CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA
CONSTRUMETAL 2014

Tema: oficial de submissão

AS VANTAGENS E APLICAÇÕES DO SISTEMA DUPLEX*

Luiza Abdala[1]

Resumo

Estruturas metálicas expostas sofrem com a ação de agentes de corrosão que podem ameaçar a integridade da estrutura. Os sistemas de proteção contra a corrosão mais utilizados são a galvanização por imersão a quente e a pintura, e a especificação da proteção adequada é uma parte importante de um projeto de construção metálica. A galvanização por imersão a quente é o processo no qual a peça é imersa em um banho de zinco a 450°C, que garante ao aço proteção contra a corrosão tanto por barreira, quanto catódica, com a formação de camadas intermetálicas Ferro-Zinco, além de uma camada de Zinco puro. A pintura também é utilizada como proteção, porém confere somente uma barreira contra a corrosão. Para ambientes de exposição a ambientes menos severos de corrosão, a pintura é suficiente para garantir a boa durabilidade da estrutura. Já a galvanização é indicada quando as estruturas são expostas a ambientes mais agressivos, ou a estrutura tem difícil acesso para manutenções. Ainda, é possível combinar as duas técnicas, o sistema duplex. Este sistema confere o aumento de vida útil até 2,5 vezes maior que a simples soma das expectativas de durabilidade dos métodos de proteção separadamente. Isso se dá através do efeito sinérgico entre os sistemas.

Palavras-chave: Galvanização; Pintura; Sistema Duplex; Corrosão.

THE ADVANTAGES AND USES OF DUPLEX SYSTEM

Abstract

Exposed metallic structures suffer with the action of corrosion agents that can threaten the integrity of the structure. The most commonly used protection methods are hot dip galvanizing and painting, and the specification of adequate corrosion protection is one of the most important parts of a metallic structures construction project. Hot dip galvanizing is a process in which the steel is immersed in molten zinc bath at 450°C, which ensures both cathodic and barrier protection against corrosion, with the formation of intermetallic layers Iron-Zinc plus a layer of pure zinc. Painting is also widely used as protection to steel, but its protection is only a barrier. For exposure to less corrosive environments, paint is sufficient to ensure good durability to the structure. Galvanizing is indicated when the structures are exposed to harsh environments, or in cases where the access to perform maintenance is difficult. It is also possible to combine the two techniques, which is called Duplex System. This system provides an increase in the structure's lifetime up to 2.5 times greater than the simple sum of the expected durability of the protecting methods separately. This is due to the synergistic effect, the interaction between the two protection methods.

Keywords: Hot dip galvanizing; Paint; Duplex system; Corrosion.

[1] Engenheira Química, Engenheira de Desenvolvimento de Mercado, Votorantim Metais, São Paulo, SP, Brasil.

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2014** – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica – 02 a 04 de setembro de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A corrosão é a tendência natural que os materiais têm de retornarem ao seu estado de maior estabilidade, no caso do aço, o óxido de Ferro. Esta é uma patologia muito comumente encontrada em estruturas de aço e é um processo de deterioração que produz alterações prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais, podendo ser uma ameaça silenciosa à integridade da estrutura. De acordo com o estudo da norte-americana Nace International (The National Association of Corrosion Engineers), maior entidade de estudos sobre corrosão do mundo, desenvolvido pela CC Technologies (EUA), o custo total dos efeitos da corrosão metálica nos Estados Unidos alcança o montante de cerca de 280 bilhões de dólares anuais, correspondentes a 3,1% do seu PIB.

Existem diversas formas de se proteger o aço contra a corrosão, sendo a pintura a principal opção escolhida atualmente, tanto por motivos estéticos, quanto por falta de conhecimento acerca de diferentes métodos. Um sistema de pintura pode ser uma excelente forma de proteção contra a corrosão, desde que bem especificado e bem aplicado. No entanto, sendo uma proteção por barreira, a pintura exige manutenções constantes para evitar que possíveis fissuras no revestimento se tornem pontos foco de corrosão. Já a galvanização por imersão a quente é um sistema de proteção muito eficiente para estruturas e elementos metálicos, que promove uma proteção ainda maior do aço. O zinco tem propriedades que fazem com que a proteção ao aço se dê tanto por barreira quanto catódica, principal diferencial deste método.

