



Conteúdo:

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente - Diferença com a Zincagem Eletrolítica;
2. Normas a serem utilizadas;
3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323 – Especificação - Revisada;
4. Normas de controle de qualidade do produto galvanizado;
5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;
6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;
7. Aplicações de aço galvanizados;
8. Vergalhão Galvanizado.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

ESCOLHA PELO SISTEMA DE PROTEÇÃO:

O responsável pela escolha do sistema de proteção - seja ele pintura, galvanização ou galvanizado pintado (sistema duplex) - deverá responder a algumas questões básicas, tais como:

- Qual é o grau de agressividade sobre o sistema de proteção escolhido ao ambiente e à própria sociedade, durante a aplicação inicial e por toda a manutenção futura da estrutura?
- Quais são os custos iniciais e de manutenção previstos para o sistema de proteção, ao longo da Vida Útil de Projeto (VUP)?

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Como posso proteger o aço carbono ou o ferro fundido, da ação do meio ambiente:

- ÓLEO;
- GRAXA;
- PINTURA;
- VERNIZ;
- RESINA;
- GALVANOPLASTIA:
 - ZINCAGEM ELETROLÍTICA
 - NIQUELAÇÃO
 - CROMAÇÃO
 - COBREACÃO....

**SIMPLES
ADERÊNCIA
SUPERFICIAL**

UMA GRANDE DIFERENÇA

- GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO A QUENTE**

**DIFUSÃO DO ZINCO
NA REDE
CRISTALINA DA
PEÇA**

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

DEFINIÇÃO: É um processo de revestimento de zinco no aço carbono, ferro fundido ou aço patinável, que se encontram na forma de peças, estruturas, de vários formatos, tamanhos e complexidade, internamente e externamente.



Cuba de Zinco líquido a uma temperatura entre 450° e 460° Graus Celsius.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

É conhecido também no mercado como:

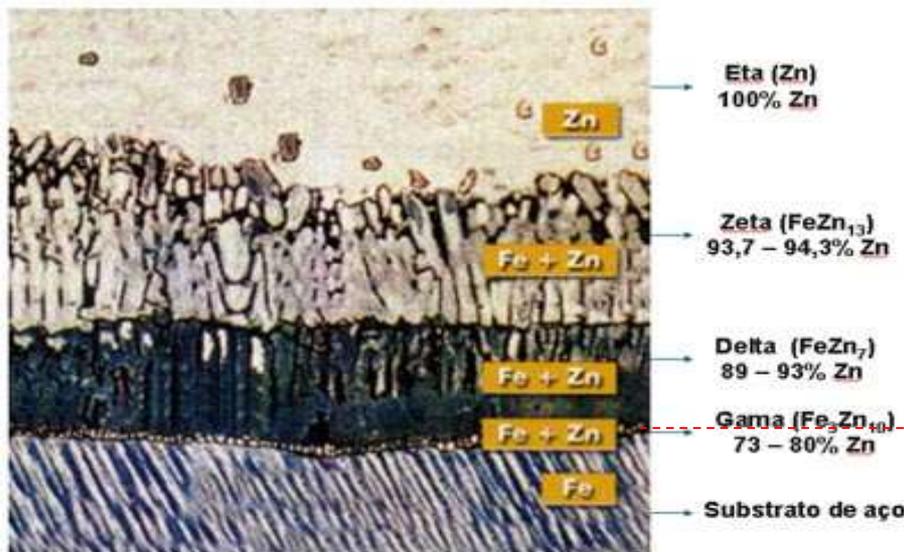
- ZINCAGEM POR IMERSÃO A QUENTE;
- ZINCAGEM A FOGO;
- GALVANIZAÇÃO A FOGO.



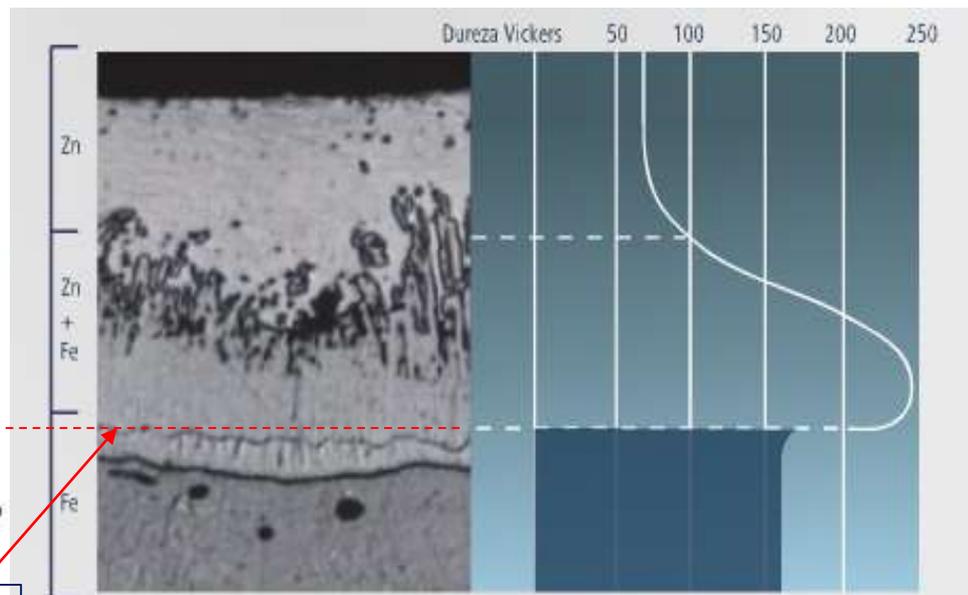
1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;
Oferece dupla proteção: Barreira e Catódica.

BARREIRA

Camadas



DUREZA DAS CAMADAS (VICKERS)



Nota: A camada intermetálica Gama de Fe-Zn apresenta uma dureza vicker maior que o próprio substrato do aço.

Figura 4. Microseção da camada galvanizada por imersão a quente, mostrando as variações da rigidez através do revestimento. As ligas de zinco-ferro são mais rígidas do que as de aço.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

A característica única da proteção por barreira da galvanização por imersão a quente é a reação metalúrgica que ocorre entre o aço e o Zinco.

Como o Zinco fundido encontra-se à uma temperatura em torno de 450° Graus Celsius, formam-se camadas intermetálicas de Zinco, Zinco-Ferro no substrato aço. Desta maneira o Zinco penetra na rede cristalina do aço, formando uma única estrutura, garantindo, assim, uma proteção contra a corrosão superior à uma por barreira convencional.

BARREIRA: Detalhe da reação metalúrgica



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

PROTEÇÃO CATÓDICA

Série Galvânica dos Metais

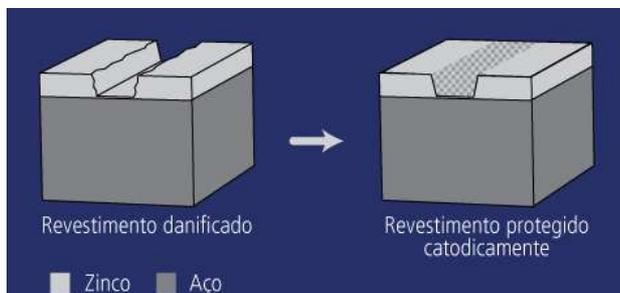
	METAL	POT.ELETRODO
MENOS NOBRES	Magnésio	-2,340
	Alumínio	-1,670
	Zinco	-0,762
	Ferro	-0,710
	Ferro	-0,440
	Cádmio	-0,402
	Níquel	-0,250
	Estanho	-0,135
	Chumbo	-0,126
MAIS NOBRES	Cobre	+0,345
	Prata	+0,800
	Ouro	+1,680

O zinco é utilizado neste processo por ser mais eletronegativo que o ferro contido no aço, isto é, a propriedade de atrair mais elétrons em uma ligação química.

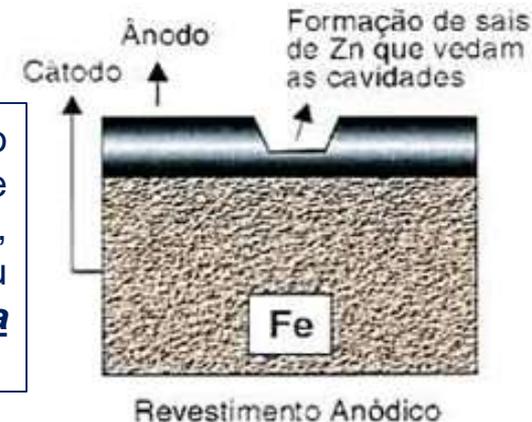
Como o zinco é mais anódico do que o elemento ferro na série galvânica, é ele que se corrói, originando a proteção catódica, ou seja, o zinco se sacrifica para proteger o ferro.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

PROTEÇÃO CATÓDICA



Como o zinco é mais anódico do que o elemento ferro na série galvânica, é ele que se corrói, originando a proteção catódica, ou seja, **o zinco se sacrifica para proteger o ferro.**



“Cicatrização” (Zn $\xrightarrow{\text{ar}}$ ZnO $\xrightarrow{\text{umidade}}$ Zn(OH)₂ $\xrightarrow{\text{CO}_2}$ ZnCO₃) =
Camada aderente e insolúvel.

A “Cicatrização” ocorre em áreas expostas com largura entre 1 mm e 5 mm, dependendo do eletrólito em contato com o revestimento galvanizado e a área exposta.

Nota: ZnO: Óxido de Zinco ; Zn (OH)₂: Hidróxido de Zinco ; ZnCO₃: Carbonato de Zinco

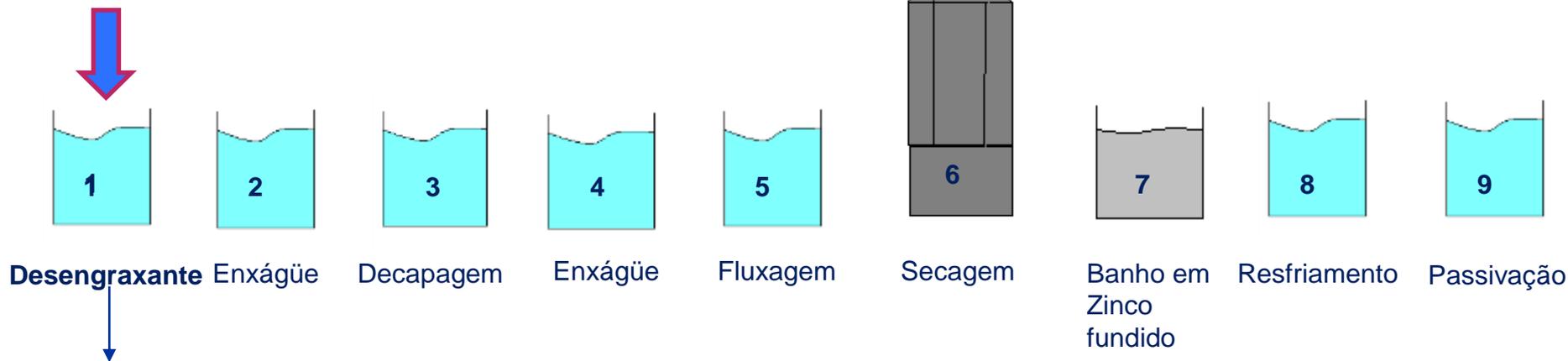
1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



1. ***Desengraxe (NaOH);***
2. ***Lavagem (água);***
3. ***Decapagem (HCl);***
4. ***Lavagem (água);***
5. ***Fluxagem (ZnCl₂ e NH₄Cl) (diminuir tensão superficial) (favorecer a molhabilidade);***
6. ***Secagem;***
7. ***Banho em zinco fundido (450°C);***
8. ***Passivação (solução cromatizante) e/ou Resfriamento.***

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Função do Desengraxante



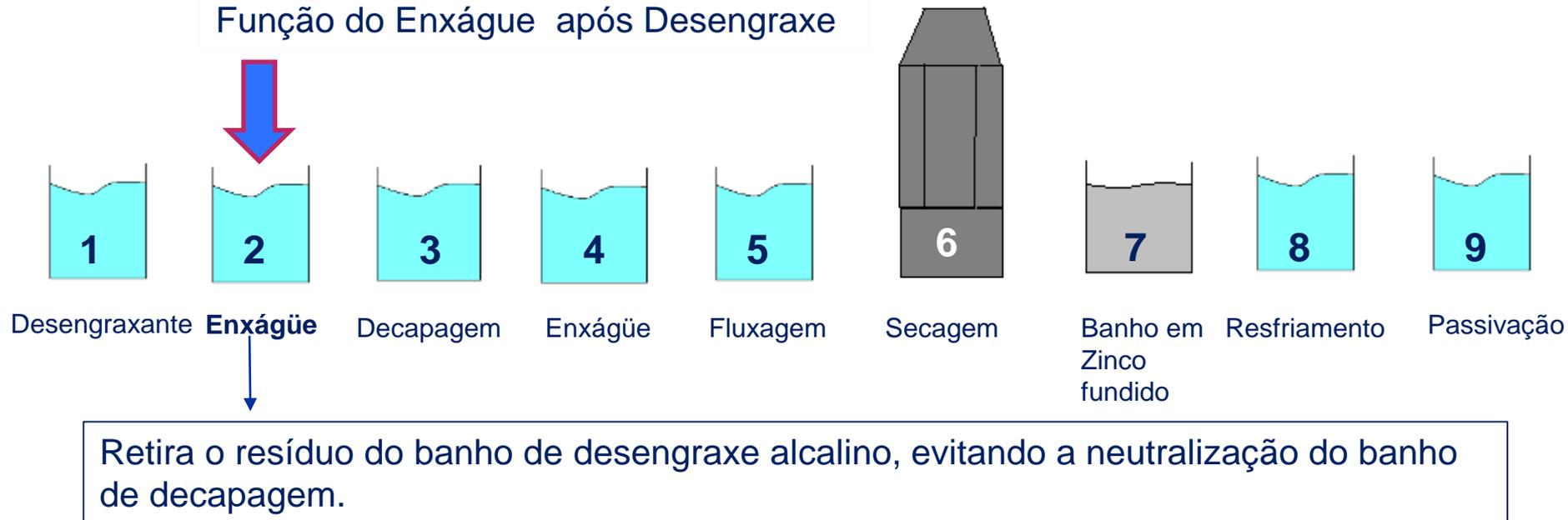
Remover todo resíduo de óleo e graxa do aço a ser galvanizado.

Essa operação é de grande importância, pois um material mal desengraxado ocasiona:

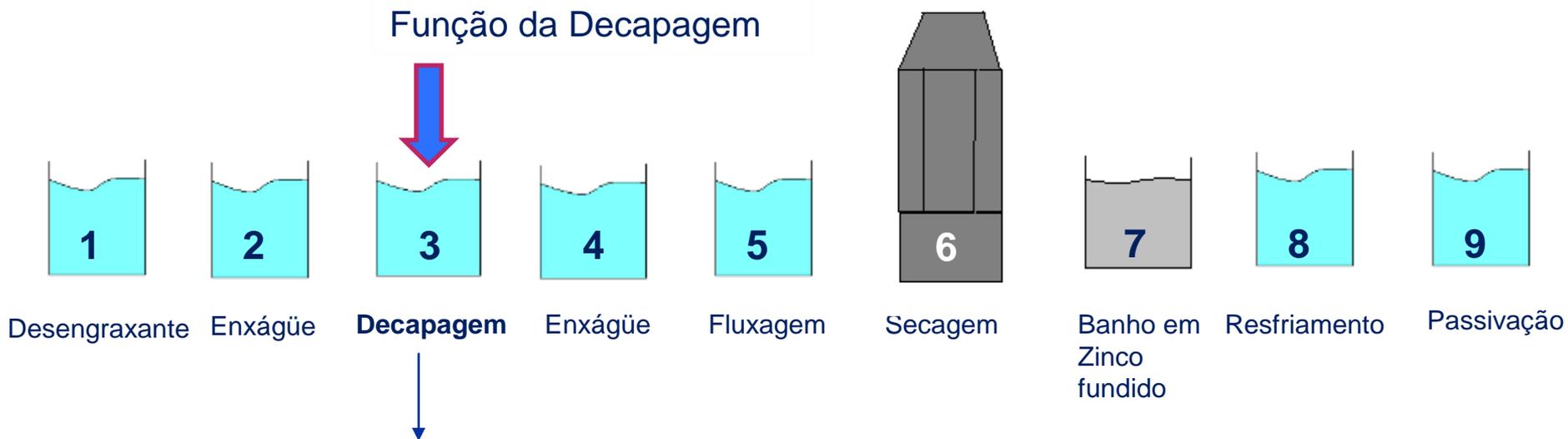
- compromete as etapas seguintes;
- Impossibilita a molhabilidade pelo zinco líquido (fundido).

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Função do Enxágue após Desengraxe



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



Tem a função de remover a carepa de laminação e remover a oxidação do material.

Pode-se usar:

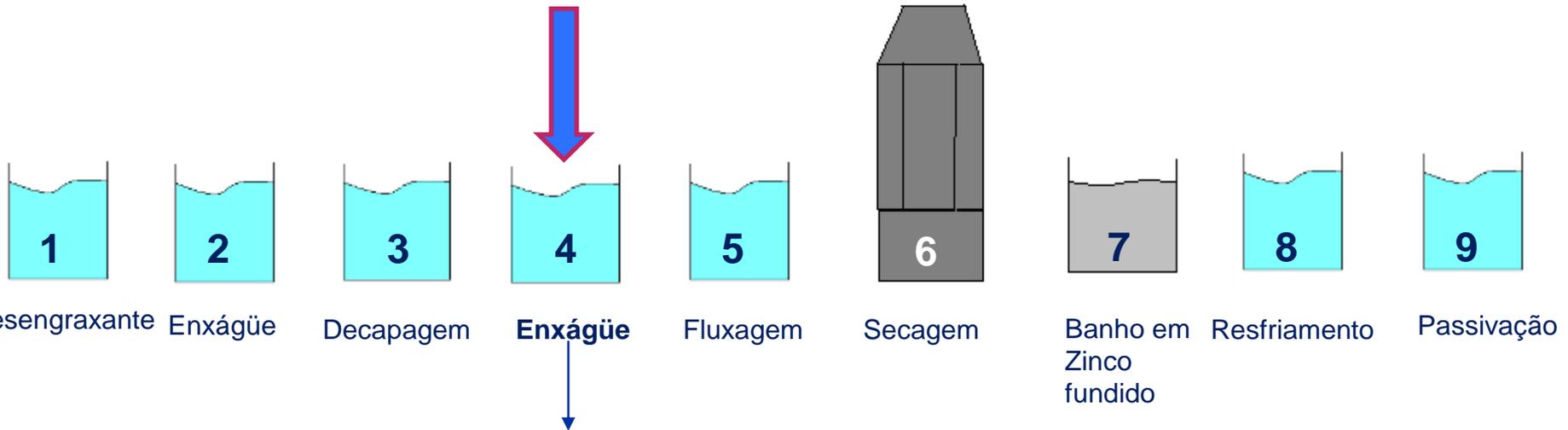
ácido clorídrico (HCl) – mais comum e a frio;

ou

ácido sulfúrico (H₂SO₄) – mais barato, porém tem que ser aquecido entre 60 e 65°C e é mais perigoso. A decapagem é mais rápida.

