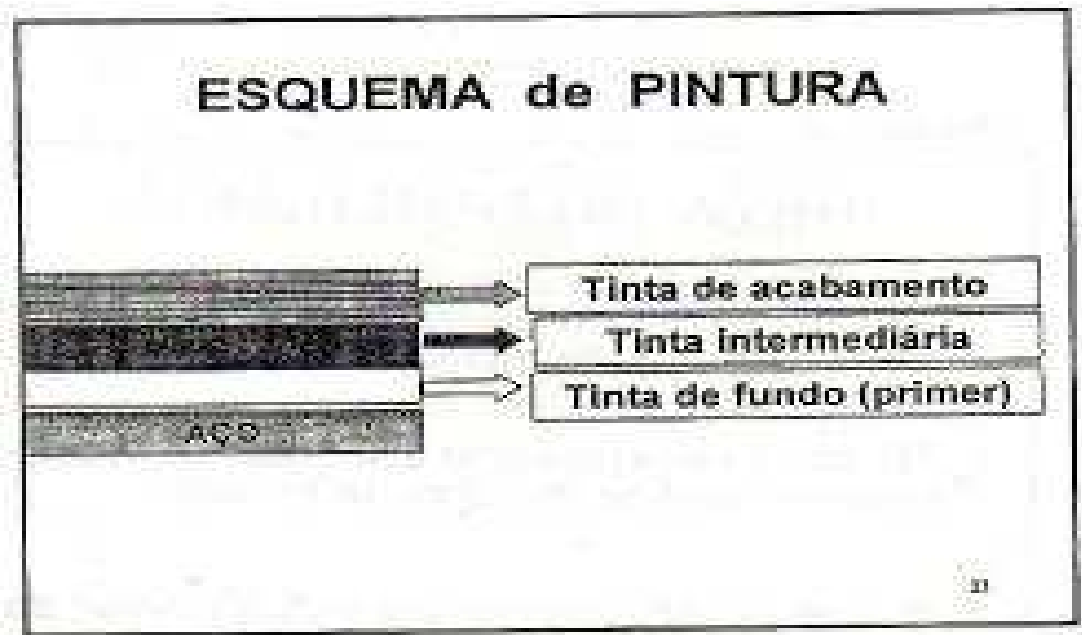


Figura 18 - Esquema de pintura.



Figura 19 - Aplicação das tintas de fundo no navio.

## **CAPÍTULO 6**

### **SISTEMAS DE PINTURA**

Os sistemas de pintura baseiam-se em um conjunto formado por vários componentes que, dentre os mais importantes, podemos destacar:

- Ensaios para aceitação e qualificação do sistema de pintura;
- Intervalo entre demãos;
- Número de demãos de tintas e espessuras secas por demão;
- Processo de aplicação das tintas;
- Especificação das tintas: de fundo, intermediária e acabamento e;
- Padrão de limpeza da superfície.

Na seleção ou elaboração de um sistema de pintura, principalmente aqueles destinados à anticorrosiva, diversos fatores são levados em consideração a fim de se obter o desempenho esperado. Os mais importantes são:

- Condições operacionais de trabalho (temperatura, abrasão, etc);
- Agressividade do meio corrosivo ao qual o material a ser protegido ficará exposto e;
- Condições de exposição das superfícies (submersa, enterrada ou exposição atmosférica).

Além destes, outros fatores podem determinar variações no sistema de pintura, em função de certas situações, por exemplo:

- Equipamentos ou instalações de grande importância, em um processo industrial e que dificilmente podem ser colocados em manutenção, necessitam de um sistema de pintura de alta performance e;
- Equipamentos ou instalações de maior responsabilidade, que possuam utilização em apenas certos períodos, ou que entrem em manutenção

periodicamente, podem ser pintados com sistemas mais econômicos do que aqueles indicados exclusivamente do ponto de vista de ambiente corrosivo.

## 6.1 Aplicações dos processos de pintura

A eficiência da proteção anticorrosiva conferida por um sistema de pintura depende de uma série de fatores que dentre os mais importantes podemos destacar:

- "Lay Out" anticorrosivo;
- Preparação do aço;
- Aplicação das tintas;
- Qualidade das tintas;
- Preparação da superfície e;
- Especificação do sistema de pintura.

A especificação do sistema deve ser elaborada adequadamente em função da agressividade do meio e das condições de trabalho das estruturas ou equipamentos, a fim de selecionar as tintas e os métodos de preparação da superfície mais apropriados.

A preparação da superfície é um fator determinante para garantir a adesão das tintas aos substratos em geral e como consequência concorrerá para aumentar a proteção anticorrosiva do sistema de pintura.

A qualidade das tintas é um fator muito importante, pois se elas não atenderem aos requisitos contidos nas suas especificações e não resistirem às condições do meio que serão expostas, certamente a proteção anticorrosiva ficará prejudicada.