Ainda, ambos os métodos podem ser combinados, com a pintura sobre o aço galvanizado, o chamado Sistema Duplex que, além de trazer o acabamento estético ao aço já galvanizado, ainda promove uma proteção ainda maior ao substrato, através do chamado efeito sinérgico entre os revestimentos.

2 PINTURA

A pintura anticorrosiva desempenha um papel importante na indústria da construção metálica, já que dá acabamento ao produto final. Entretanto, mais importante que o acabamento, todo o projeto de especificação da pintura exige um estudo elaborado do uso do aço, o local em que será inserido e a agressividade do meio, a vida útil esperada e diversos outros fatores que afetarão a durabilidade da estrutura. No Brasil, existe uma cultura de que a pintura é uma solução simples e barata, porém, para se ter uma eficiente proteção, é necessário que se tenha conhecimento dos diferentes tipos de tintas existentes, da correta preparação da superfície – etapa fundamental anterior à aplicação de qualquer tipo de revestimento anticorrosivo - e da adequada aplicação do revestimento – principalmente no que tange ao tempo necessário entre a aplicação de cada camada aplicada de tinta. Hoje, ainda se tem no país altos custos e perdas de equipamentos por falta de manutenção e até mesmo pela incorreta especificação técnica ou aplicação incorreta do revestimento anticorrosivo.

O principal mecanismo de proteção das tintas é a proteção por barreira, ou seja, a camada de pintura isola o substrato de aço do contato com o meio corrosivo. Neste tipo de proteção, é comum que ocorra a corrosão por baixo da película de revestimento, pois possíveis fissuras no revestimento podem fazer com que o eletrólito alcance o metal. A corrosão, neste caso, pode ocorrer de forma silenciosa, só será visível quando a pintura começar a desplacar. A Figura 1 mostra as características do revestimento quando ocorre alguma fissura. A corrosão do

substrato começa imediatamente e os produtos de corrosão do aço (óxido de ferro) são mais volumosos, fazendo com que a tinta solte do substrato. A pintura não é indicada em casos em que se tenha muitos choques mecânicos à estrutura e é necessário tomar cuidado no transporte, manuseio e montagem da estrutura, quando a pintura é anterior à estas etapas, para se evitar ao máximo possíveis fissuras no revestimento e os problemas de corrosão decorrentes.

Figura 1. Comportamento da camada de tinta quando ocorrem fissuras no revestimento.

Para proteger uma estrutura ou equipamento, faz-se a aplicação de um esquema de pintura sobre a superfície que se quer proteger. O chamado "esquema de pintura" é um procedimento no qual são especificados os detalhes técnicos contemplados na aplicação, como o tipo de preparação e o grau de limpeza da superfície, as tintas de fundo, intermediária e de acabamento bem como suas espessuras, intervalos entre demãos e método de aplicação das tintas. Existem diversas normas e procedimentos que podem ser seguidos para o esquema de pintura ser eficiente.

3 GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO A QUENTE

O processo de galvanização por imersão a quente consiste na imersão de uma peça de aço em diversos banhos de limpeza desse aço e, posteriormente, em um banho de Zinco fundido, a 450°C, o que garante ao aço a proteção contra a corrosão tanto por barreira, com a formação de uma camada de zinco metálico puro na superfície da peça, quanto catódica, com a difusão do Zinco na rede cristalina da peça, e consequente formação de camadas intermetálicas Ferro-Zinco, além da camada de Zinco puro, conforme Figura 2.

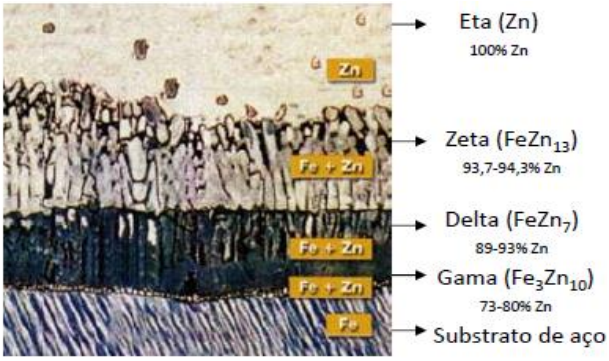

Figura 2. Camadas Ferro-Zinco e Zinco puro formadas no processo de galvanização.