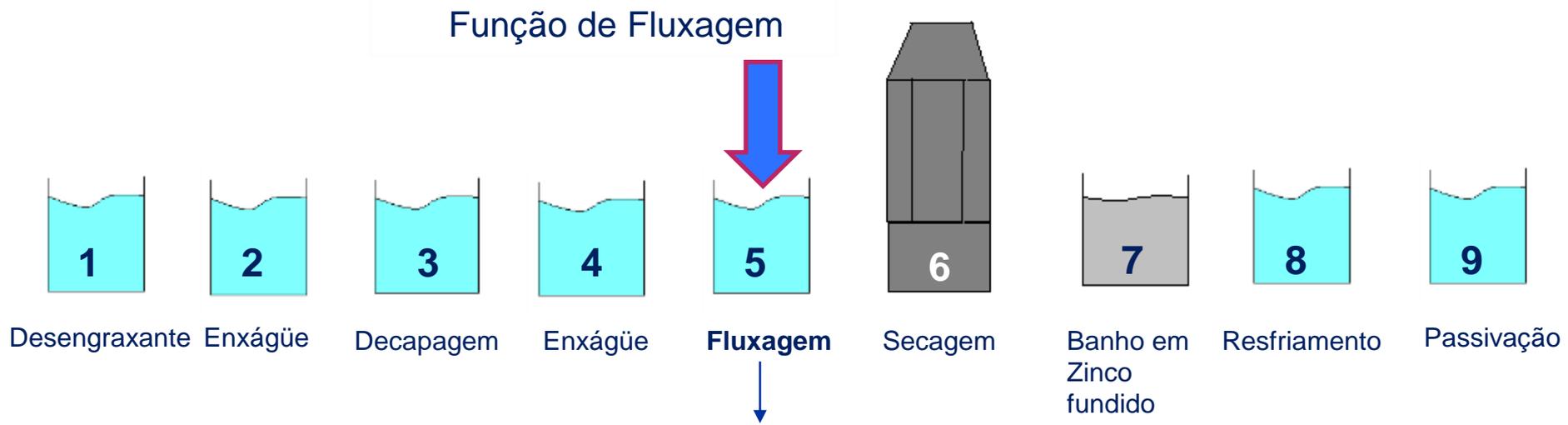
1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Função do Enxágüe após Decapagem



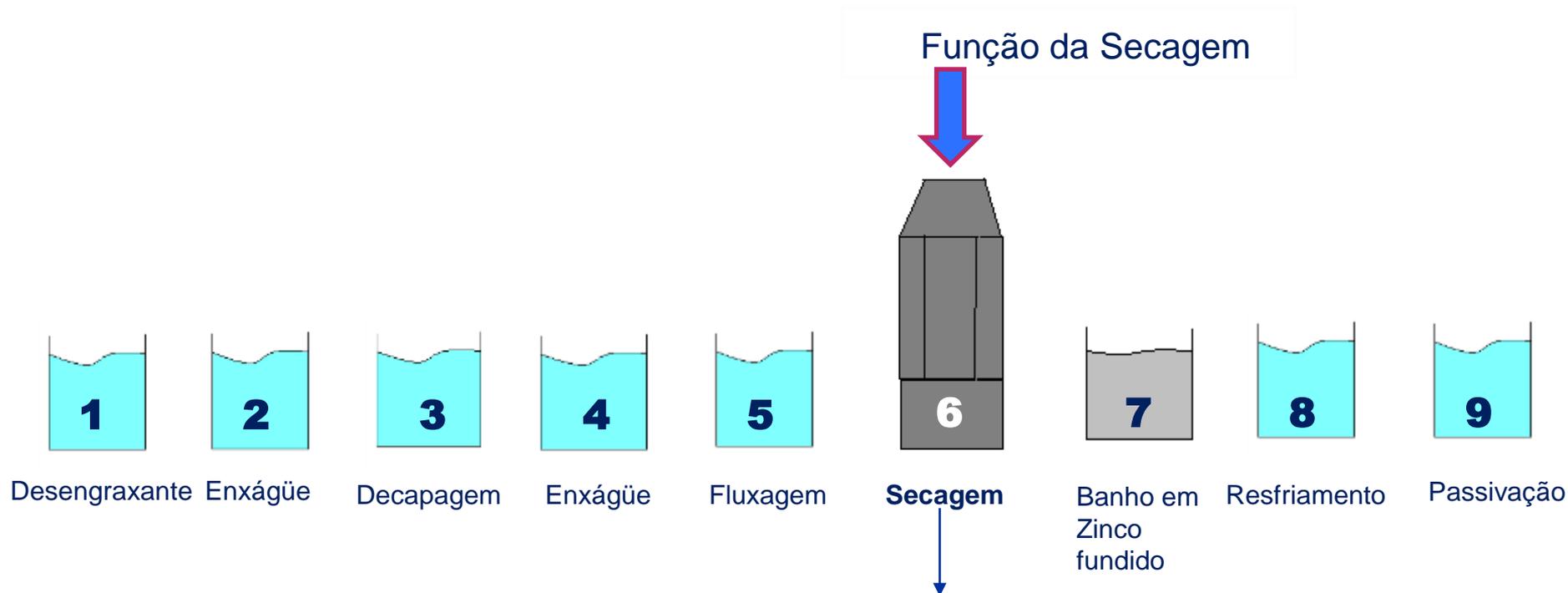
Tem a finalidade de evitar a contaminação do fluxo com ácido e ferro no banho de fluxagem.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



- Tem a função de remover micro oxidação, óxidos, carepas e preparar o material para dar aderência ao zinco.
- Temperatura: $> 35^{\circ}\text{C}$ e $< 80^{\circ}\text{C}$;
- Triplo sal - Relação de 55% de Cloreto de amônio (NH_4Cl) e 45 % de Cloreto de zinco (ZnCl_2);
- Teor de FeCl_2 : $< 5\text{g/litro}$ (ideal $2,5\text{g/litro}$);

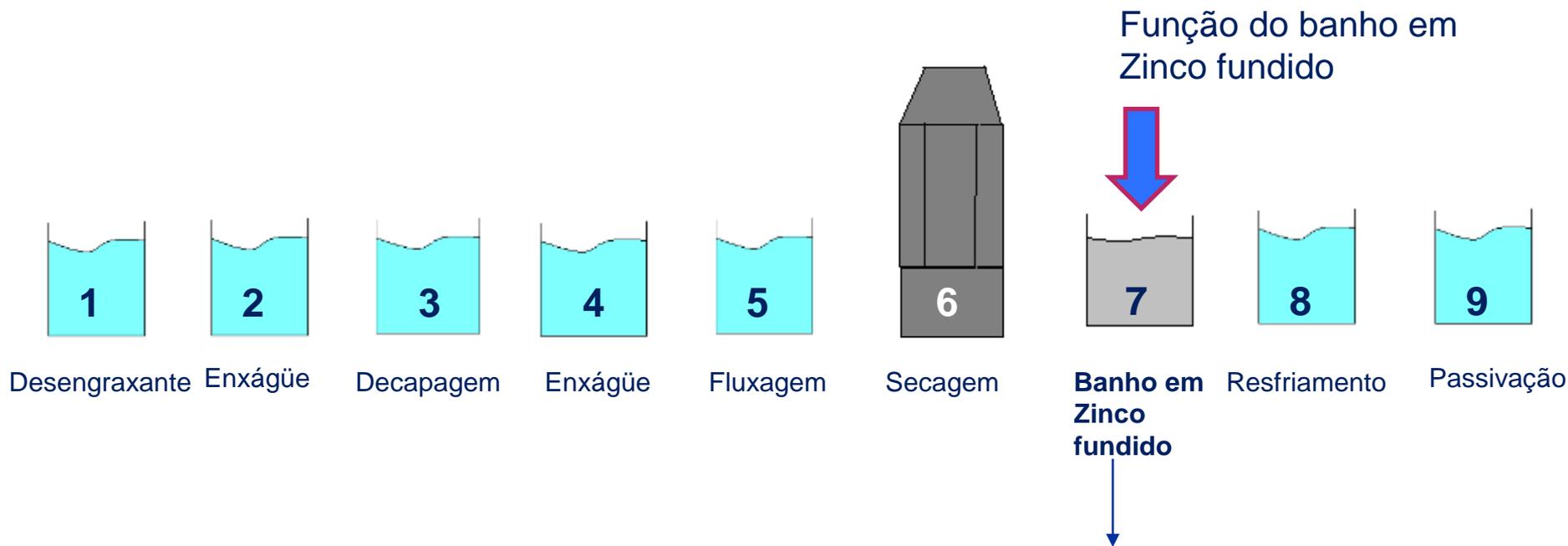
1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



A secagem tem a função de reduzir a umidade da peça com o objetivo de evitar o choque térmico e o excesso da formação de cinza de zinco.

Porém pode ser substituído pela fluxagem a quente com aditivos secantes.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



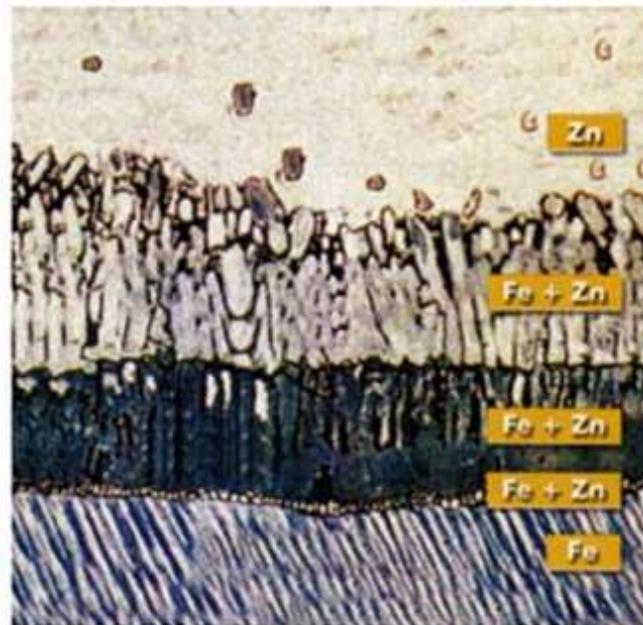
Processo onde ocorrerá a galvanização (revestimento por zinco) do ferro ou aço. Imersão no zinco fundido normalmente entre 440°C a 460°C.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

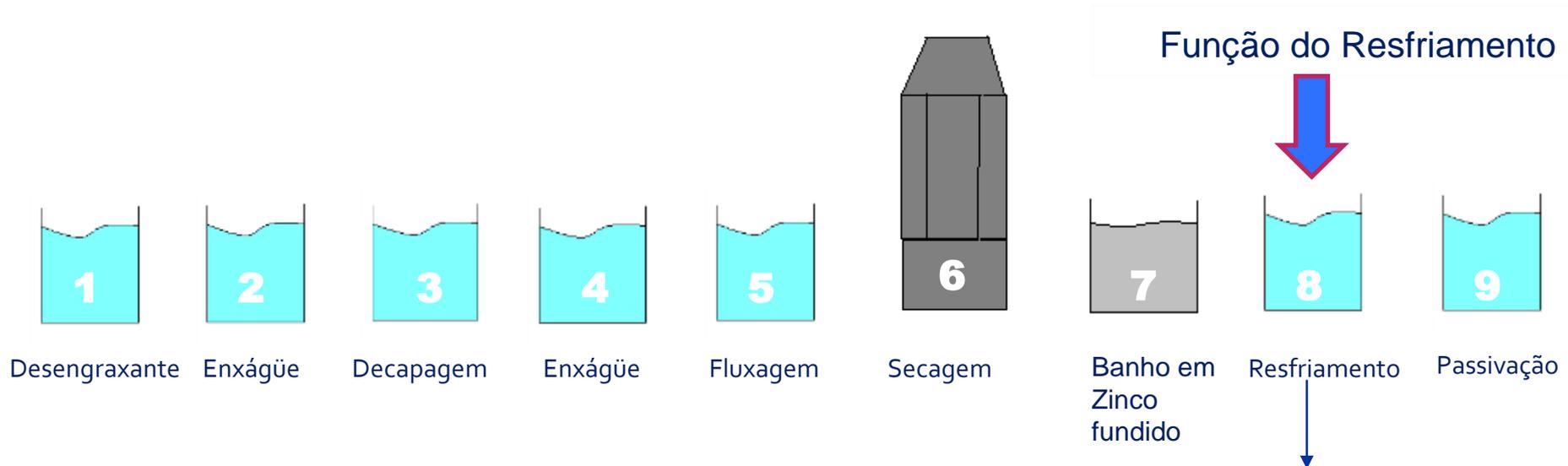
Detalhamento da espessura da camada do revestimento do Zinco, que depende de:

1. Espessura do metal base;
2. Composição química do metal base;
3. Tempo de imersão no banho de zinco;
4. Temperatura do banho de zinco;
5. Pré-tratamento da superfície por processo de jateamento ou químico.

Camadas

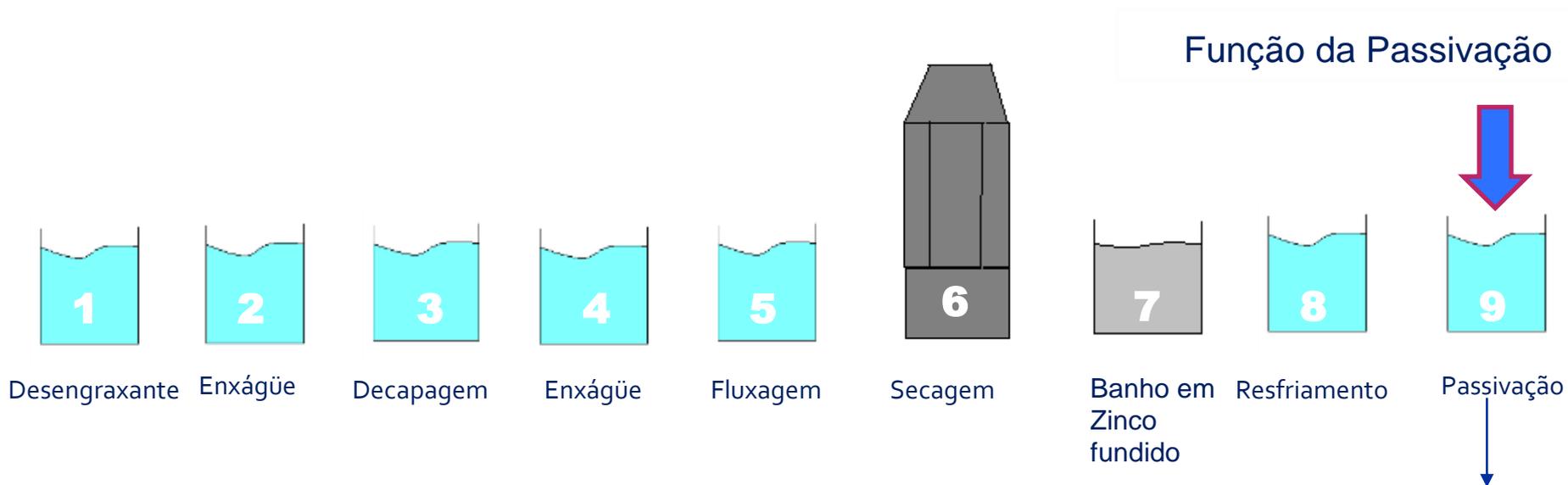


1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



Tanque com água, que tem a função de resfriar a peça, retardar o início da reação do zinco a altas temperaturas com o oxigênio da atmosfera e para evitar a degradação do banho de passivação.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

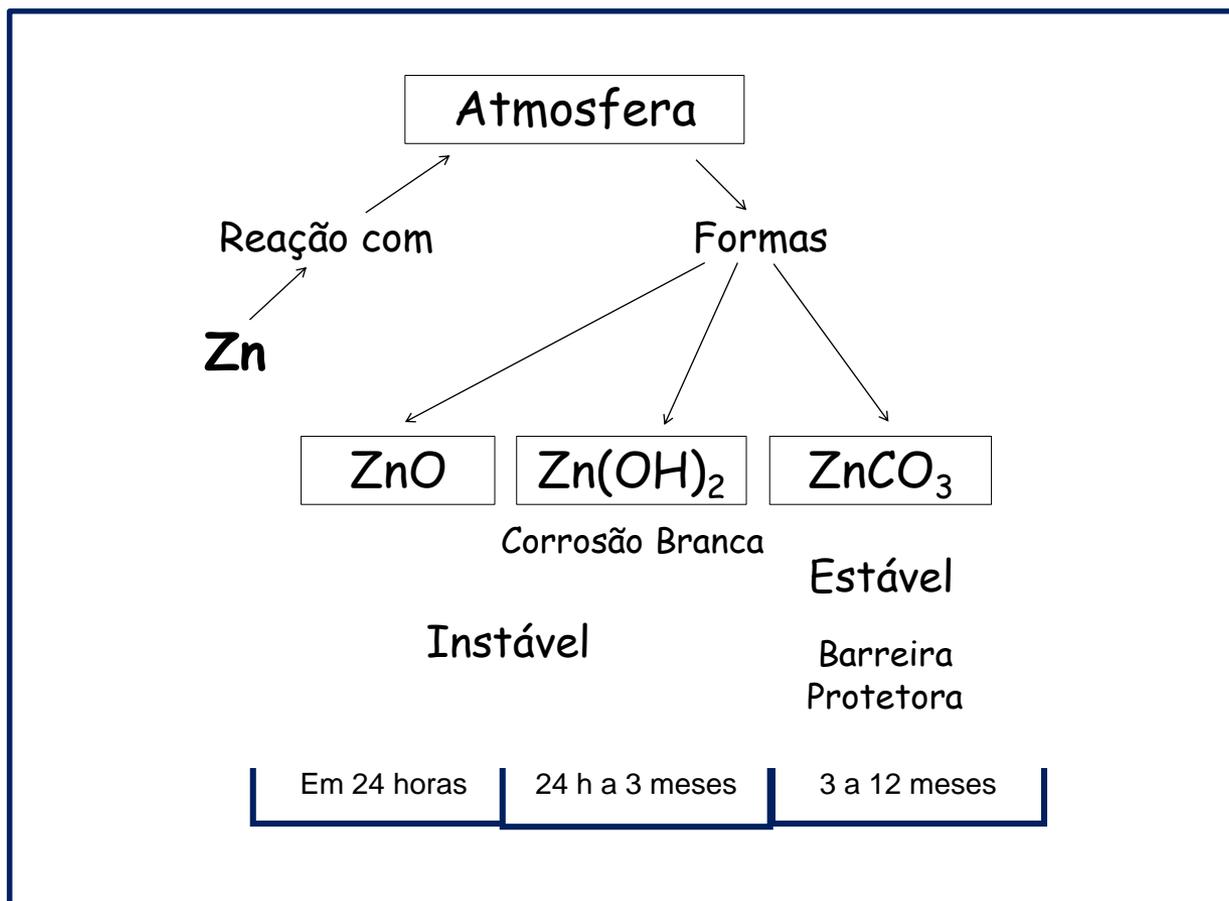


Tanque com solução cromatizante que tem a função de proteção temporária da camada de zinco evitando a oxidação branca por um período após a galvanização.