A aplicação das tintas, é uma das etapas que se não for executada adequadamente todo o sistema de pintura ficará comprometido. Condições climáticas durante a aplicação (umidade relativa, temperatura do ar e do substrato), controle de espessura úmida e seca, intervalo de repintura entre demãos, adesão ao substrato metálico e verificação de porosidades, são algumas das principais propriedades que normalmente são consideradas durante e após a aplicação das tintas.

A preparação do aço é a etapa da pintura que consiste em quebrar quinas vivas, remover respingos de soldas, preencher porosidades, esmerilhar superfícies irregulares como cordões de solda manual e cortes a maçarico.

O "lay- out" anticorrosivo se refere aos cuidados específicos que devem ser tomados durante a fase de projeto das estruturas ou equipamentos.

## CAPÍTULO 7

### PINTURA DE NAVIO

#### 7.1 Principais métodos de aplicação das tintas

Os métodos para aplicação de uma tinta sobre uma superfície metálica são basicamente quatro: imersão, aspersão por meio de pistola convencional ou por meio de pistola sem ar (airless spray), a trincha e a rolo. Pode-se incluir, ainda, a aplicação de revestimentos à base de pós (powder coating).

A imersão pode ser dividida em dois processos, a imersão simples e a pintura eletroforética. A imersão simples consiste em mergulhar a peça que se deseja revestir em um recipiente que contenha tinta. Este processo oferece uma série de vantagens como economia, fácil operação, utilização mínima de operadores e equipamentos e a peça fica completamente recoberta. A pintura eletroforética se baseia na imersão simples, porém, as tintas possuem componentes que permitem sua polarização. Usando-se desta propriedade, conecta-se a peça à retificadores e estabelece-se uma diferença de potencial entre a peça e a tinta, o que fará com que a tinta seja atraída pela peça. No geral, a imersão é utilizada tanto em peças pequenas quanto em carrocerias de automóveis.

O processo da aspersão se baseia no uso de equipamentos especiais e ar comprimido para fazer com que a tinta passe por finos orifícios, onde se encontra um forte jato de ar. Entrando em choque com o filete de tinta, o ar irá atomizar as partículas que serão lançadas sobre a superfície a ser revestida. Este tipo de aplicação é recomendado para locais onde não haja vento, para que não ocorra o desperdício de tinta. Este processo tem maiores vantagens quando aplicado em superfícies planas e de grandes dimensões, como na pintura de grandes tanques e na indústria naval. Os equipamentos utilizados neste processo, em geral, são: pistola, compressor, mangueiras e reservatórios de tinta.

A trincha é recomendada para a pintura de tubulações de pequeno diâmetro em locais sujeitos a muito vento, para cordões de solda, cantos vivos, arestas, bem como ambientes com pouca ventilação. Apesar de ser um procedimento bastante simples, para se obter um bom revestimento não se deve mergulhar por completo as cerdas da trincha na tinta, pois a parte superior, quando não é usada, acarreta perdas e estraga prematuramente a trincha.

Quando se trata de superfícies planas e áreas relativamente grandes, o método mais recomendado é o rolo. Uma grande desvantagem é a perda do controle da espessura da tinta, e em muitos casos não se consegue obter espessuras tão elevadas quanto as desejadas.

Os revestimentos à base de pós têm como princípio básico a formulação da tinta na forma de pó, tendo sua película formada pela fusão da resina. Desta forma, o pó pode ser aplicado pelos seguintes métodos: leito fluidizado e pistola eletrostática. O leito fluidizado consiste em uma caixa com um fundo falso poroso, através do qual é insuflado ar à pressão constante. A função do ar é manter o pó em suspensão, de forma que um objeto aquecido, quando mergulhado no pó, seja totalmente recoberto. O método da pistola eletrostática consiste em passar o pó através de uma pistola especial que na sua saída forma um campo magnético, o qual carrega as partículas negativamente de forma que estas, quando orientadas em direção a um objeto ligado à terra, cobrem-no totalmente. Apresenta a vantagem de não se precisar aquecer previamente o objeto, bastando colocá-lo em estufa para que a película seja formada.



Figura 20 - Exemplo de pintura por aspersão.

## 7.2 Normas de segurança para trabalho específico

Algumas normas regem as condições sob as quais os trabalhos de pintura de superfícies metálicas devem ser realizados. como por exemplo a " (PDP - 063) - Pintura de manutenção em plataforma - Procedimento de execução."

Algumas condições são estabelecidas para a realização da pintura, como:

- Nos trabalhos de reparos de superfícies para pintura (raspagens, limpeza, polimento) devem ser utilizados os equipamentos de proteção individual que a atividade requerer;
- Na limpeza de superfícies com solventes, devem ser empregados solventes com ponto de fulgor acima de 38 graus C; se a temperatura ambiente for elevada, devem ser usados solventes com ponto de fulgor ainda mais alto;
- O pessoal que faz aplicação de solventes deve usar vestuário de mangas compridas, óculos de segurança, luvas de PVC e proteção respiratória adequada;
- Quando do uso de solventes aromáticos ou hidrocarbonetos clorados deve ser dada especial atenção às condições de ventilação e à proteção respiratória;
- Não será permitida a utilização de detetor de descontinuidade em dias em que haja perigo de descargas atmosféricas;
- Na aplicação de tintas devem ser utilizadas máscaras com filtros mecânicos (contra material particulado) ou, no caso de se trabalhar com solventes tóxicos, com filtro químico (contra gases e vapores);
- É proibido uso de solvente para limpeza da pele, bem como ar comprimido para remover poeiras das roupas e;
- Somente pessoal qualificado deverá ser designado para a realização de serviços de pintura.