O Zinco, por ser mais eletronegativo que o aço, sofre corrosão preferencial em relação ao aço e sacrifica-se para protegê-lo, esta é a chamada proteção catódica. Os produtos de corrosão do Zinco são aderentes e insolúveis e se depositam sobre a superfície do aço, isolando-o da atmosfera, evitando assim a corrosão em um processo semelhante à cicatrização. A taxa de corrosão do Zinco é linear em um ambiente específico, o que permite estimar a durabilidade do revestimento com base na sua espessura e através das taxas de corrosão determinadas para as categorias de corrosividade do ambiente, conforme a norma ABNT NBR 14643 Corrosão atmosférica – Classificação da corrosividade de atmosferas, indicada na Tabela 1 e Figura 3.

Tabela 1. Taxas indicativas de corrosão para ambientes diferentes (categorias de corrosividade de acordo com a ABNT NBR 14643)

Categoria de corrosividade	Taxa média anual de corrosão Zn (µm/ano)	Taxa média anual de corrosão aço (µm/ano)
C1 | interior: seco	< 0,1	< 1,3
C2 | interior: condensação ocasional exterior: rural	0,1 a 0,7	1,3 a 25
C3 | interior: alta umidade, pouca poluição no ar exterior: interior urbano ou costa urbana	0,7 a 2,1	25 a 50
C4 | interior: piscinas, plantas químicas exterior: interior industrial ou costa urbana	2,1 a 4,2	50 a 80
C5 | exterior: industrial com alta umidade ou alta salinidade costal	4,2 a 8,4	80 a 200

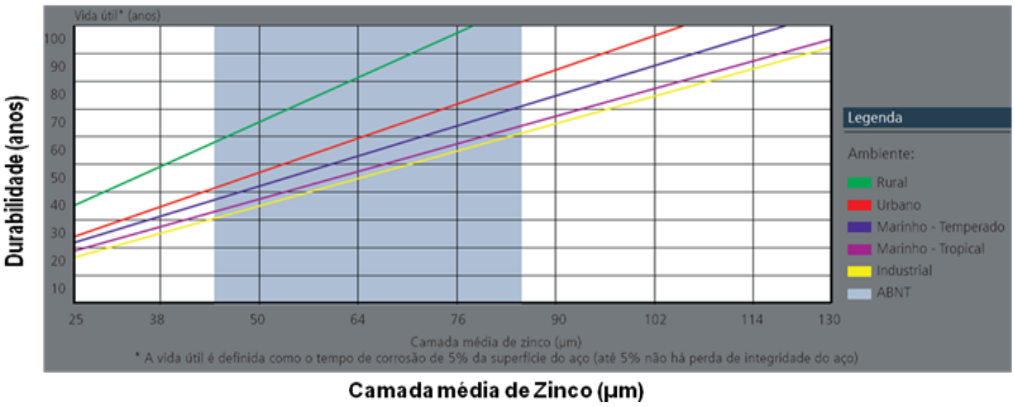

Figura 3. Efeito das condições ambientais na vida útil das estruturas zincadas.

O processo de galvanização por imersão a quente como forma de proteção contra a corrosão é indicado quando as estruturas estão expostas a ambientes agressivos e quando é esperada uma grande durabilidade, no entanto, seu comportamento varia de acordo com o pH do ambiente em que está inserido. A Figura 4 mostra a perda de massa do aço galvanizado conforme o pH do ambiente.