Obs. Peças que serão pintadas não deverão passar nessa etapa, visto que, poderá prejudicar a aderência da tinta.

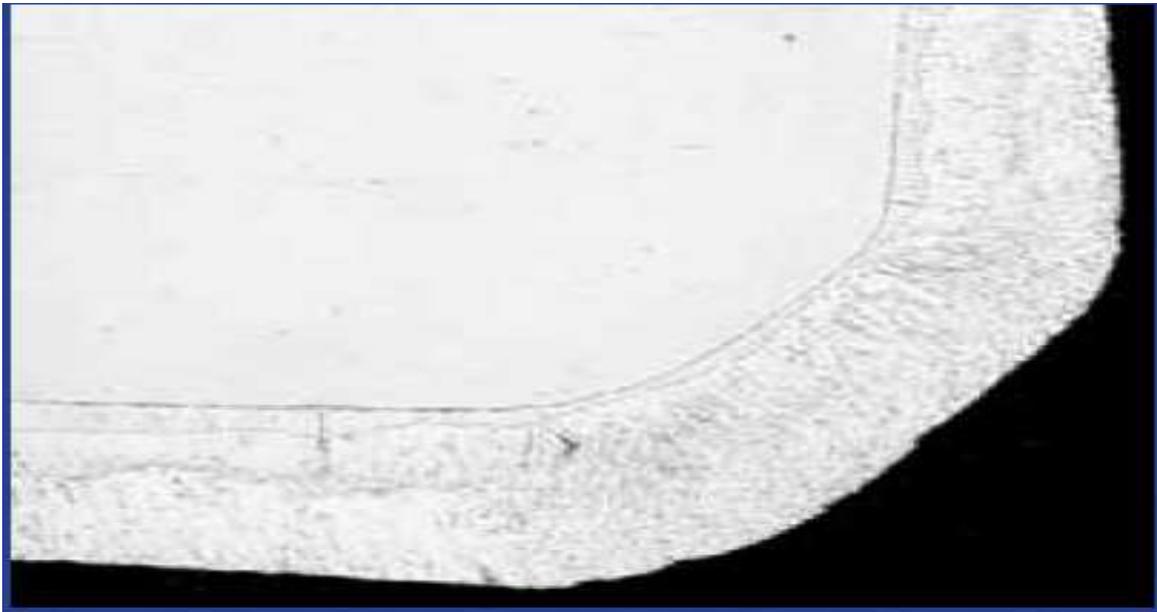
1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Ilustração da formação da pátina de zinco, $ZnCO_3$, na superfície galvanizada, que é a última etapa da passivação do revestimento com Zinco.



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

A Galvanização acompanha uniformemente o canto vivo, garantindo total proteção à peça.



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Características da Galvanização por imersão a quente: FLOR DE ZINCO

ACABAMENTO: Na cor cinza prata apresentando o efeito de flores (cristais de zinco), não necessariamente com frequência, com uma grande variedade de tamanhos;

CAUSA: Taxa de resfriamento e composição química. Geralmente resfriamento rápido resulta em superfície brilhante com flores (cristais) menores;

CORREÇÃO: Com o passar do tempo as diferenças de aparência tornam-se menos perceptíveis e a coloração geral se tornará cinza fosco uniforme.



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Corrosão Branca:

Na etapa de formação da pátina, $ZnCO_3$, com consumo mínimo do zinco depositado, ocorre a reação do Zinco com a atmosfera e também a retenção de umidade durante armazenamento, impossibilitando a reação com o gás carbônico (CO_2), formando:

1. Óxido de zinco, ZnO , instável, brilhante, é normalmente formado dentro de 24 horas;
2. Hidróxido de zinco, $Zn(OH)_2$, instável, forma-se de 24 horas a 3 meses: corrosão branca.

Ações:

- Remover o pó branco depositado com uma escova de cerdas;
- Verificar a espessura de zinco do revestimento restante;
- Se a espessura do revestimento na área afetada for igual ou maior do que as exigências mínimas da especificação, não é causa para a rejeição pois não é prejudicial à durabilidade do material;
- Dentro da especificação o produto está aprovado.
- Se destinar o galvanizado para pintura, remover a corrosão branca com escova de aço inoxidável ou nylon. A nova coloração do revestimento galvanizado se revelará uniformemente cinza fosco;

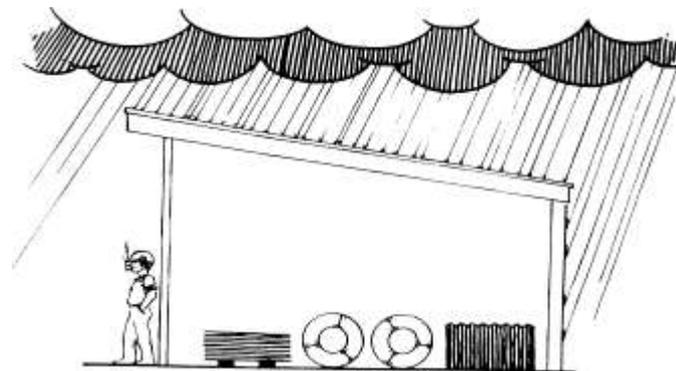
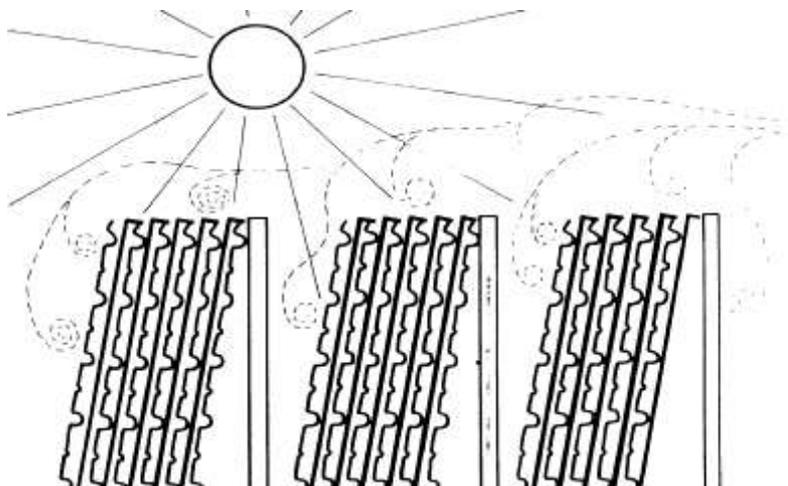
1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;
Corrosão Branca: Manchas por armazenamento com umidade.



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

- Evite a corrosão branca de armazenamento;
- Promova a ventilação
- Coloração clara / brilhante – com o passar do tempo tornar-se-á fosco.

Permitir a drenagem / escoamento de água / umidade



Local coberto

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Evitar a corrosão branca:

Forma adequada de armazenamento para se evitar a corrosão branca



1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

As medidas da espessura não serão realizadas em superfícies cortadas ou distâncias menores que 10 milímetros das bordas, superfícies cortadas por chama ou cantos. Nota: 2,9 mils = 72,5 μm . (mils = milésimo de polegada)

Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo conforme NBR 7399

O método não destrutivo aceito para determinar a espessura do revestimento é através do uso de um instrumento, que opere sobre o princípio eletromagnético. O zinco é um metal não magnético e assim a espessura de um revestimento galvanizado pode ser determinada ao grau requerido de exatidão ($\pm 5\%$) usando um calibre de espessura magnético. O mesmo instrumento é usado para determinar a espessura de película seca (DFT) de um revestimento com pintura.



Dentro de cada área de referência de 10 cm² um mínimo de 5 leituras de teste magnético deve ser realizado;

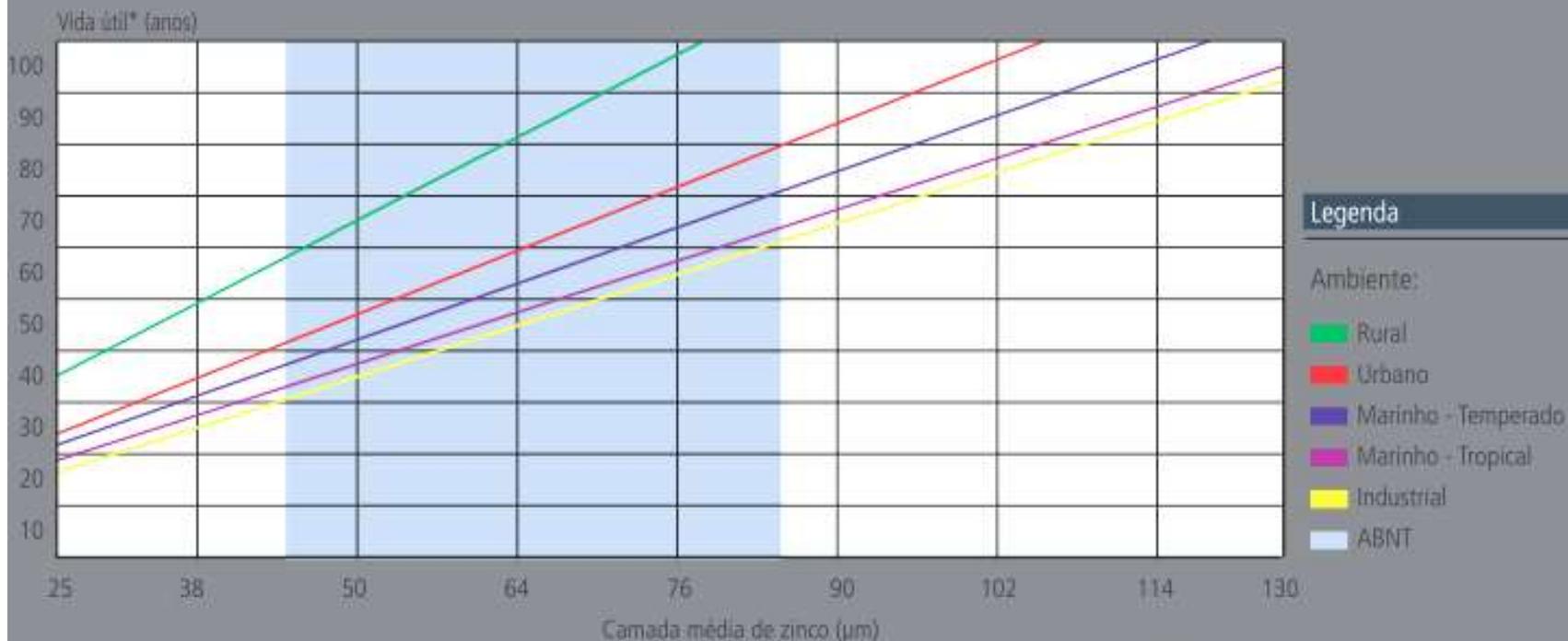
Não devem ser realizadas leituras sobre superfícies cortadas, áreas a menos de 10mm das bordas, das superfícies cortadas termicamente ou dos cantos(ref ISO 14713).

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

A influência da espessura do zinco na vida útil do projeto

A Fig. 3 ilustra o tempo de vida esperado do revestimento de acordo com sua espessura e o ambiente onde está inserido. A área hachurada representa as espessuras mínimas requeridas encontradas na norma ASTM NBR 6323

IMPACTO NA DURABILIDADE ATÉ A PRIMEIRA MANUTENÇÃO:



* A vida útil é definida como o tempo de corrosão de 5% da superfície do aço (até 5% não há perda de integridade do aço)

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

CORROSÃO CONFORME pH DO AMBIENTE

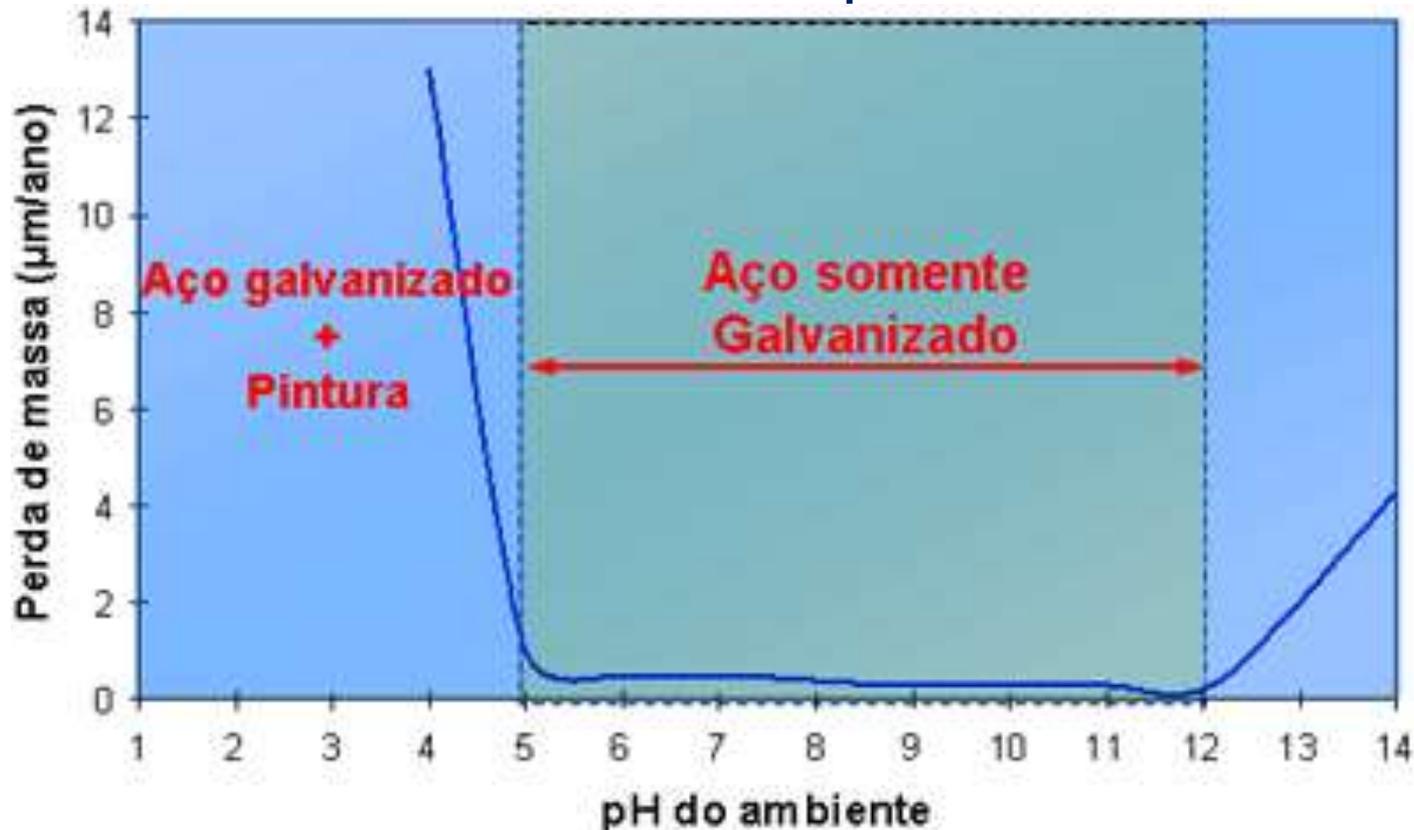


Fig.: EFEITO DO pH NA VELOCIDADE DE CORROSÃO DO ZINCO (HALL 1970). Obs.: A maioria dos metais passivam-se em meios básicos

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Diferença da Galvanização por Imersão a Quente e a Galvanização Eletrolítica:

É comum e muito frequente confundir Galvanização por imersão a quente (a fogo) com Galvanização eletrolítica (Zincagem eletrolítica, Galvanoplastia). Esta confusão é grave, visto que, conforme a aplicação, poderá acarretar em produto com avançado processo de corrosão quando aplicado. A própria norma de Zincagem eletrolítica alerta sobre sua aplicação, recomendando a Galvanização por imersão a quente para solicitações de vida útil mais longa (ABNT NBR 10476 /1988 – Nota da Tabela 3).

DIFERENÇA ENTRE OS PROCESSOS

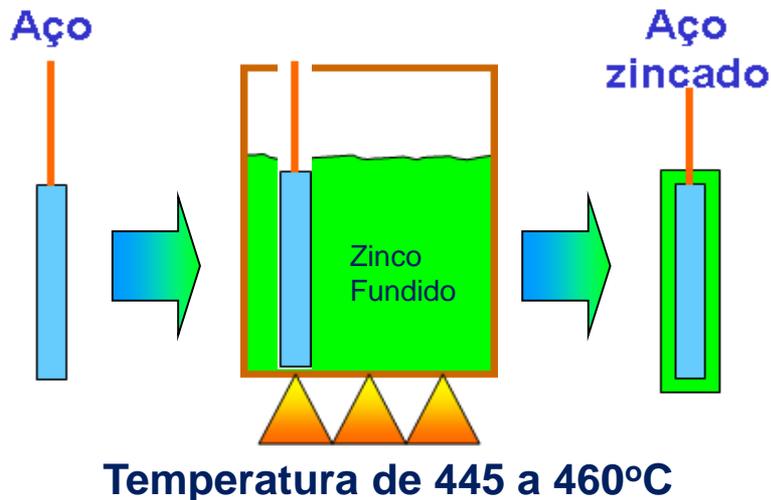
Na Galvanização por imersão a quente (a fogo) o zinco fundido se difunde na rede cristalina da peça, formando ligas de zinco ferro na superfície, passando o zinco a fazer parte da estrutura em sua superfície.

Na Galvanização eletrolítica (Zincagem eletrolítica, Galvanoplastia) a aderência do zinco é apenas superficial, irregular e com uma camada 10 vezes menor que pelo processo a fogo.

Em outras palavras, a Galvanização por imersão a quente promove um revestimento resistente a abrasão, revestimento 10 vezes maior e uniforme em toda superfície da peça.