## 7.3 Pintura Industrial - terminologia (ABNT NBR 15156)

"A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês



Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 15156 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Corrosão (ABNT/CB-43), pela Comissão de Estudo de Pintura Anticorrosiva (CE-43:000.02). O Projeto circulou em Consulta Pública conforme Edital nº 04, de 30.04.2004, com o número Projeto 43:000.02-007."

Esta norma tem por objetivo definir os termos da pintura industrial, como por exemplo:

- preparação de superfície: Conjunto de operações que objetivam tornar um substrato capaz de receber aplicação de tinta. Pode ser efetuado por: limpeza com solventes, decapantes químicos, ferramentas manuais, ferramentas mecânicas, jateamento abrasivo e hidrojateamento de alta pressão;
- corrosão: Deterioração de um material geralmente metálico ou não, por ação química ou eletroquímica aliada ou não a esforços mecânicos;
- esquema de pintura: Programa que engloba desde o preparo da superfície até o sistema de pintura utilizado, incluindo a especificação das tintas, a seqüência da aplicação, espessuras, intervalos entre demãos e método de aplicação;
- limpeza de superfície: Fase inicial da preparação da superfície;
- pintura: Processo de proteção de uma superfície pela aplicação de tintas;
- tinta: Produto líquido, pastoso ou em pó, com propriedades de formar película após secagem ou cura, composto por uma mistura formada de resinas, pigmentos, solventes, cargas e aditivos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que apesar de a corrosão de superfícies submersas ou parcialmente imersas em meios corrosivos ser um problema que existe há séculos, apenas a pouco tempo, esta se tornou uma preocupação efetiva a nível internacional.

Através desse estudo foi possível compreender a importância da corrosão como um processo espontâneo que está constantemente transformando os materiais metálicos, de modo que sua durabilidade e desempenho deixam de satisfazer os fins aos quais se destinam, causando elevados prejuízos.

A solução encontrada para a frustrada manutenção corretiva é a manutenção preventiva, ou até mesmo a preditiva, que são mais eficientes e prolongam a vida útil das peças e estruturas as quais são aplicadas.

A proteção catódica, por possuir suas variações, por corrente impressa e por anodos de sacrifício, se torna eficaz na proteção de inúmeras superfícies metálicas, devendo ser avaliadas as condições em que tal estrutura se encontra para se determinar o melhor método a ser aplicado.

A pintura se mostrou um método de proteção anticorrosiva com satisfatória relação custo/benefício e de alta qualidade. Porém, para atingir tais parâmetros devemos levar em consideração fatores determinantes, tais como: condições de exposição e de trabalho dos equipamentos e das estruturas que serão utilizadas em todo o processo de pintura.

Nos dias atuais, a utilização de processos que corrigissem a corrosão, para estruturas de porte tão grande, como os navios, se tornou inviável tendo em vista os custos que seriam necessários para com a manutenção dos mesmos. Assim, os métodos descritos, que visam a manutenção preventiva, são vitais para a preservação do navio, e suas ações sinérgicas constituem o estado da arte para a prevenção da corrosão metálica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Formas de corrosão**, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO. Disponível em: <[www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br)> Acesso em: 06 agosto 2013.

**Corrosão**, CESEC/UFPR – Centro de Estudos de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <[www.cesec.ufpr.br](http://www.cesec.ufpr.br)> Acesso em: 26 julho 2013.

**Manutenção preventiva em estruturas metálicas**. Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/manutencao-preventiva-em-estruturas-metalicas>> Acesso em 11 agosto 2013.

**Corrosão e tratamento da superfície**. Disponível em: <[http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_ctrl\\_proc\\_indust/tec\\_metal/corr\\_trat\\_superf/161012\\_corr\\_trat\\_superf.pdf](http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_metal/corr_trat_superf/161012_corr_trat_superf.pdf)> Acesso em 25 julho 2013.

**Métodos de preparo da superfície**. Disponível em: <<http://www.anatin.com.br/dicas.html>> Acesso em 15 agosto 2013.

ABRAFATI, Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. **Tintas e Vernizes**. Volume 1. 1ª Edição. Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro.

**Pinturas Técnicas**, Departamento Técnico da Pintura. Publicado na Revista Construção Metálica N°69. Disponível em: <[www.pintur.com.br](http://www.pintur.com.br)> Acesso em: 12 agosto 2013.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro: 1994.

PANOSSIAN, Zehbour. **Proteção Contra Corrosão Durante Armazenamento e Transporte**. São Paulo:1992.

NUNES, Laerce de Paula. **Fundamentos de Resistência a Corrosão**. Rio de Janeiro: 2007.