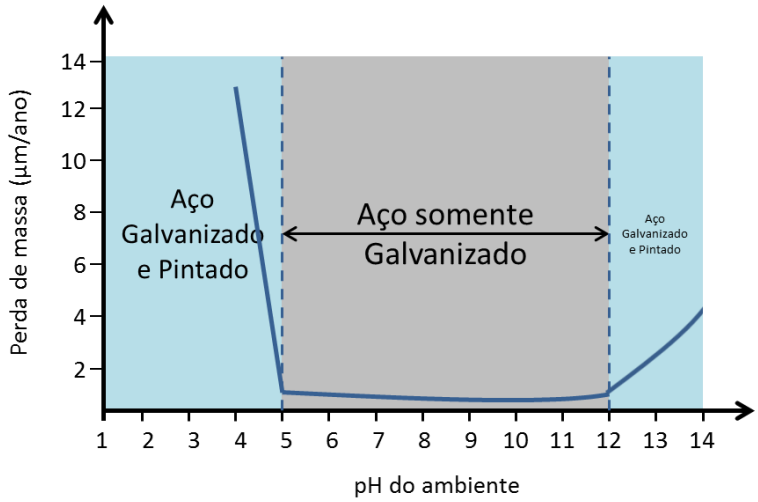

Figura 4. Perda de massa do aço galvanizado conforme o pH do ambiente.

Nota-se que o aço galvanizado tem bom comportamento, com baixas perdas de massa, em ambientes com pH entre 5 e 12. Em ambientes em que o pH é inferior à 5 ou mais alcalino que 12, recomenda-se além da galvanização, a aplicação da pintura, o chamado Sistema Duplex.

4 SISTEMA DUPLEX

O sistema Duplex, ou a pintura sobre aço galvanizado é especificado por duas razões principais: pela necessidade de cores por motivos estéticos, identificação ou sinalização ou também pela necessidade de máxima durabilidade em meio ambiente agressivo, ou ambos. Quando a estrutura metálica sofre ação de agentes corrosivos em meio fortemente ácido (pH <5) ou fortemente alcalino (pH >12), a galvanização sofre uma perda de massa considerável ao longo do tempo e, portanto, uma proteção adicional é necessária.

A durabilidade do sistema duplex não é simplesmente a soma das expectativas de vida útil dos sistemas de pintura e de galvanização separadamente, o substrato de aço dura de 1,5 a 2,5 vezes mais do que essa simples soma. Isto se deve ao efeito de sinergia entre os dois métodos de proteção. A tinta age como proteção por barreira e diminui a taxa com que o zinco é consumido, estendendo significativamente a durabilidade do aço galvanizado. Por outro lado, a camada de galvanização age como material de sacrifício, evitando os pontos foco de corrosão e a descamação da tinta, muitas vezes observada no aço comum. Uma vez que a camada de tinta for danificada, o zinco ainda estará disponível para fornecer tanto a proteção por barreira quanto a catódica. A Figura 5 mostra os resultados de um estudo realizado pela Australazian Zinc Development Association que buscava estimar a expectativa de durabilidade de um aço galvanizado e pintado.

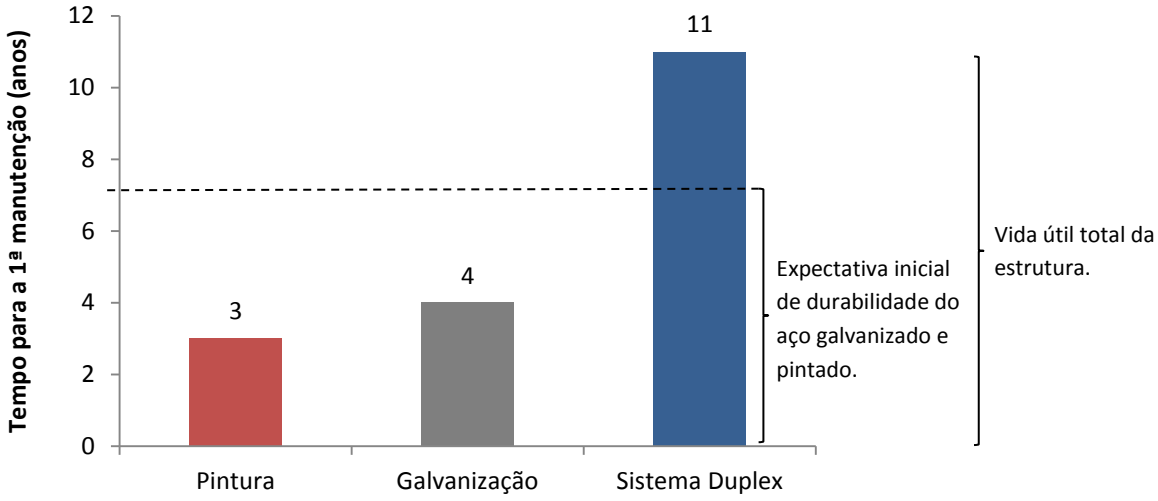

Figura 5. Tempo para a primeira manutenção com a utilização de diferentes métodos de proteção contra a corrosão.