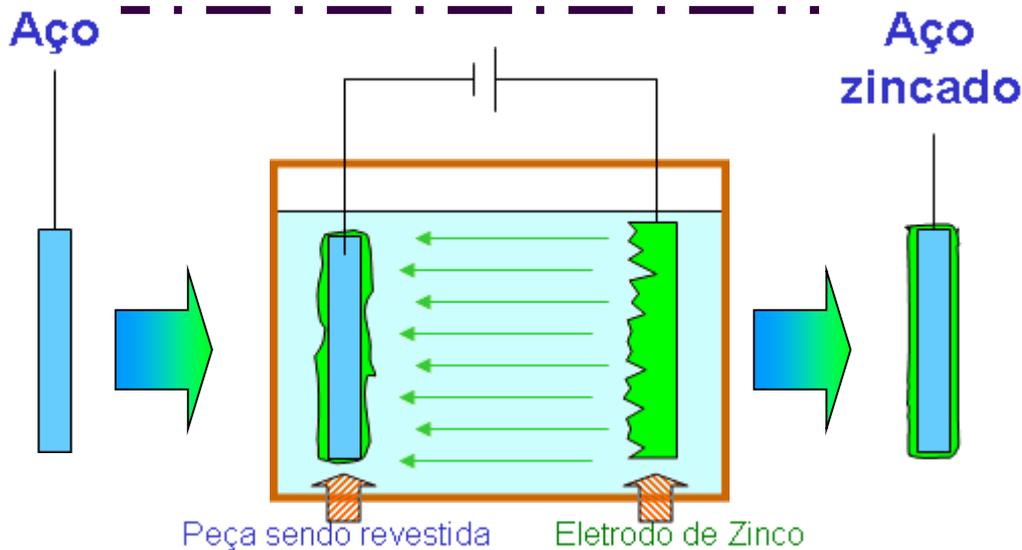
VIDE ILUSTRAÇÕES NO PRÓXIMO SLIDE.

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;



Galvanização a fogo

Espessuras de camada
de 42 a 200mm



Galvanização eletrolítica

Espessuras de camada
de 2 a 20 mm

1. Processo da Galvanização por Imersão a Quente;

Influência da Galvanização por Imersão a Quente sobre as Propriedades do Aço.

- A Galvanização por Imersão a Quente não afeta a resistência estrutural do aço. A temperatura de galvanização de 450°C está bem abaixo da temperatura de transformação do aço que é >700°C.
- O aço com resistência a tração <1000MPa não é suscetível a fragilização por hidrogênio.

(Fragilização por hidrogênio - . É causada pela absorção de hidrogênio pela camada superficial do aço, tornando-o duro e quebradiço. É observado em geral depois da decapagem.)

- Há uma quantidade mínima de stress que é aliviado no zinco fundido. O stress embutido em estruturas fabricadas pode resultar em distorção.

2. Normas a serem utilizadas.

2. Normas a serem utilizadas;

Para garantir que no projeto seja especificado a galvanização por imersão a quente, visando o aumento da vida útil do aço/ferro fundido através da proteção contra a corrosão, é importante notar os seguintes setes pontos:

1. No pedido frisar “Produto Galvanizado por Imersão a Quente conforme norma ABNT NBR 6323:2007- GALVANIZAÇÃO DE PRODUTOS DE AÇO OU FERRO FUNDIDO – ESPECIFICAÇÃO.

Nota: A norma NBR 6323 foi revisada e está em consulta nacional pela ABNT, cuja denominação é ABNT NBR 6323:xxxx – GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO A QUENTE DE PRODUTOS DE AÇO E FERRO FUNDIDO – ESPECIFICAÇÃO.

2. Para terminologia utilizar a norma ABNT NBR 7414 - “GALVANIZAÇÃO DE PRODUTOS DE AÇO OU FERRO FUNDIDO POR IMERSÃO A QUENTE – TERMINOLOGIA”

3. Pode solicitar ao galvanizador um certificado de qualidade onde deverá constar os valores das medições das espessuras do revestimento que devem estar de acordo com o especificado na norma. Para cada secção da peça (espessura da peça) há um mínimo de espessura de revestimento galvanizado a ser respeitado;

2. Normas a serem utilizadas;

4. No recebimento, medir camada conforme ABNT NBR 7399, aparelho simples para medição, leitura direta em micrometros, camada conforme especificação ABNT NBR 6323, se proveniente de Galvanoplastia a camada será de no máximo 20 micrometros e somente aderência superficial;
5. Pode-se solicitar também ao galvanizador os ensaios pertinentes apresentados neste trabalho, com os resultados informados em certificados de qualidade;
6. O cliente também pode solicitar o certificado de análise do Zinco na cuba da galvanização, cuja pureza mínima é de 98% de zinco, conforme especifica a NBR 6323;
7. Judicialmente (litígio) a análise metalográfica (micrografia) é o tira teima.
Nota: Para esta análise é importante utilizar o reagente Nital 2% para ataque, ou seja, 2 ml de HNO₃ (ácido nítrico) concentrado em 100 ml de álcool etanol ou metanol 95%.

O ICZ secretaria a CEE 114 - Comissão de Estudo Especial de Galvanização por imersão a Quente da ABNT.

2. Normas a serem utilizadas;

NORMATIZAÇÃO DE TUBOS

- ❑ ABNT NBR **5580** – Tubos de aço carbono para usos comuns na condução de fluidos – Especificação.
- ❑ ABNT NBR **5590** – Tubos de aço carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados – Especificação.
- ❑ ABNT NBR **5597** – Eletroduto de aço carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT – Requisitos.
- ❑ ABNT NBR **5598** – Eletroduto de aço carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP – Requisitos.
- ❑ ABNT NBR **12016** – Tubos de aço zincados, PN 150, com junta de engate rápido, para irrigação – Determinação da resistência à pressão hidrostática – Método de ensaio.
- ❑ ABNT NBR ISO **2408** – Montagem de tubos e conexões galvanizados para instalações prediais de água fria – Procedimento.
- ❑ ABNT NBR **7008** – Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Especificação.

3. Apresentação da norma ABNT NBR

6323:xxxx Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido-Especificação.

Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

Trata-se da principal norma do processo para orientação do cliente e galvanizador. Apresentamos o resumo dos principais tópicos da norma:

1. Escopo

Esta Norma estabelece os requisitos para a galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido pelo processo não contínuo.

Esta Norma não se aplica às seguintes condições:

- a) galvanização contínua por imersão a quente de chapas, fios e telas trançadas ou soldadas;
- b) galvanização por imersão a quente de tubos em plantas automatizadas;
- c) galvanização por imersão a quente de outros produtos para os quais existam normas específicas.

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

4.2.1 Convém que o projeto do produto e os materiais usados permitam uma boa preparação da superfície, pois isso é essencial para a produção de um revestimento de alta qualidade.

É importante que os produtos sejam enviados ao galvanizador conforme a seguir:

- a)** com ventilação adequada nas montagens enclausuradas, para evitar explosões;
- b)** onde necessário, com perfurações apropriadas para se evitarem bolsões de ar, que possam resultar em superfícies não galvanizadas e material flutuando no zinco;
- c)** com cordões de solda livres de escória e de fluxo. Os respingos devem ser em quantidades mínimas. Peças soldadas com alumínio ou que tenham insertos de alumínio devem ser rejeitadas devido ao fato de que estes metais reagirão com o zinco durante o processo de galvanização e serão destruídos;

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).
- d)** que as estruturas fabricadas tenham os cantos rebarbados para permitir o fluxo e a drenagem livre do zinco durante o processo de imersão e extração do banho de zinco;
 - e)** isenção de pintura (com exceção da pintura solúvel em água) presente na superfície dos produtos;
 - f)** que as estruturas sejam dimensionadas de forma a minimizar a ocorrência de distorções durante o processo de galvanização por imersão a quente como por exemplo conjunto soldado de chapas de espessuras diferentes;
 - g)** os materiais que forem danificados mecanicamente ou distorcidos em consequência de soldagem devem ser excluídos do lote, devendo então ser reparados ou substituídos antes da galvanização;
 - h)** não é permitido que qualquer material não ferroso passe pelo processo, com exceção do bronze e do cobre.

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

4.4 Informações para o serviço de galvanização

As peças devem ter projeto, soldagem e acabamento adequados. Devem estar preparadas para facilitar a passagem do zinco fundido por toda a superfície e drenagem, durante a imersão e extração do banho, conforme exemplificado no Anexo A - Normativo (Condições de superfície e projetos dos artigos para galvanização adequada por imersão a quente).

4.4.2 Informações adicionais do cliente

4.4.2.1 O cliente deve informar:

- a) a composição química e quaisquer propriedades do metal-base que possam interferir na galvanização por imersão a quente;
- b) especificações que alertem sobre a obrigatoriedade de marcações (alto ou baixo-relevo, tipagens, gravações etc.) que devam aparecer na superfície já galvanizada;

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

4.4.2 Informações adicionais do cliente

4.4.2.1 O cliente deve informar (continuação):

- c) um desenho ou outro meio de identificação das áreas em que irregularidades na superfície, como “excessos de zinco” ou “marcas de contato”, tornarem o produto revestido inaceitável para a finalidade a que se destina;
- d) uma amostra ou outro meio de determinar o acabamento requerido, incluindo espessura de revestimento que fuja ao especificado como aceitável nesta Norma, bem como pós-tratamentos especiais; o galvanizador não é obrigado a assumir esse serviço;
- e) critérios de inspeção e amostragem (ver Anexo C). Critérios especiais devem ser previamente acordados;
- f) espessuras de camada fora das estabelecidas nas Tabelas 2 e 3 devem ser previamente acordadas.

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

4.4.2.2 Ambas as partes (comprador e galvanizador) devem considerar os itens listados a seguir, que interferem no resultado final da galvanização:

- a) composição química do aço e do ferro fundido (ver Anexo B);
- b) condições da superfície do aço e do ferro fundido (ver Anexo A);
- c) projeto do produto (tamanho, peso e formato) (ver Anexo A);
- d) tensões no produto (ver Anexo A);
- e) método de galvanização praticado.

4.5 Retoque de revestimento

O somatório das áreas a serem retocadas não pode ultrapassar 0,5 % da área total da peça galvanizada, sendo que cada área individualmente não pode ultrapassar 10 cm². Caso ultrapasse esses limites, a peça deve ser novamente galvanizada, a menos que acordado em contrário entre o comprador e o galvanizador.

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

4.5 Inspeção

A inspeção pode ser realizada pelo comprador, ou em seu nome, devendo ser efetuada antes de os produtos deixarem a custódia dos galvanizadores por imersão a quente, a menos que especificado em contrário no momento da encomenda pelo comprador. A avaliação envolve a inspeção visual do produto revestido e a realização de ensaios na espessura, aderência e uniformidade do revestimento de zinco.

5.1 Amostragem

Caso a inspeção seja requerida pelo cliente, as amostras de controle para o ensaio de espessura, aderência, uniformidade e visual devem ser retiradas de cada lote de inspeção selecionado para o ensaio. O número mínimo de produtos de cada lote de inspeção que constitui as amostras de controle deve ser conforme o plano de amostragem descrito nas Tabelas C.1 a C.3.

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

5.2 Inspeção Visual

A inspeção visual é a primeira etapa feita em toda a inspeção para determinar se o revestimento galvanizado cumpre com a especificação, conforme os critérios de aceitação de 6.1.1 a 6.1.7.

5.3 Massa do revestimento

O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7397 e o revestimento de zinco deve apresentar massa de zinco conforme 6.2 (ver cálculo conforme Nota 1 das Tabelas 2 e 3)

5.4 Aderência do revestimento

Conforme acordo prévio entre galvanizador e cliente, este ensaio de aderência para produtos em aço pode ser solicitado e realizado conforme ABNT NBR 7398.

5.5 Uniformidade do revestimento

Para ferros fundidos e fixadores, o ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7400 e a uniformidade de camada do revestimento deve ser conforme 6.4 (ver Nota 3 de 4.5).

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

5.6 Verificação da espessura do revestimento

O ensaio pelo método não destrutivo deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7399 e o revestimento de zinco deve apresentar espessura conforme tabelas 1 e 2 da subseção 6.2)

6.1 Aspectos superficiais

O objetivo principal do revestimento galvanizado é proteger o ferro e o aço subjacentes contra corrosão. Recomenda-se que aspectos de estética ou decoração sejam considerados secundários. Quando tais aspectos secundários também forem importantes, é altamente recomendável que o galvanizador e o cliente cheguem a um acordo.

6.2 Massa por unidade de área

Os materiais galvanizados devem possuir massa de zinco por unidade de área conforme especificado nas Tabelas 2 e 3.

O material é rejeitado se os valores do revestimento por unidade de área estiverem abaixo dos valores especificados nas Tabelas 2 e 3.

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

Tabela 2 - Massa de zinco por unidade de área, de materiais galvanizados não centrifugados

Material	Massa mínima por unidade de área ^b g/m ²		Espessura média do revestimento μm	
	Amostra individual	Média da amostra	Amostra individual ^a	Média da amostra ^c
Fundidos	450	500	63	70
Conformados mecanicamente				
Espessuras (e):				
$e < 2,0$ mm	300	350	42	49
$2,0 \text{ mm} \leq e < 4,0$ mm	350	400	49	56
$4,0 \text{ mm} \leq e < 6,0$ mm	450	500	63	70
$e \geq 6,0$ mm	530	600	74	84
Roscados:				
$\phi \geq 9,5$ mm	305	380	43	53
$\phi < 9,5$ mm	260	305	37	42
NOTA 1 A espessura do revestimento de zinco é determinada pela equação: $e = m_A / b$ onde e é a espessura do revestimento de zinco, expressa em micrômetros (μm); m_A é a massa do revestimento de zinco por unidade de área, expressa em gramas por metro quadrado (g/m ²).				

3. Apresentação da norma ABNT NBR 6323:xxxx – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – especificação. Em consulta Nacional pela ABNT (12/2015).

ANEXO A – NORMATIVO

Condições de superfície e projetos dos artigos para galvanização adequada por imersão a quente

ANEXO B – INFORMATIVO

Influência dos elementos de liga dos aços e ferros fundidos no aspecto visual

ANEXO C – NORMATIVO

Plano de amostragem para inspeção

ANEXO D – INFORMATIVO

Corrosão branca e passivação de aço galvanizado por imersão a quente

4. Normas de controle de qualidade do produto galvanizado.

4. Normas de controle de qualidade do produto galvanizado;
- ABNT NBR **7397** – Produto de aço e ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – **Determinação da massa do revestimento** por unidade de área – Método de ensaio.- **(mais utilizado para Galvanização Contínua)**
 - ABNT NBR **7398** – Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente – **Verificação da aderência do revestimento** – Método de ensaio.
 - ABNT NBR **7399** – Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente – **Verificação da espessura do revestimento** por processo não destrutivo – Método de ensaio.
 - ABNT NBR **7400** – Galvanização de produtos de aço e ferro fundido por imersão a quente – **Verificação da uniformidade do revestimento** – Método de ensaio.

4. Normas de controle de qualidade do produto galvanizado;

Equipamentos utilizados nas Normas



4. Normas de controle de qualidade do produto galvanizado;

Normas Internacionais:

- ISO 1461:** Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – **Specification and test methods.**

- ISO 14713-2:** Zinc coatings – Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures
Part 2: Hot dip galvanizing.

- ASTM A123:** Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on iron and steel products

4. Normas de controle de qualidade do produto galvanizado;

ISO 1461:2009 – Item 6.1 - Aparência

O objetivo principal do revestimento galvanizado é **proteger** o ferro ou aço subjacente **contra corrosão**. Recomenda-se que **aspectos de estética ou decoração** sejam considerados **secundários**. Quando tais aspectos secundários também forem importantes, é altamente recomendável que o **galvanizador e o cliente** cheguem a um **acordo** no que diz respeito ao **padrão de acabamento** que pode ser obtido no ferro ou aço (no todo ou em parte), considerando-se a **variedade de materiais usados** para formar o produto. Isso é particularmente importante quando o padrão de acabamento requerido está além daquele estabelecido nesta subseção. Convém que se observe que **“rugosidade” e “suavidade” são termos relativos** e a rugosidade dos revestimentos nos produtos galvanizados após a fabricação difere daquela de produtos submetidos à limpeza mecânica, tais como chapas, tubos e fios galvanizados. **Na prática, não é possível estabelecer uma definição de aparência e acabamento abrangendo todos os requisitos.**

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;
Especificar a proteção em função da corrosividade do ambiente.

CATEGORIAS DE CORROSIVIDADE - NORMA ABNT NBR 14643

Categoria de corrosividade	Taxa média anual de corrosão do zinco (um/ano)	Taxa média anual de corrosão do aço carbono (um/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

Obs.: A velocidade de corrosão do Zinco é 10 (C2) a 300 (C5M) vezes menor que o velocidade de corrosão do ferro conforme a categoria de corrosividade (quanto mais agressivo o ambiente, maior o ganho do Zn).

Camada medida em micrometros (μm)

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;



Exemplos:

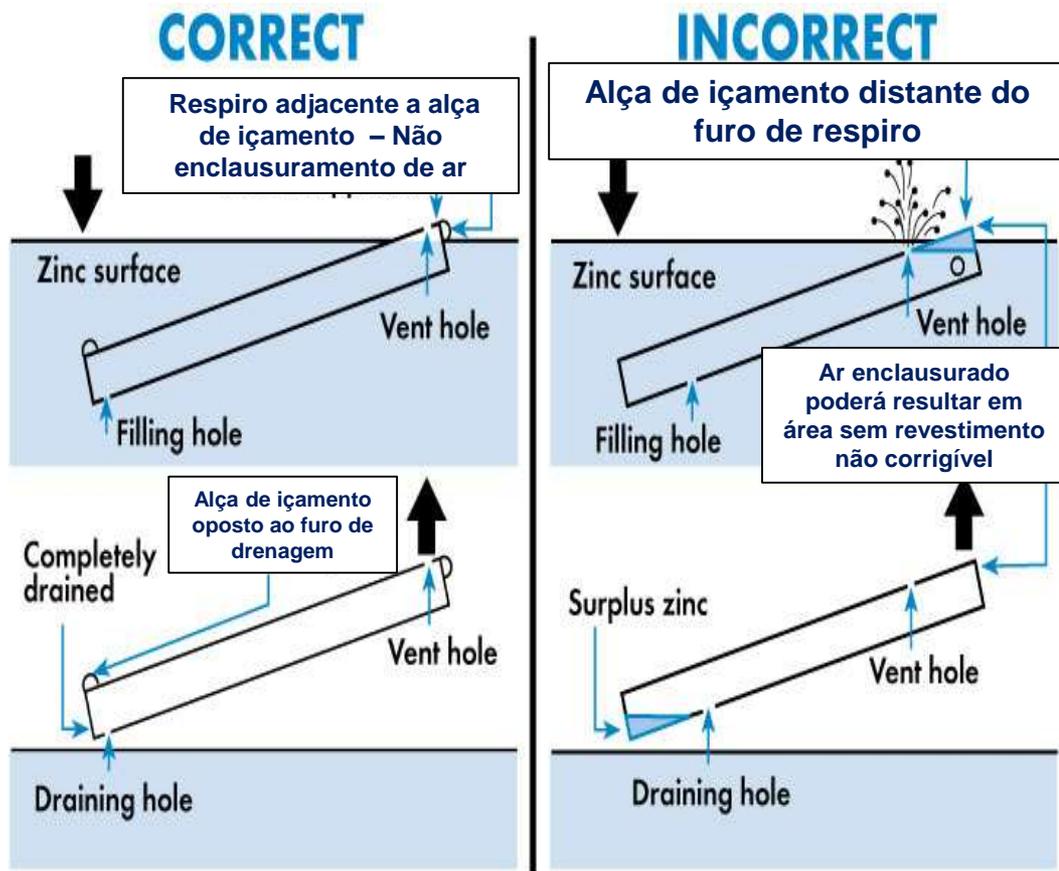
A cidade de São Paulo é considerada pela norma ABNT NBR 14643 como C3, ou seja, perda de zinco situada entre 0,7 e 2,1 micrômetros por ano, durante o primeiro ano.