Neste estudo, a estrutura pintada teve durabilidade de 3 anos, enquanto o aço galvanizado durou 4 anos. Seria esperado que o sistema duplex tivesse durabilidade de 7 anos, no entanto, foi observado que a estrutura teve vida útil de 11 anos, ou seja, 1,6 vezes maior que a simples soma. Os produtos de corrosão do aço são mais volumosos, possuem maior solubilidade e em 3 anos a tinta já apresentou desplacamento. Já os produtos de corrosão do zinco são menos volumosos e menos solúveis, preservando a integridade da camada de tinta por mais tempo. A Figura 6 ilustra o exemplo.

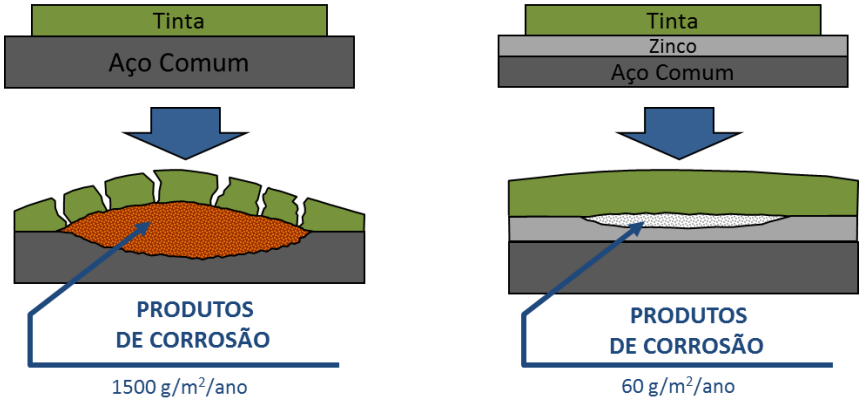

Figura 6. Sinergia entre os revestimentos de zinco e pintura.

Tanto o aço galvanizado novo, quanto peças já galvanizadas há mais tempo podem ser pintadas, e cada um necessita de uma preparação diferente para receber a tinta na superfície. No caso de aços galvanizados novos, o tratamento da superfície se da por 3 maneira possíveis:

tratamento químico de fosfatização (conforme NBR 9209), por jateamento abrasivo com areia ou outro abrasivo que promova remoção de, no máximo, 10% da espessura da camada de zinco ou então um tratamento mecânico e manual, preparando a superfície por meio de escovamento ou lixamento mecânico ou manual, conforme NBR 7346 e NBR 7347. Já para o galvanizado envelhecido, caso não haja corrosão no substrato ferroso, deve-se remover os produtos de corrosão branca e impurezas, por meio de escovamento ou lixamento. No caso de se utilizar tratamento mecânico, o polimento da superfície zincada deve ser evitado. Se houver corrosão no substrato ferroso, as áreas com corrosão devem ser reparadas através de jateamento abrasivo ao metal quase branco, grau Sa 2 ½ da norma NBR 7348.

Existem tipos de tintas específicos que podem ser usados para pintura sobre aço galvanizado. Tintas alquídicas, por exemplo, não são indicadas, ocorre a perda de flexibilidade e da aderência, conforme Figura 7. Por desconhecimento da maioria dos pintores que utilizam tintas à óleo e alquídicas (primer e esmalte sintéticos), muitas vezes saõ utilizadas erroneamente, por serem as tintas mais comuns e mais encontradas no mercado. Em seguida da aplicação da tinta, o revestimento ainda permanece satisfatório, no entanto, tempos depois começam se destacar.