- Fortaleza/CE – C5 - Marinha
- Cubatão/SP – C4 – Industrial
- Belém/PA – C2 – Rural

Categorias de corrosividade: C1,C2,C3,C4 e C5

Fonte: Corrosão Atmosférica 17 anos - ALMEIDA, Neusvaldo Lira; PANOSSIAN, Zehbour

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;
Prever furos de respiro para evitar o enclausuramento do ar.



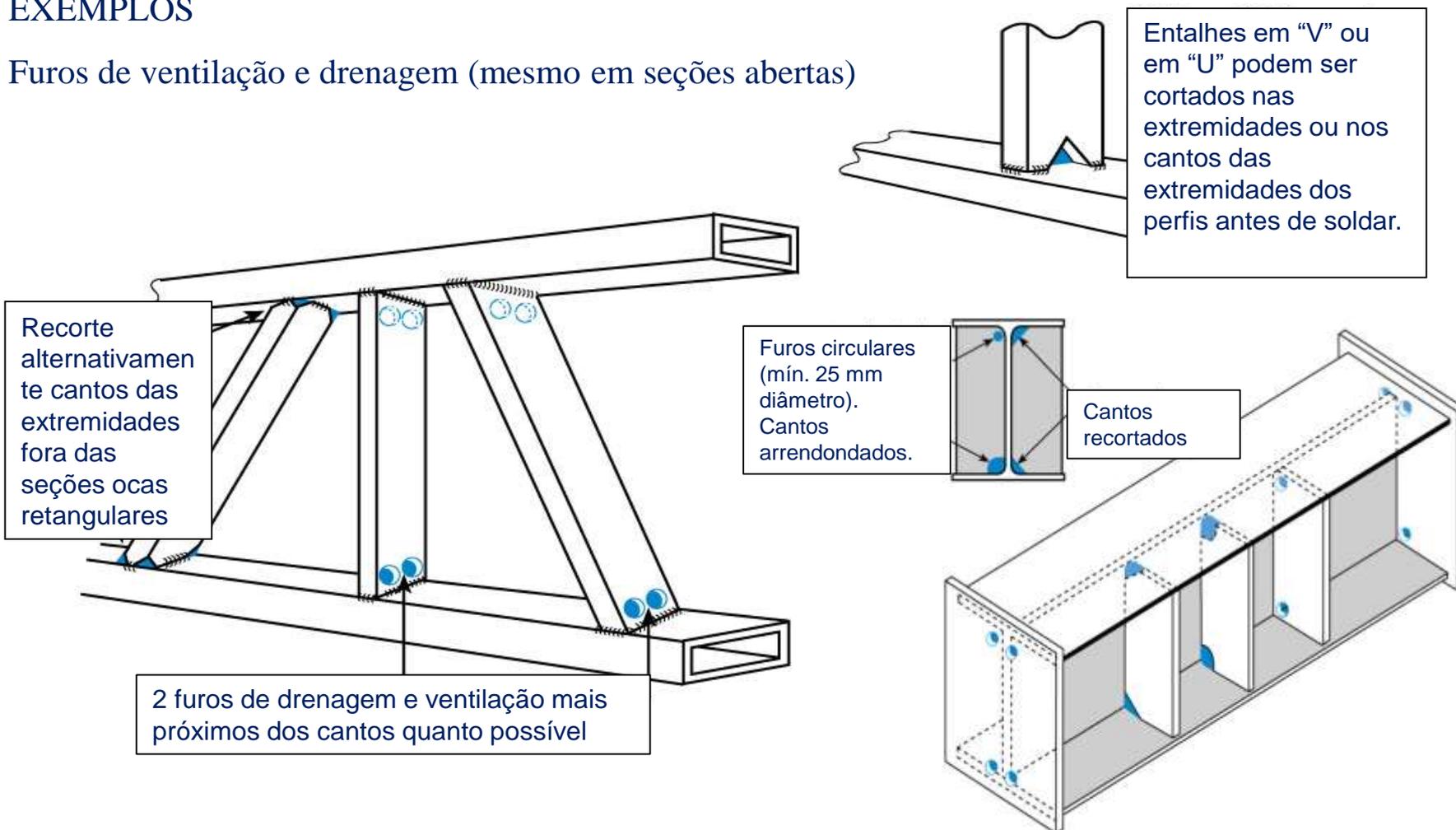
Requisitos essenciais:

- Ventilação e Drenagem;
- Remoção de rebarbas e cantos vivos;
- Controle de distorsão;
- Aço adequado para ser galvanizado por imersão a quente;
- Espessura de camada solicitada;
- Isenção de alumínio (rebites por exemplo) e tintas a base de óleo;
- Cordão de solda limpo (remoção de escória e respingos).

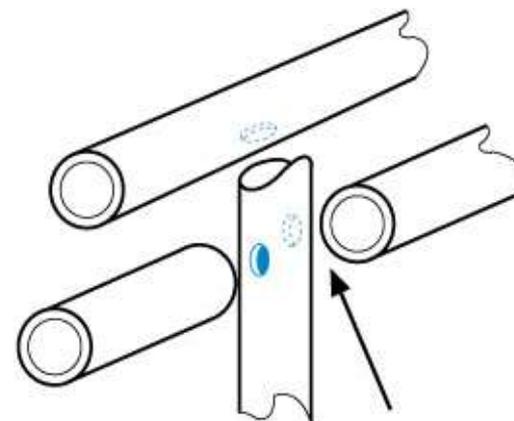
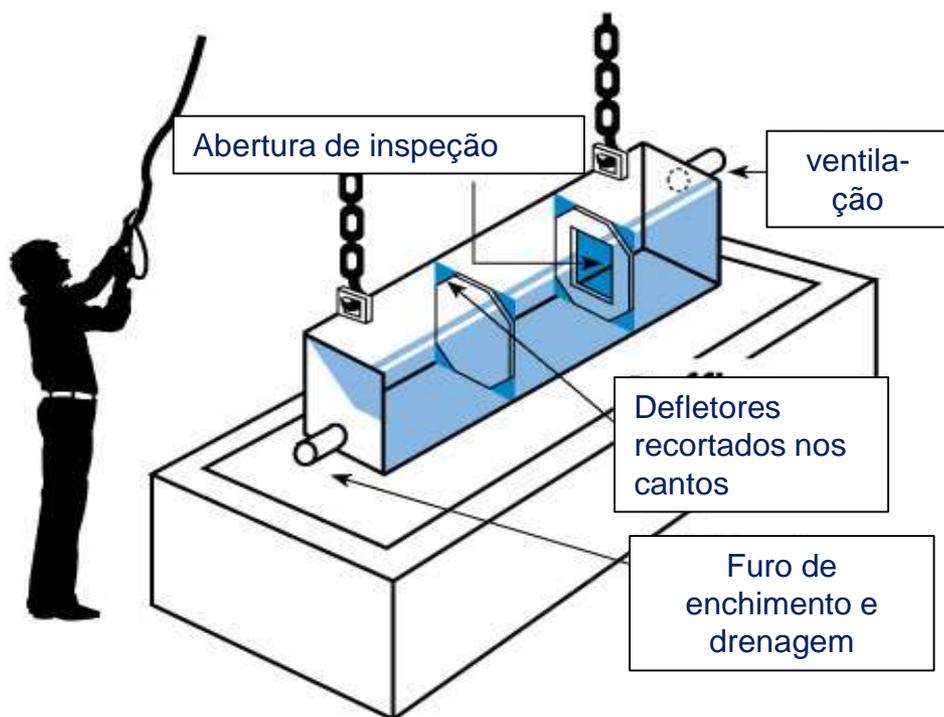
5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

EXEMPLOS

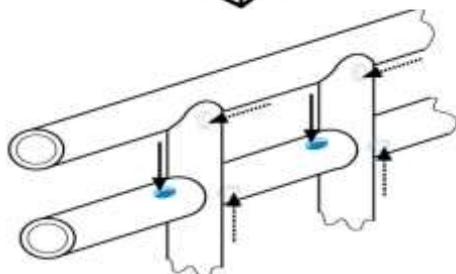
Furos de ventilação e drenagem (mesmo em seções abertas)



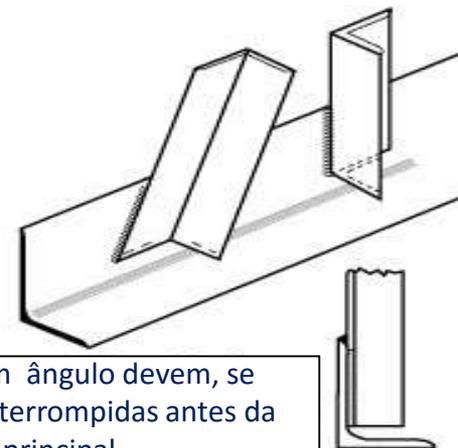
5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;



Furos de enchimento / ventilação e drenagem podem ser abertos antes da fabricação

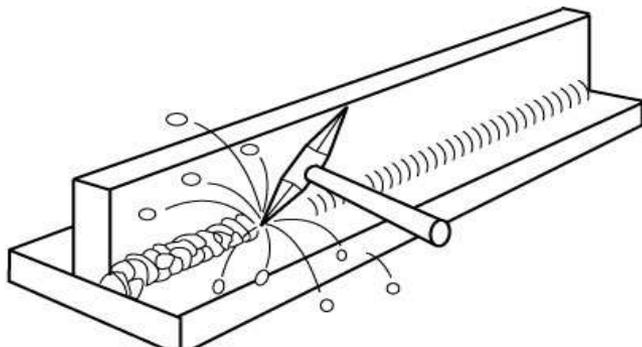


Posição dos furos não mais do que 10 mm da solda

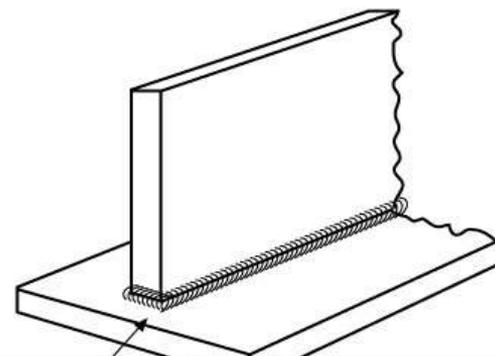


Cantoneiras em ângulo devem, se possível, ser interrompidas antes da base da flange principal.

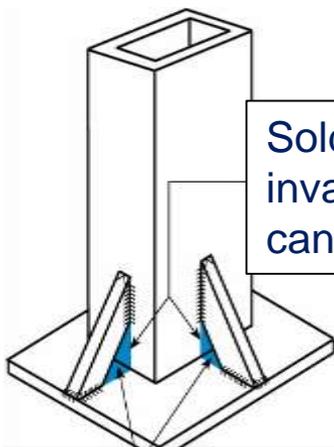
5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;



Remoção de escória de solda é essencial

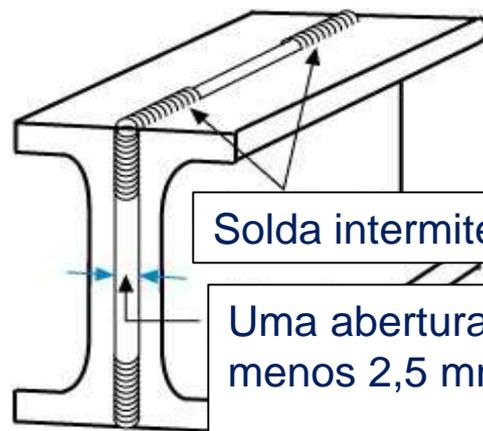


Solda em toda a volta.
Solda descontínua provocará o aparecimento de choro ácido.



Soldas não devem invadir as áreas dos cantos recortados

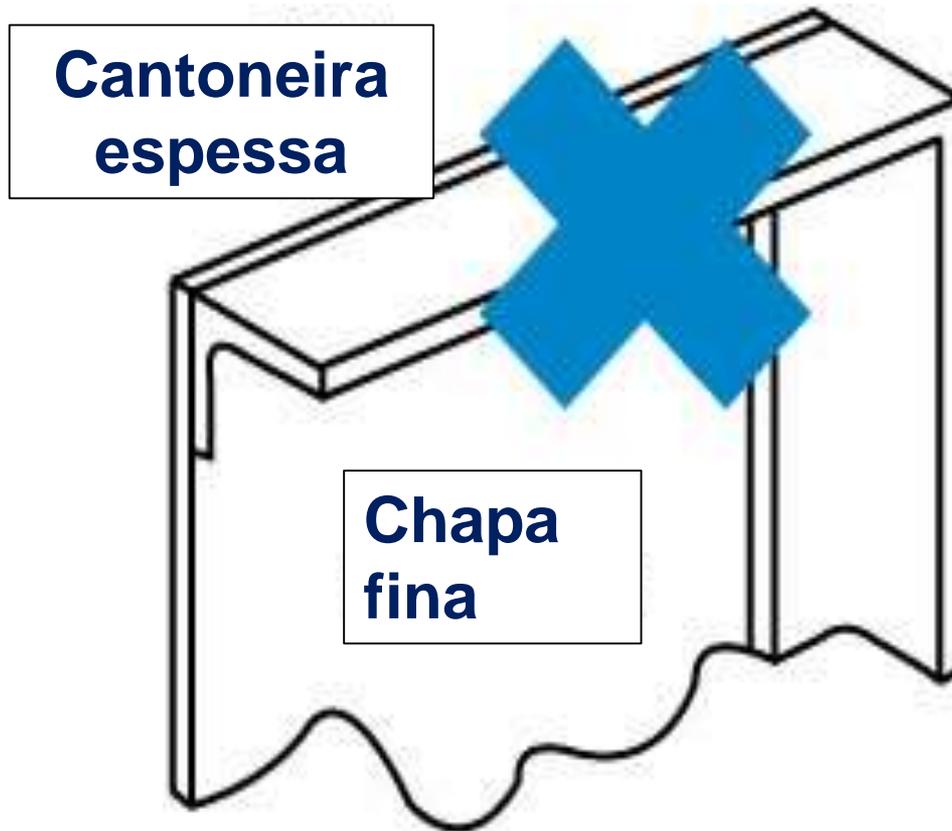
Cantos recortados



Solda intermitente

Uma abertura de pelo menos 2,5 mm

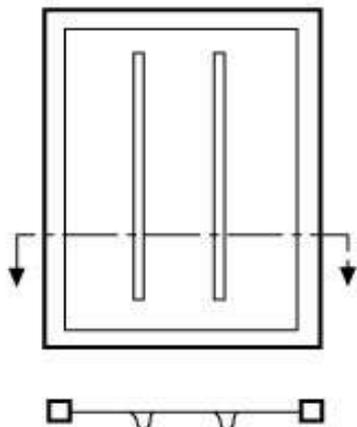
5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Projeto inadequado

Como resultado do aquecimento no banho de zinco, a chapa deverá se deformar. A extensão e localização da deformação depende da magnitude do estresse interno do material.

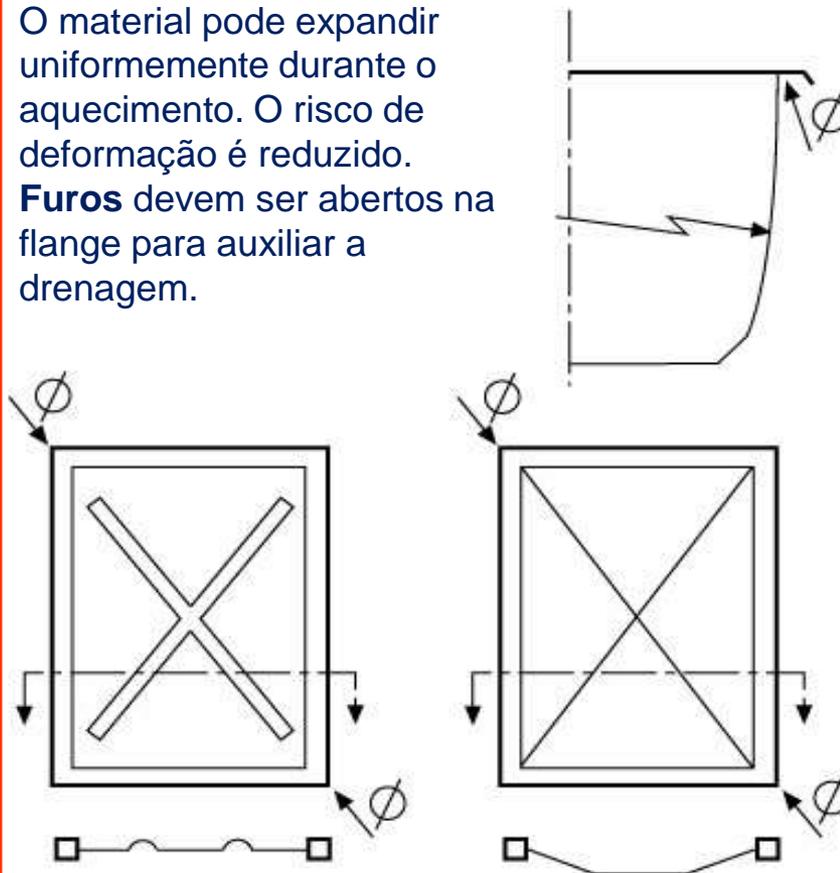


Projeto inadequado

Projeto apropriado

O material pode expandir uniformemente durante o aquecimento. O risco de deformação é reduzido.

Furos devem ser abertos na flange para auxiliar a drenagem.



Projeto apropriado

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

FIXADORES

Fragilização por hidrogênio

- Opinião, expressa por autoridades metalurgistas, indica que o hidrogênio absorvido é liberado para o zinco fundido substancialmente devido a alta temperatura de 450° C da galvanização, apesar da breve exposição de cerca de quatro a cinco minutos a esta temperatura. “ **HDGASA – Hot Dip Galvanizers South Africa**

Notas:

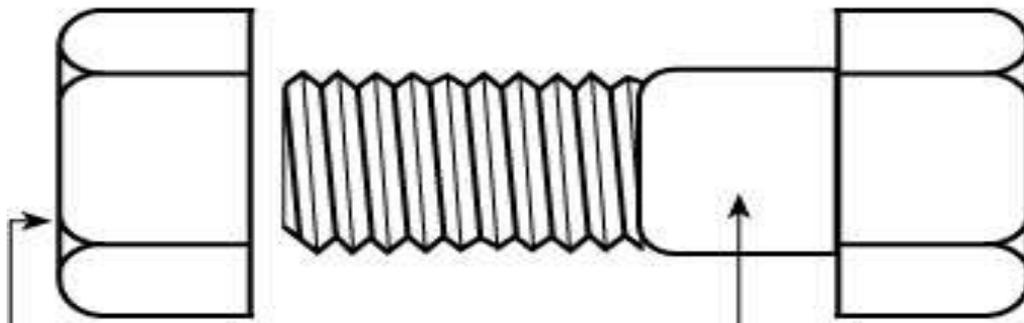
- A galvanização no parafuso fornece a proteção da corrosão para a rosca da porca.
- A fim de assegurar tensão eficaz, a espessura do revestimento em fixadores não deve exceder 60µm. Isto aplica-se particularmente a parafusos e porcas de alta resistência;
- O choque térmico induzido pelo resfriamento em água não irá alterar as propriedades de dureza dos fixadores;
- A centrifugação resulta em espessura mínima do revestimento;
- Resfriamento em água - deve ocorrer imediatamente após a centrifugação a fim de impedir o crescimento de camada de liga, desnecessariamente continuada após retirada do zinco fundido;
- Revestimentos excessivamente espessos em artigos roscados são indesejáveis;

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

FIXADORES

A galvanização no parafuso fornece a proteção contra corrosão dos fios de rosca da porca.

the internal thread on the nut.



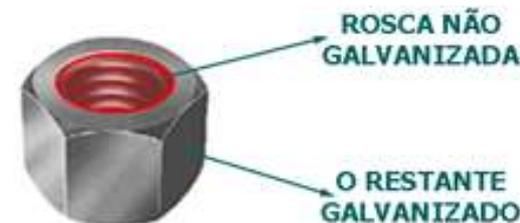
NBR 14267 – Elementos de fixação – Peças roscadas com revestimentos de zinco por imersão a quente - Especificação

Rosca da porca reusinada acima da medida especificada, depois da galvanização. (isenção de revestimento residual)

Estojo ou parafuso galvanizado por imersão a quente.



100% GALVANIZADO



ROSCA NÃO GALVANIZADA

O RESTANTE GALVANIZADO



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Aspectos das soldas

- Produto / estrutura montada com fixadores também galvanizados;
- Furações por via de puncionamento;
- Produto / estrutura a galvanizar já soldado (**soldagem antes de galvanizar**):
 - selecionar corretamente, quanto a composição química, a vareta / arame de solda para se obter o mesmo acabamento do cordão de solda com o galvanizado (aços reativos e aços não reativos);
 - retirar escória, carepa respingos e solução anti-respingos da região soldada;
 - preferir soldas contínuas e regulares;
 - soldas simétricas e com espessuras semelhantes às das peças montadas, para se evitar empenamento durante a galvanização;
- ❖ Ideal: Solda Mig ou Tig – Melhor acabamento.

Consulte: American Welding Society - AWS D-19.0 – Welding Zinc Coated Steel.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Aspectos das soldas

Se montagem **posterior a galvanização** com soldagem:

- esmerilhar revestimento galvanizado antes de soldar (1” a 4” para cada lado);
- efetuar a soldagem;
- limpar o cordão de solda (escória e carepa) com escova de aço;
- pintar com tinta rica em zinco (mínimo 85% de Zn na película seca)(com pincel - nunca spray = não dá camada e destaca pintura posterior);
- Ou fazer metalização. Após metalização dar acabamento com escova de aço.
- ❖ Ideal: Solda Mig ou Tig – Melhor acabamento.

Consulte: American Welding Society - AWS D-19.0 – Welding Zinc Coated Steel.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;
Soldas: Exemplos práticos:



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Soldas em perfurações:

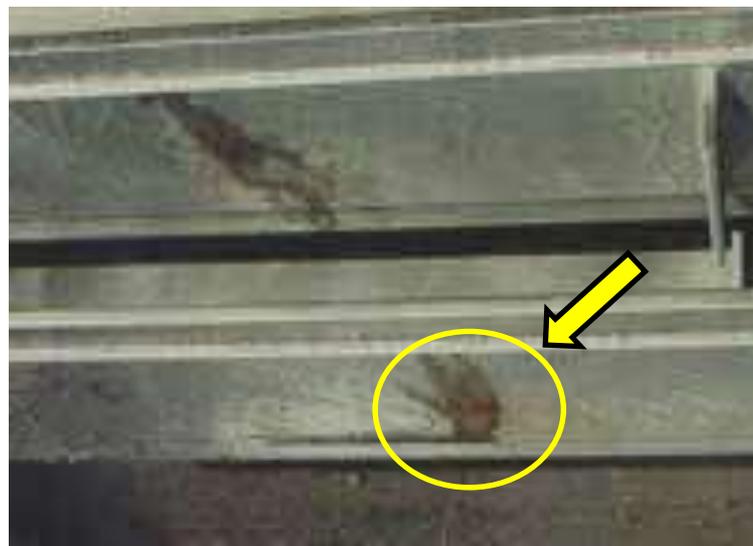
ACABAMENTO: ponto exposto ao redor de uma solda ou orifício superficial sobreposto;

CAUSA: líquidos do pré-tratamento que penetram nas áreas vedadas e sobrepostas, que entram em ebulição durante a imersão no zinco líquido. Provocam contaminação superficial localizada e evitam a formação do revestimento galvanizado;

PRECAUÇÃO: Solda homogênea, completa. **Secagem antes da imersão.**

CORREÇÃO:

Retoque ou regalvanização.



NOTA: As precauções devem ser consideradas nos respectivos projetos.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Importância de soldas de qualidade.

Defeitos de soldagem e de fabricação, por exemplo, respiros e furos de dreno inadequados, respingos e escória da solda e furos na solda que podem resultar em mancha de oxidação em alguma ocasião futura.



Estes são defeitos de solda de má qualidade e não de uma Galvanização de baixa qualidade.

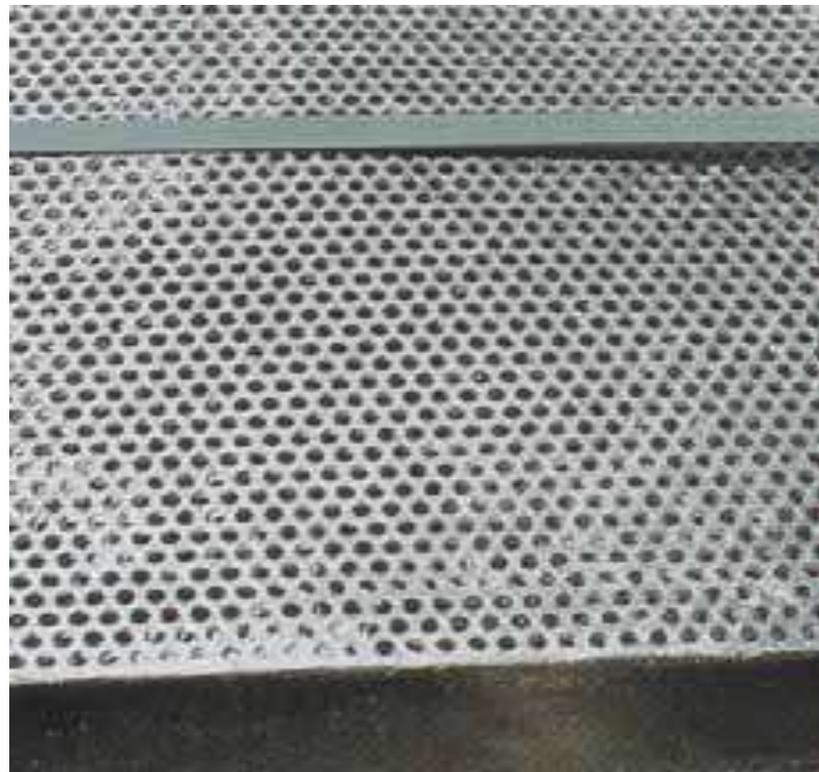
5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Obstruções de furos:

ACABAMENTO: Furos obstruídos;

CAUSA: O zinco fundido não drenará facilmente por furos com menos de (3 mm) de diâmetro, por conta da viscosidade do zinco.;

CORREÇÃO: Furos com diâmetros maiores. Desobstrução com chama de maçarico.



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Distorção/empenamento:

ACABAMENTO: Ondulação de chapa fina e plana ou estruturas com perfis finos;

CAUSA: Falta de espaço durante a expansão térmica, inclusive quando soldadas.

Não alívio de tensão do metal-base;
Conformação mecânica; geometria da peça; peças montadas com diferentes espessuras ou materiais.

PRECAUÇÃO: Montagens entre peças com espessuras semelhantes; travamentos para impossibilitar a distorção. Evitar o esfriamento em água após a galvanização quando peças suscetíveis ao empenamento.

CORREÇÃO: Criar dispositivos para desempenar as peças após galvanização.



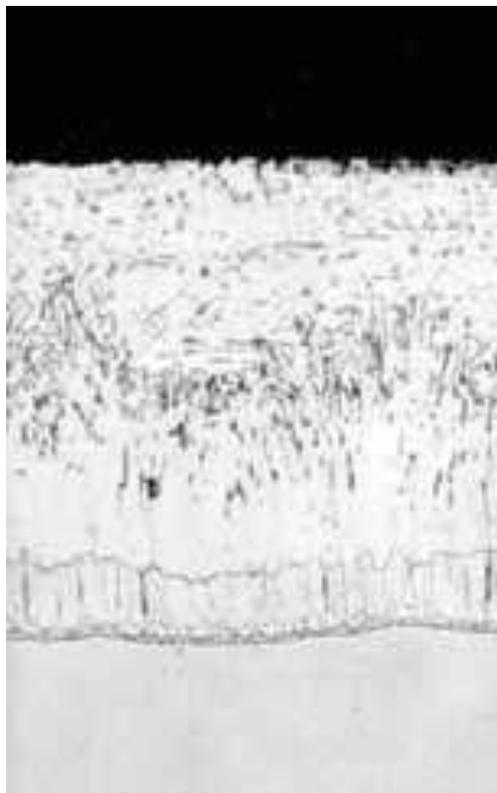
NOTA: Pode ser evitado ainda durante a fase do projeto da estrutura ou através de alívio de tensões antes da galvanização

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Efeito Sandelin:

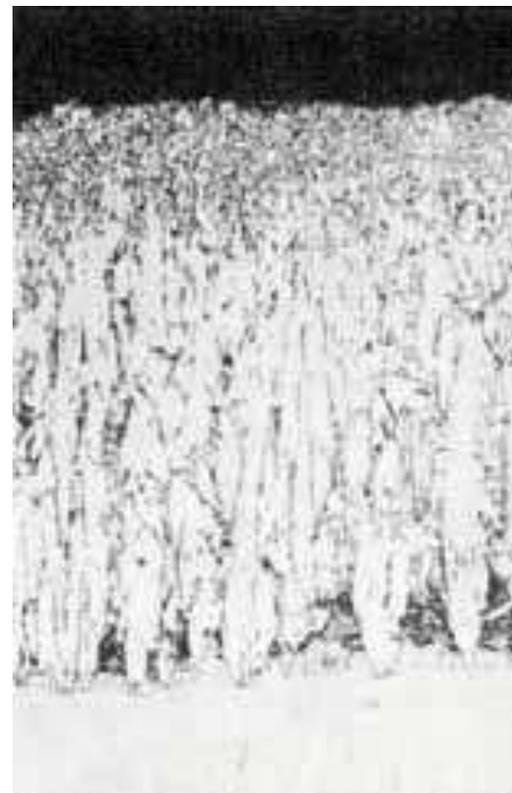
Aço não Reativo

Formação das camadas intermetálicas de Zn Fe e na superfície uma camada de Zinco puro, com aparência brilhante.



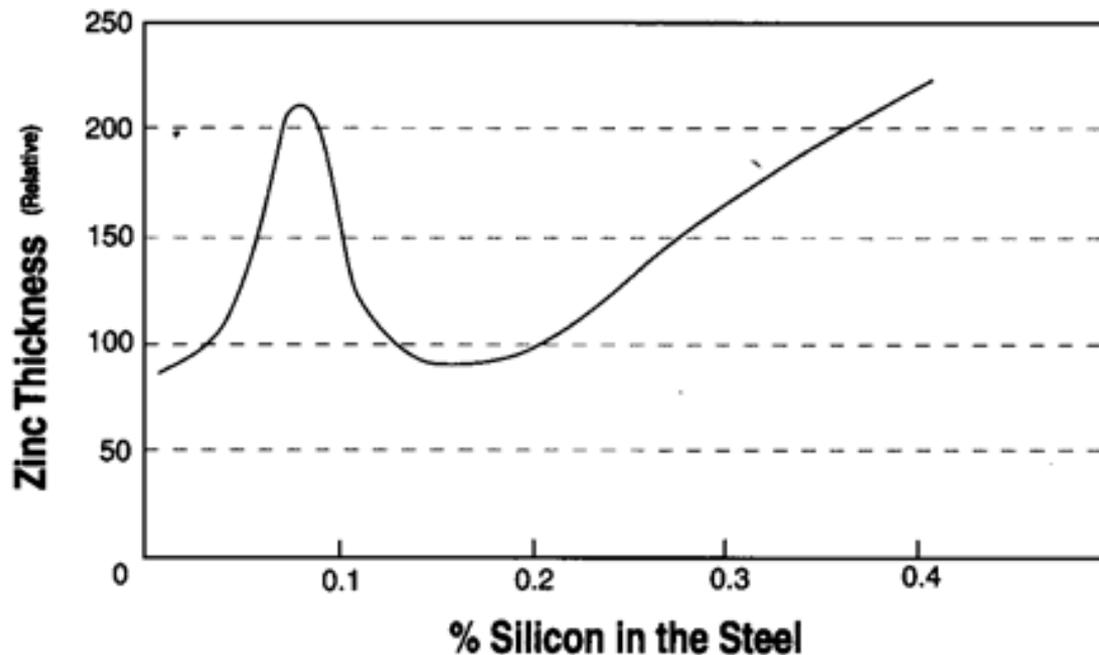
Aço Reativo

Formação somente da camada intermetálica de Zn Fe espessa e frágil, com aparência cinza fosca, de crescimento rápido.



Se um revestimento de espessura maior que o especificado for solicitado para um determinado projeto, é necessário que o silício do aço seja requisitado na faixa de 0.15 a 0.25% no processo da fabricação.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;
EFEITO SANDELIN – Ocorre com Si em 0,1% no aço.



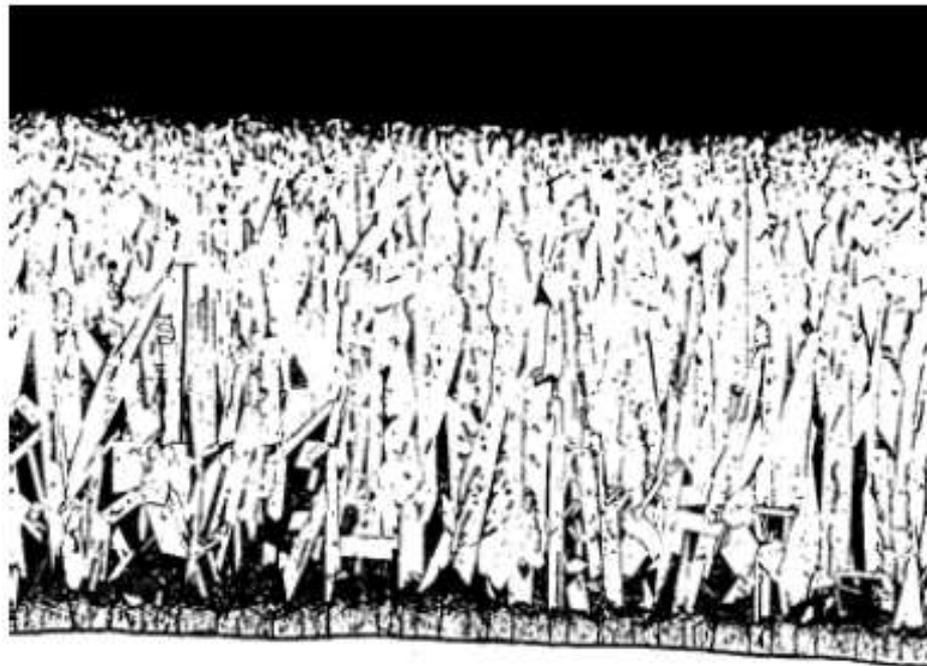
%Si no aço: Quanto maior, maior será a espessura de Zn;

Se um revestimento de espessura maior que o especificado for solicitado para um determinado projeto, é necessário que o silício do aço seja requisitado na faixa de 0,15 a 0,25% no processo da fabricação.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Efeito Sandelin:

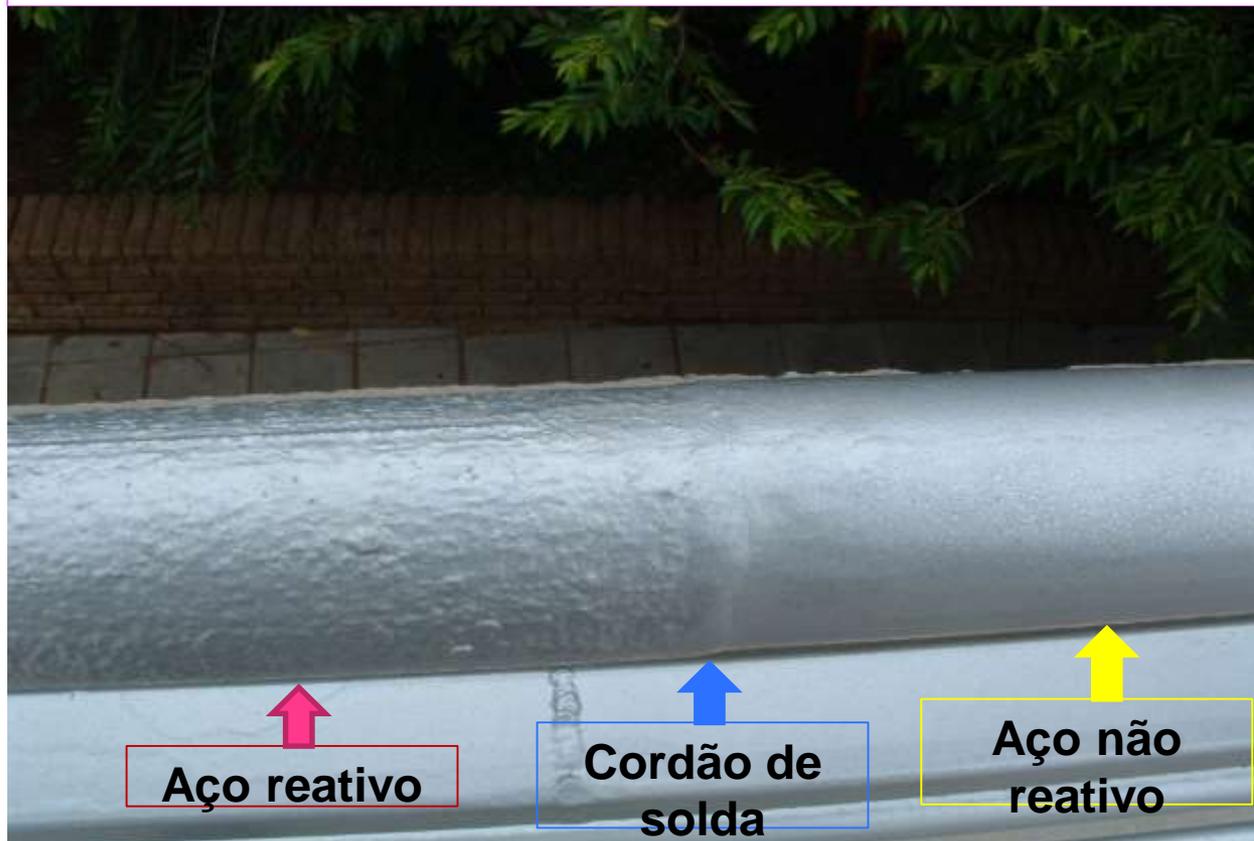
Além de produzir revestimentos mais espessos, os **aços altamente reativos** tendem a adotar uma **aparência cinza fosca**, em vez do revestimento brilhante típico. A diferença na aparência é **resultado do rápido crescimento intermetálico zinco-ferro**. Esse crescimento da camada intermetálica não pode ser controlado pelo galvanizador. Entretanto, se ele souber a composição do aço de antemão, ele pode utilizar alguns controles de processo para minimizar esse efeito.