Estas tintas falham quando aplicadas sobre o aço galvanizado pelas seguintes razões: As tintas a óleo, os primers e os esmaltes sintéticos contém óleos vegetais que contém ácidos graxos livres. Estes, reagem com os produtos de corrosão do zinco de caráter alcalino formando sabões de zinco. Por causa da alta permeabilidade ao vapor de água e ao oxigênio destas resinas, as películas de tintas não estarão mais aderidas diretamente sobre o zinco, mas sobre seus produtos de corrosão, principalmente óxido, hidróxido e sabões de zinco. Compostos solúveis sob a película de tinta provocam o surgimento de bolhas por causa do fenômeno de osmose, que também contribuem para agravar o problema de destacamento. A presença de óxido de zinco na superfície causa envelhecimento precoce da película de tinta alquídica com perda de aderência e de flexibilidade. Com o fissuramento, a água penetra na interface Metal/Tinta, onde existem os compostos solúveis e os sabões, causando o colapso total do sistema de pintura. A solução é o emprego de tintas insaponíficáveis, de alta aderência e de alta impermeabilidade.

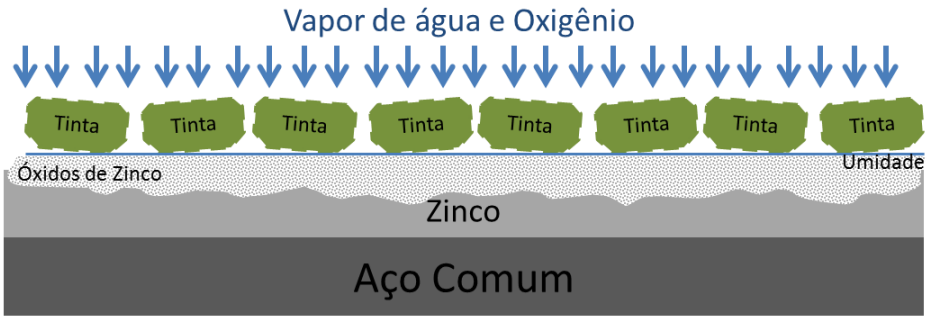

Figura 7. Comportamento de tintas alquídicas quando aplicadas sobre aço galvanizado.

A tinta epoxi-isocianato, é hoje a mais usada na indústria por oferecer uma série de vantagens. Esta tinta é insaponificável, se liga quimicamente ao zinco e oferece uma excelente base de aderência para diversos sistemas de pintura, como, por exemplo, alquídicos, acrílicos, epoxídicos e poliuretanos. Atualmente existem também as tintas acrílicas à base de água que

proporcionam uma boa aderência sobre o aço zincado. Neste caso, devem ser usadas tintas de acabamento também acrílicas.

5 CONCLUSÕES

Existem diversas formas de se proteger o aço contra a corrosão, sendo a pintura, proteção por barreira, uma técnica muito utilizada. No entanto, a galvanização por imersão a quente, além da proteção por barreira, ainda oferece a proteção catódica, o que torna essa opção mais interessante quando se avaliar a durabilidade da estrutura. Principalmente nos casos em que as estruturas de aço estão em ambientes corrosivos e que há dificuldade de acesso para manutenção, a galvanização é a proteção mais adequada.
O aço galvanizado é muito interessante em termos de longa durabilidade, mas pode oferecer uma vida útil maior ainda se pintado com tintas adequadas, selecionadas em função da agressividade do meio ambiente, sobre uma superfície corretamente preparada, o sistema duplex. Os produtos de corrosão do zinco são muito menos volumosos do que os do aço, e por isso danificam menos a tinta, contribuindo para que a pintura proteja a superfície por mais tempo. Se as tintas forem aplicadas enquanto o galvanizado está novo e ainda não sofreu desgaste, a durabilidade da pintura será maior e o custo de manutenção será muito menor. A tinta, neste caso, não compete com o aço galvanizado, o complementa, trazendo uma maior durabilidade e maior segurança às estruturas de aço.

6 REFERÊNCIAS

1 NUNES, Laerce de Paula; LOBO, Alfredo Carlos O. Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobrás, 2007.

2 Guia da Galvanização por Imersão a Quente. ICZ – Instituto de Metais Não Ferrosos. 2010. Disponível em: http://www.icz.org.br/portaldagalvanizacao/biblioteca-publicacoes.php

3 FRAGATA, Fernando de L. Qualificação para Inspetor de Pintura Nível 1 – Módulo I: A Pintura como Técnica da Proteção Anticorrosiva. Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2009.

4 GNECCO, Celso. Tratamento de superfície e pintura. Tintas Sumaré.
Disponível em: http://www.tintassumare.com.br/imagens/dica/dica_galvanizado.pdf