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Efeito Sandelin:

Tubo de aço reativo soldado em tubo de aço não reativo



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Efeito Sandelin:

Os aços altamente reativos tendem a adotar uma aparência cinza fosca.





5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Revestimento áspero:

ACABAMENTO: Aparência cinza fosca, ondulações de revestimento mais espesso, áspero;

CAUSA: Aço com teor de fósforo acima de 0,04%;

PRECAUÇÃO: Material a galvanizar com composição química controlada – especificação prévia.

PONTO POSITIVO: Espessura de revestimento maior, maior a vida útil.



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

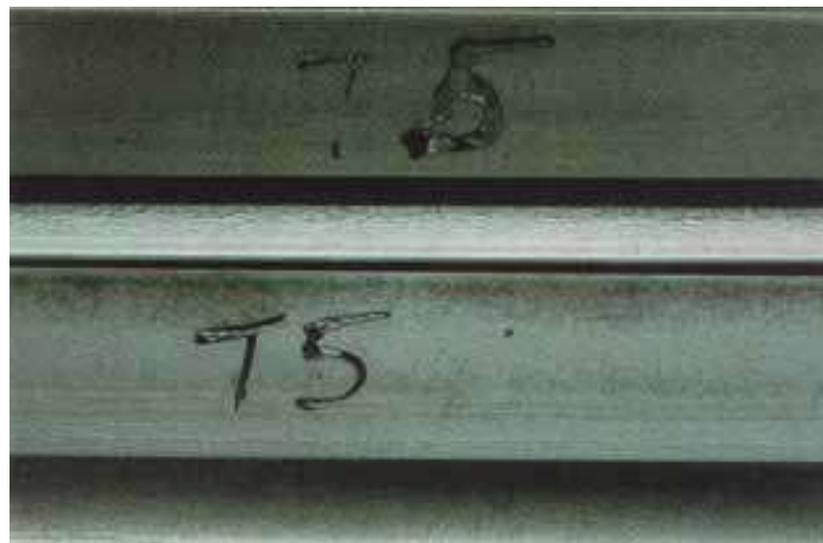
Contaminantes na superfície:

ACABAMENTO: Áreas expostas na superfície galvanizada;

CAUSA: Óleo, tinta a óleo, cera, verniz, silicone, anti respingo de solda, etiqueta, cola ou outros contaminantes que não se consegue remover por produtos químicos no pré-tratamento;

PRECAUÇÃO: Remoção mecânica antes da galvanização.

CORREÇÃO: Remoção mecânica e retoque ou ,se muito extenso, regalvanização após remoção.

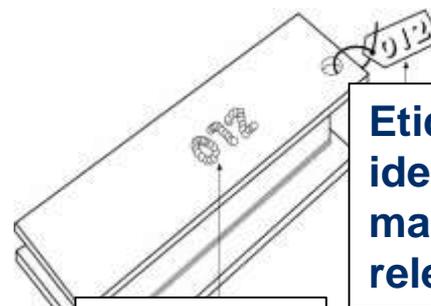


5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

NÃO REALIZE IDENTIFICAÇÃO COM TINTA A ÓLEO



Identificações:
Utilize tinta solúvel em água ou caneta marcadora correta. Não use tinta a base de óleo para marcação no aço. Não utilize etiquetas adesivas.



Inscrição
soldada

Etiqueta com a
identificação que foi
marcada em alto
relevo

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

CHORO ÁCIDO: É a sobreposição de chapas com solda descontínua que provoca o aparecimento de manchas de escorrimento de cor marrom ou avermelhada (choro ácido).

CAUSA: agentes químicos do pré-tratamento que penetram em juntas não vedadas e se solidificam na forma de cristais. Após a galvanização e com o passar do tempo, os cristais, em contato com a umidade do ambiente, oxidam o aço e se escorrem pela junta;

PRECAUÇÕES: Devem ser consideradas nos respectivos projetos, como especificar que as juntas devem ser vedadas ou terem espaço de no mínimo 2,5 mm.

Pelo galvanizador realizar a secagem antes da imersão.

CORREÇÃO: Limpeza com escova e lavagem.



5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Retoque do revestimento de Zinco:

Os defeitos de aplicação do revestimento de zinco que não ultrapassarem 0,5 % da área total da peça podem ser retocados, desde que sejam atendidas as especificações das Tabelas 1 e 2 da NBR 6323, utilizando-se um dos seguintes processos:

- aspersão térmica – metalização;
- tinta com teor mínimo de 85 % de zinco, na película seca.

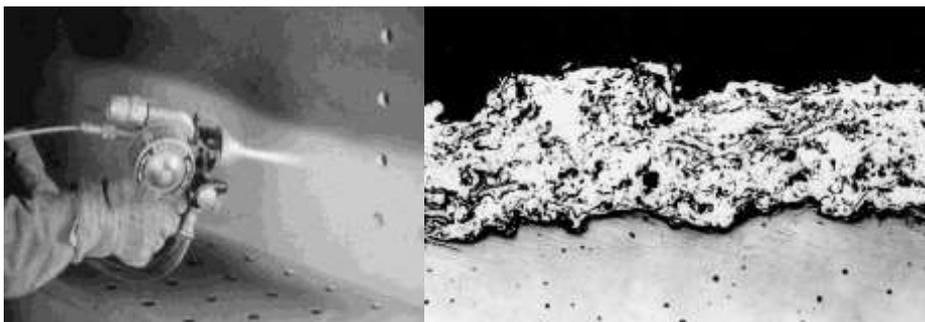
NOTAS:

- A superfície a ser retocada deve estar isenta de óleo, graxas, oxidação e umidade, e deve ser livre de elementos prejudiciais ao processo de retoque.
- No máximo 10cm² de área sem revestimento por componente a restauração é permitida;
- Acima de 10 cm² deve-se regalvanizar ou negociar com o comprador.
- Estes métodos de reparo devem ser limitados aos defeitos e às pequenas áreas revestidas que foram cortadas ou soldadas no local.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

Retoque do revestimento de Zinco:

Aspersão térmica (metalização)



Aplicação da aspersão térmica (metalização) de zinco e a micrografia do revestimento produzido.

Efetuar lixamento ou leve jateamento do local a ser reparado;

Revestimento final com pelo menos 30 microns maior que o especificado;

Escovar suavemente o local reparado com escova de inox, para remoção de excesso e fechamento de poros;

Pintura epóxy rica em Zinco



Efetuar lixamento ou limpar completamente com escova de aço;

Secar a região se houver umidade;

A camada deverá ter no mínimo a espessura

especificada para galvanizado, caso posteriormente ocorra pintura final de acabamento;

Micrografia de revestimento com tinta epoxy rica em zinco. Obtém-se de 100 a 150 microns de espessura.

5. A importância do projeto na especificação da galvanização por imersão a quente;

CONCLUSÃO:

As razões para a aceitação ou a rejeição devem ser comunicadas às partes responsáveis a saber; o galvanizador, construtor, projetista e mesmo ao usuário final.

O tipo de aço usado, as circunstâncias da superfície, os padrões de fabricação e os projetos “apropriados para hdg”, são todos itens que podem combinar e influenciar a qualidade final do produto galvanizado.

6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

Fornecer a proteção contra corrosão de máxima durabilidade em ambientes corrosivos severos (ambientes C3, C4 e C5), assim como ambientes com pH abaixo de 6 e pH acima de 12. Pode ser usado apenas como acabamento ou identificação.

Tem a característica de aumentar a proteção entre 1,5 a 2,5 vezes em função do sinergismo entre o Zinco e a tinta, isto é, a ação cooperativa entre eles, de modo que o efeito resultante é maior que a soma dos efeitos individuais destes.

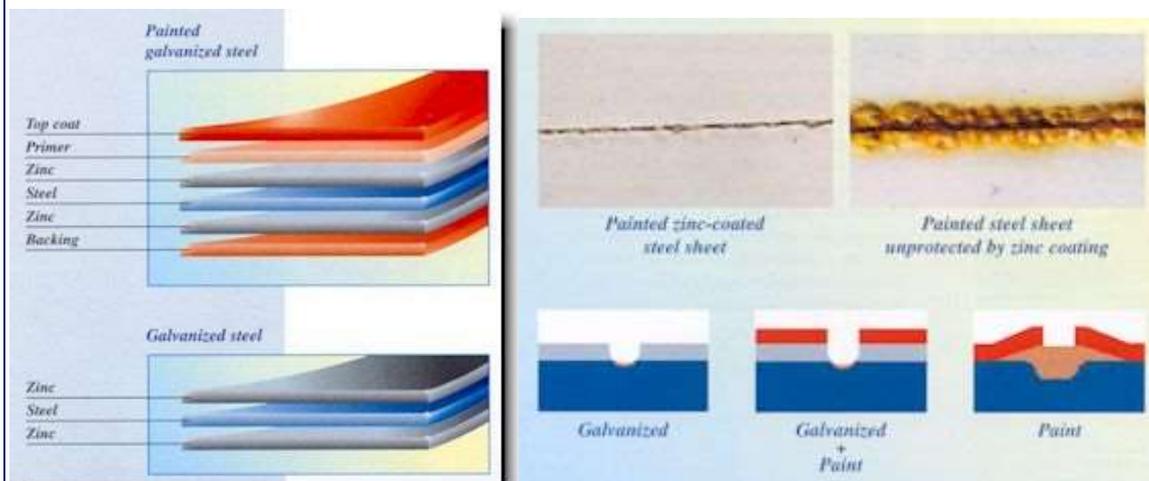
Exemplo - para ambiente C3 - valores estimados:

AÇO PINTADO – 10 anos - AÇO GALVANIZADO – 45 anos

AÇO GALVANIZADO e PINTADO = $(10+45) \times 2,0 = 110$ anos de vida útil.

FATORES SINÉRGICOS:
(multiplicar pelo fator).

- Ambiente de baixa agressividade:
Fator: 2,0 a 2,7
- Industrial e Marinho:
Fator: 1,8 a 2,0
- Água do mar (imerso):
Fator: 1,5 a 1,6



6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

- **Proteção** - por efeito barreira das tintas.
- **Durabilidade** da pintura é determinada por:
 - resistência interna da película de tinta;
 - aderência ao substrato.
- **Mecanismos de degradação** da pintura:
 - abrasão;
 - impacto;
 - trincas ou fissuras a temperaturas baixas ou elevadas;
 - quebra da ligação dentro da matriz do polímero devido reações de hidrólise;
 - oxidação ou exposição à luz ultravioleta;
 - ciclos de congelamento e descongelamento.

NA PRÁTICA, FALHAS PREMATURAS NA PINTURA ACONTECEM DEVIDO:

- preparação insuficiente da superfície do metal;
- tratamento inadequado da superfície do metal.

6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

Normas de pintura sobre a superfície galvanizada – sistema duplex

- ❑ **ABNT NBR 9209 – Preparação de superfícies para pintura** – Processo de fosfatização – Procedimento (para aços carbono e aços galvanizados).
- ❑ **ABNT NBR 10253 – Preparo de superfície** de aço carbono zincado **para** aplicação de sistemas de **pintura** – Procedimento.
- ❑ **ABNT NBR 11297 – Execução de sistema de pintura** para estruturas e equipamentos de aço carbono zincado – Procedimento
- ❑ **PETROBRAS N – 1021 - Pintura de superfícies galvanizadas**, ligas ferrosas e não ferrosas, materiais compósitos e poliméricos.

NOTA: Fosfatização – Método de conversão das superfícies de aço-carbono e aço-carbono galvanizado por imersão a quente, para se obter uma camada microcristalina de fosfatos metálicos insolúveis. Esta camada tem a finalidade de inibir a corrosão e aumentar a aderência e o desempenho de esquemas de pintura.

6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

Tipos de tintas usadas na pintura de galvanizados

Não especificar tinta alquídica pela baixa resistência a: Umidade elevada, Imersão em água, Meios alcalinos, Produtos químicos, Solventes fortes. Sendo assim pode ocorrer destacamento da tinta em função de ser saponificável.

Definição de tinta alquídica:

A tinta alquídica é similar à tinta óleo e à acrílica. O meio alquídico é fabricado a partir de óleos vegetais naturais, reconhecidamente da soja, polimerizado através da aplicação de álcool e ácido. O resultado desta mistura **é uma resina que misturada com um solvente adequado adquire a consistência do óleo de linhaça tradicional**, mas que mesmo podendo ser manipulada por aproximadamente 4 horas alcança completa secagem após 24 horas da aplicação. Por seu preparo diferente, o resultado cromático da tinta alquídica se apresenta diferente dos alcançados com o óleo e o acrílico.



6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

Tinta de fundo Epóxi-Isocianato

É a mais usada para galvanizados novos.
(acabamento Poliuretano)



6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;

TRABALHO EM SUPERFÍCIE GALVANIZADA NOVA OU ENVELHECIDA.

NBR 10253 – Procedimento – NOTAS:

- A. Superfície sem passivação (última etapa da galvanização)
- B. Superfície não pode estar lisa ou polida – necessita perfil de ancoragem.

PROCEDIMENTO:

1. Lavagem com água e tensoativo (detergente biodegradável usando escova de náilon ou manta não tecida Scotch Brite ou Bear Tex). A água retira os sais e o detergente retira o óleo;
2. Enxágüe com água limpa;
3. Secagem natural ou forçada (ar comprimido);
4. Limpeza mecânica (**Sa 1 - jato ligeiro (brush off)**) ou manual (escovas com arame de aço), que promova a remoção de no máximo 10% da espessura de camada de zinco;
5. Remoção da poeira (escovas de pêlo ou ar comprimido);
6. Aplicação da tinta de fundo tolerante;
7. Aplicação da tinta de acabamento.

OBSERVAÇÃO: Sa 1 - Padrão do grau de limpeza - ISO 8501-1

MANUAL PARA ESPECIFICAÇÃO DA GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO A QUENTE - 2015

6. Considerações na especificação do aço galvanizado pintado – Sistema Duplex;
Exemplo de especificação: Edifício garagem do aeroporto internacional – salvador/BA
- 2012

Galvanização ABNT NBR 6323:2007	Pintura ISO 12944-5: 2007
<ul style="list-style-type: none">• Espessura mínima média do revestimento: 85 mm• Durabilidade estimada antes do aparecimento da corrosão vermelha: > 40 anos.	<ul style="list-style-type: none">• Sistema no. A4.15• Epóxi isocianato• Epóxi óxido de ferro• PU acrílico alifático• Espessura total: 240 mm• Durabilidade estimada do sistema de pintura: > 15 anos
	

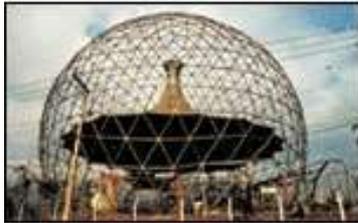
7. Aplicações de aço galvanizados;

7. Aplicações de aço galvanizados;

Versatilidade das Aplicações: (algumas normatizadas):

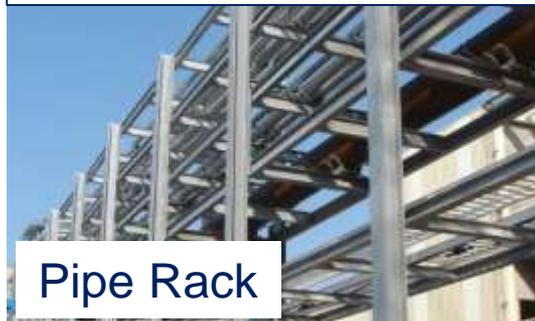
1. Armazenagem (silos, tanques)
2. Iluminação (postes)
3. Defensas metálicas (guard rail)
4. Pórticos em rodovias / ferrovias
5. Estruturas Metálicas (em todo sistema de transporte. Ex. Aeroportos)
6. Telecomunicações (torres)
7. Energia (Torres de transmissão, solar, eólica)
8. Construção Civil (vergalhão galvanizado, perfis em aço)
9. Oil & Gas (Tubulações, estruturas metálicas)
10. Pontes e Viadutos (metálicas e de concreto)
11. Passarelas
12. Tuneis
13. Elementos de fixação (parafusos, porcas, arruelas)
14. Agropecuária (pivôs de irrigação)
15. Tubulações em geral

7. Aplicações de aço galvanizados;



7. Aplicações de aço galvanizados;

Aplicações Oil & Gas



Pipe Rack



Racks para Tanques



Pisos



eletrocalha



Radiadores



Guarda Corpo



Eletrodutos curvados



Flanges



Spools

7. Aplicações de aço galvanizados;

TORRES DE ENERGIA EÓLICA



- Torre – Aço carbono (estruturas metálicas soldadas galvanizadas);
- Escadas / fixadores / flanges galvanizados



Torre em estrutura de
aço galvanizada

7. Aplicações de aço galvanizados;
Energia Solar: Base estrutural dos painéis



Fonte: T&D Brasil

Estrutura do sistema de captação de energia solar em aço galvanizado – Abril/2012 – Arena de Pituauçu – Salvador / BA – Pioneira na América Latina de energia solar para estádios.

7. Aplicações de aço galvanizados;

Estruturas de correias transportadoras de minérios



Fonte: Kepler Weber

- » **Galeria Metálica Aberta**
- » **Galeria Metálica Fechada**
- » **Estrutura de Tripper**
- » **Estrutura Superior**
- » **Estrutura superior com duas correias.**
- » **Carregamento de caminhões**
- » **Torre para Elevador**
- » **Estrutura para balança de pesagem**
- » **Recepção de armazém**
- » **Torre Metálica Aberta**

7. Aplicações de aço galvanizados;

Aplicações em estádios de futebol



Soccer City Stadium – África

do Sul

- Traves dos gols
- Estruturas metálicas;
- Coberturas;
- Postes de iluminação;
- Guarda-corpos;
- Suporte dos assentos;
- Vergalhão para concreto armado.

7. Aplicações de aço galvanizados;
Parque temático - Ferrari World – Abu Dhabi

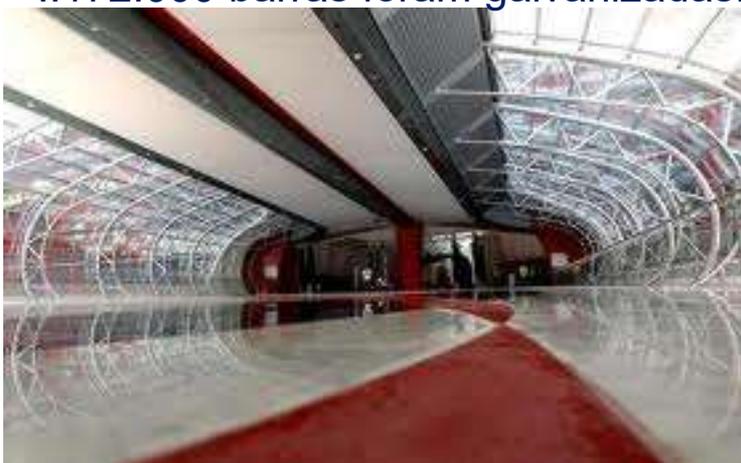


“ The specification prescribed that all steel components had to be galvanized and subsequently powder coated.”

Fonte: HDG Magazine – GA uk



7. Aplicações de aço galvanizados;
Parque temático - Ferrari World – Abu Dhabi
“..172.000 barras foram galvanizadas..”



Fonte: HDG Magazine – GA uk

7. Aplicações de aço galvanizados;

Aparelhos de ginástica e play ground:

Parque do Ibirapuera – São Paulo – SP; Academia Unicamp – Campinas - SP



7. Aplicações de aço galvanizados;
BASE DE ALCÂNTARA - MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA – ALCÂNTARA - MA



7. Aplicações de aço galvanizados;

3 PASSARELAS - RODOVIA ANHANGUERA – CCR AUTOBAN



- Entre Km 106 e 107;
- Inauguradas em 2014;
- Construtora Tardelli;
- Fiscalização Falcão Bauer;
- 20% mais barato que em concreto;
- 4 meses de execução;
- Mais econômicas para vãos acima de 35 metros;
- Economia na estrutura de fundação.

8. Vergalhão Galvanizado.

8. Vergalhão Galvanizado.

Processo Normatizado:

- ASTM A767 – Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement.
- ISO 14657 – Zinc-coated steel for the reinforcement of concrete.
- ABNT NBR – Galvanização por imersão a quente de barra de aço destinada a armadura de concreto armado. Na ABNT para consulta nacional.



❖ *Utilizado há mais de 60 anos na Europa e Estados Unidos.*

❖ *No Brasil, Museu Iberê Camargo, Museu de Arte do Rio (MAR) e Instituto Moreira Salles - Av. Paulista-SP.*

8. Vergalhão Galvanizado.

Museu Iberê Camargo – Porto Alegre - Brasil



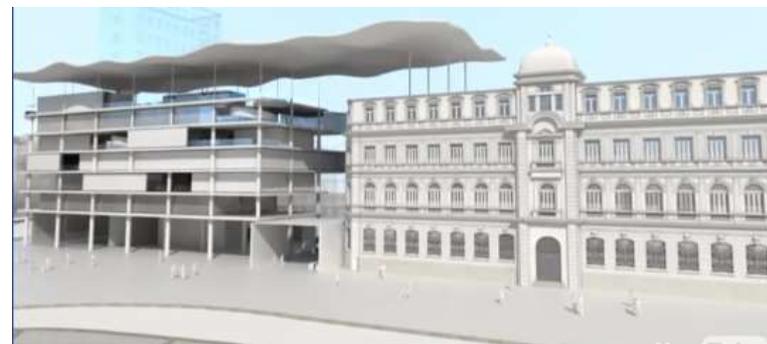
Divulgação: Fundação Iberê Camargo

Obra com utilização de 100% de vergalhão galvanizado. Inaugurado em 2008
– Arquiteto Álvaro Siza

8. Vergalhão Galvanizado.



Museu MAR - RJ



8. Vergalhão Galvanizado.

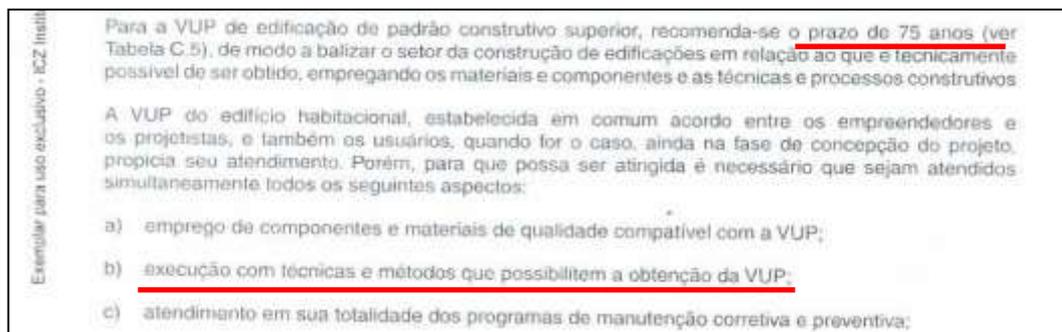
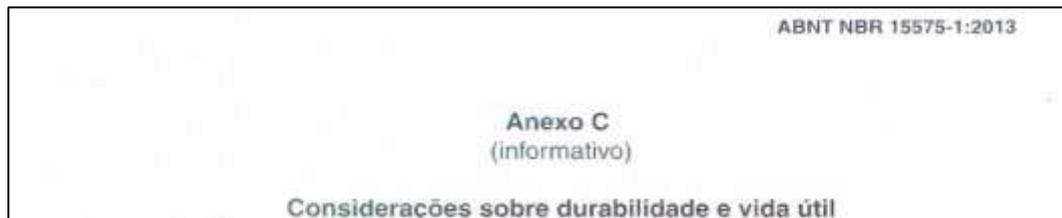
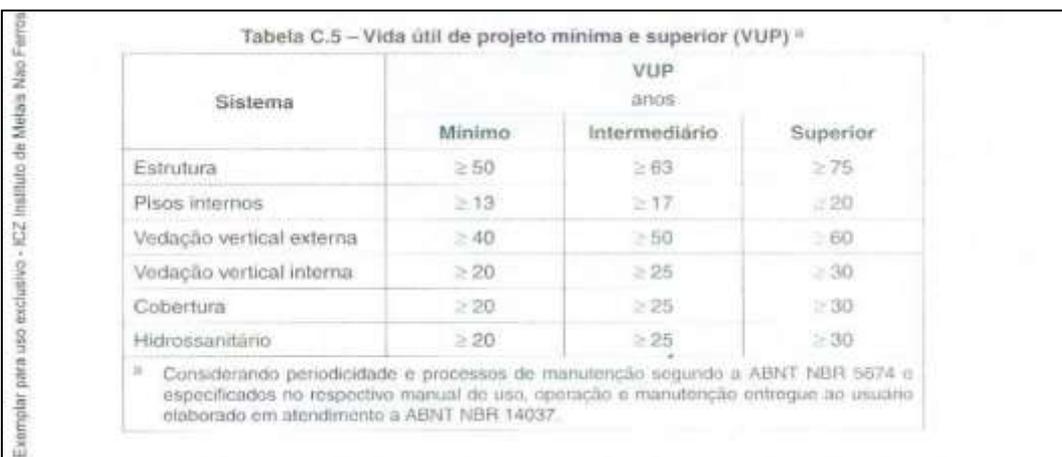
Instituto Moreira Salles - SP



8. Vergalhão Galvanizado.

- **ABNT NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto – **sub item 7.7** – Em condições de exposição adversas **devem ser** tomadas medidas especiais de proteção e conservação do tipo: aplicação de revestimentos hidrofugantessobre a superfície do concreto, **galvanização da armadura**,e outros.
- **ABNT NBR 8800** – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (referendada pela ABNT NBR 15575 – Norma de desempenho) - Menciona sobre a “**Corrosão nos componentes de aço**” e **sugere métodos de proteção contra corrosão** – indicando em seu **Anexo N.4 A - “Galvanização a Quente”**

8. Vergalhão Galvanizado.

Exemplar para uso exclusivo - ICZ Instituto de Metais Não Ferrosos

Tabela C.5 – Vida útil de projeto mínima e superior (VUP) ^a

Sistema	VUP anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

^a Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento a ABNT NBR 14037.

8. Vergalhão Galvanizado.

REAÇÃO DO VERGALHÃO GALVANIZADO DURANTE A CURA DO CONCRETO:

- Zinco em soluções fortemente alcalinas ($> \text{pH } 12,5$) é passivado por formação de camada de cristais aderentes – hidroxizincato de cálcio (CaHZn);
- A formação de CaHZn começa imediatamente em contacto com a solução de cimento molhado;
- É importante a existência da camada de zinco puro no revestimento do vergalhão (camada ETA) para promover a reação com o concreto para a formação de hidroxizincato de cálcio;
- Nesta reação há um consumo de cerca de 10 micrometros da camada de zinco;
- Esse filme superficial estabiliza o zinco, isolando-o do ambiente circundante; A reação com zinco cessa logo que o concreto endurece.
- O hidroxizincato de cálcio é um produto fibroso, apresenta uma elevada adesão química ao concreto, o que resulta na elevada aderência ao concreto.

8. Vergalhão Galvanizado.

NO CONCRETO - EVOLUÇÃO DE HIDROGÊNIO:

Cimento possui teor de cromato suficiente para evitar a evolução de hidrogênio – ideal mínimo de 20 ppm de cromato na mistura final do concreto;

Geralmente o pH durante a cura do concreto encontra-se em 12,5. Se o pH for superior a 13,3, poderá ocorrer intensa evolução de hidrogênio e conseqüentemente afetará a aderência do vergalhão galvanizado ao concreto armado.

IMPORTÂNCIA RELAÇÃO ÁGUA / CIMENTO:

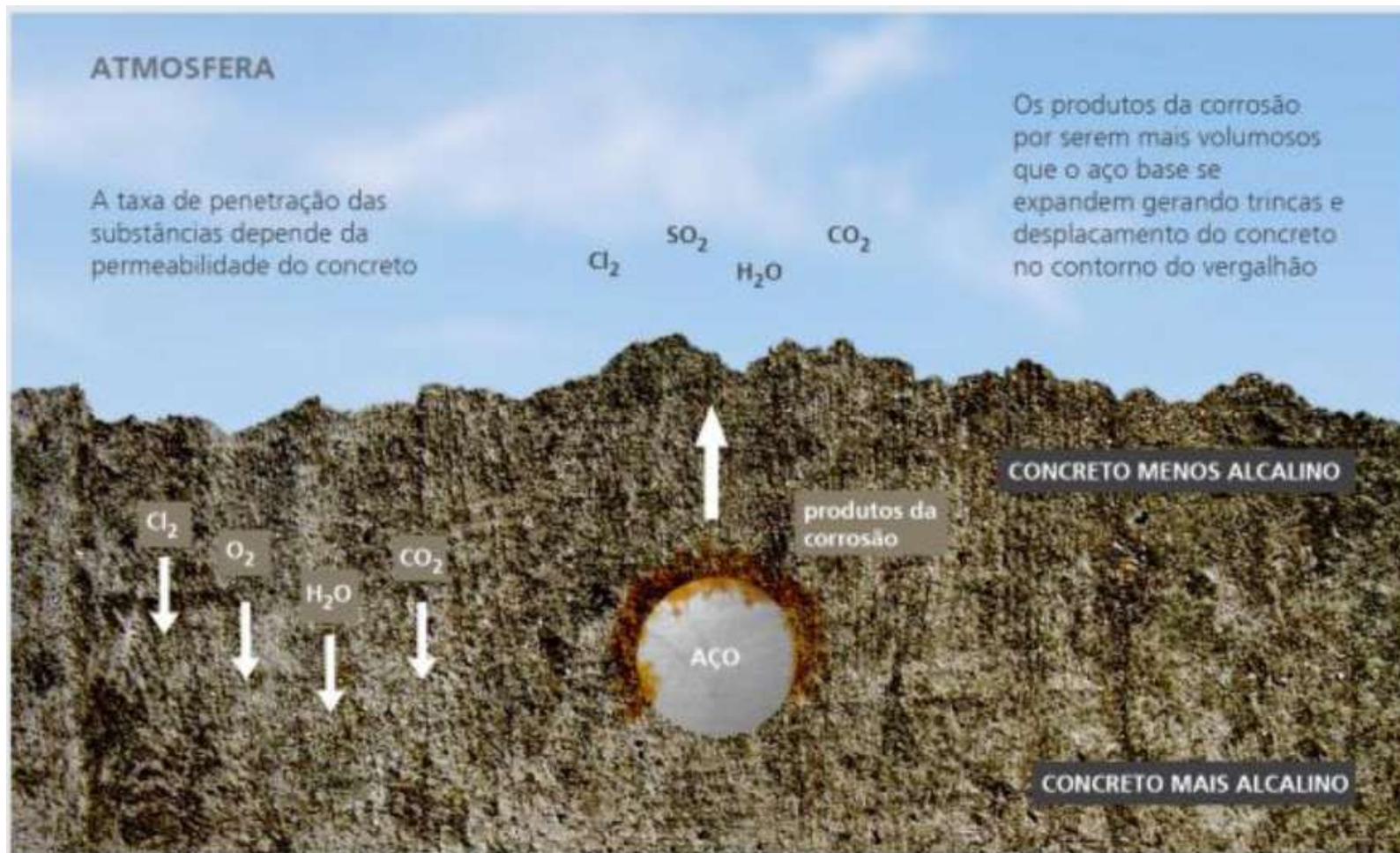
Entre 0,4 e 0,5 para concreto armado em ambiente marinho é a recomendação de norma ABNT NBR 6118;

Quanto menor esta relação, menor a porosidade do concreto e portanto menos permeável;

Embora o hidroxizincato de cálcio não evite a penetração do íon cloreto, a superfície do vergalhão galvanizado é 2,5 vezes mais tolerante a cloretos do que vergalhão sem proteção.

8. Vergalhão Galvanizado.

VERGALHÃO SEM PROTEÇÃO



8. Vergalhão Galvanizado.

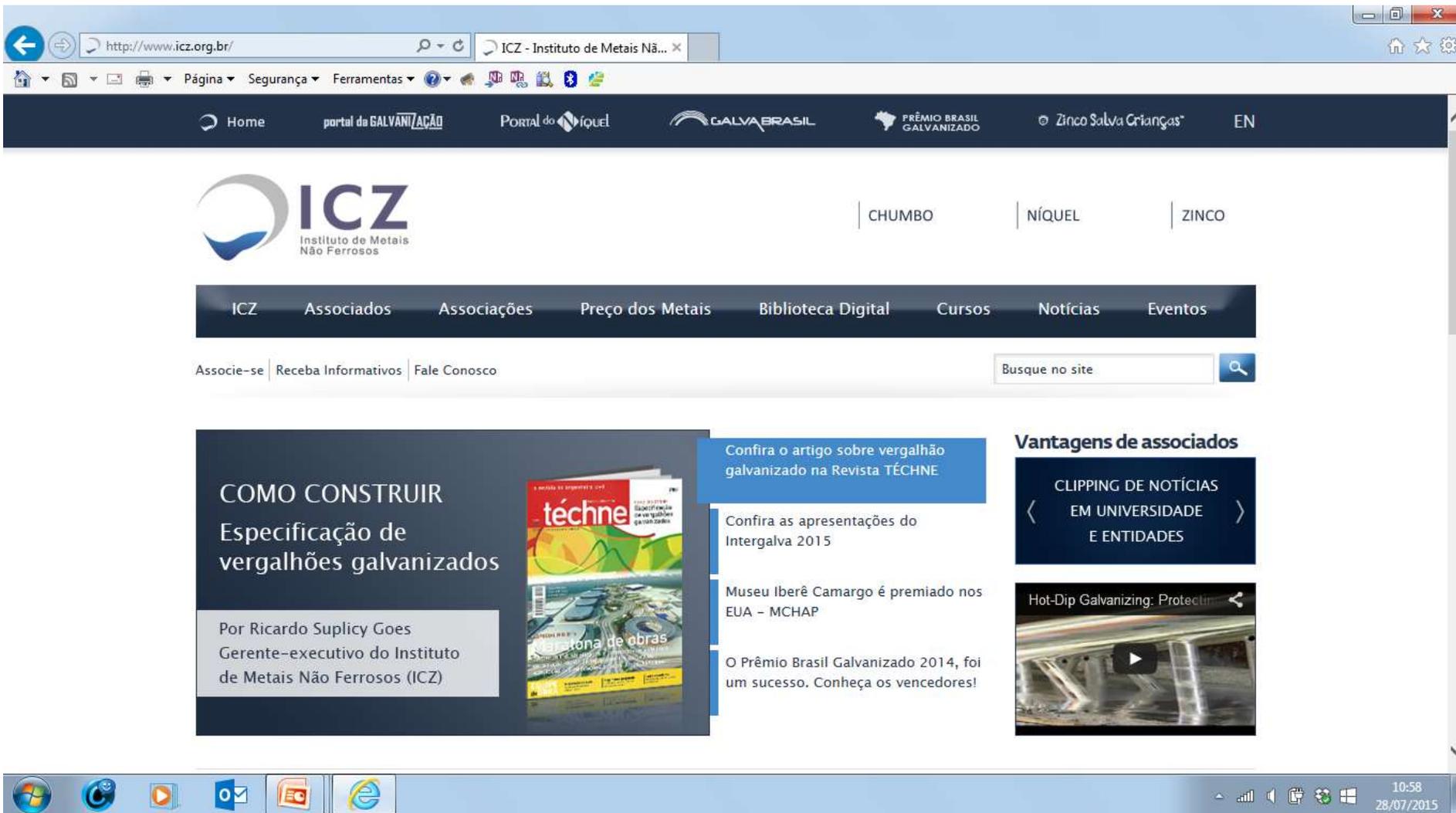


Bermuda – 60 anos de performance histórica

- A região de Bermuda utiliza exclusivamente vergalhões galvanizados em todas as construções de concreto desde 1950. A aplicação é necessária por causa do clima marinho corrosivo.
- Além disso o agregado para fabricação do concreto já contém cloretos em sua composição química

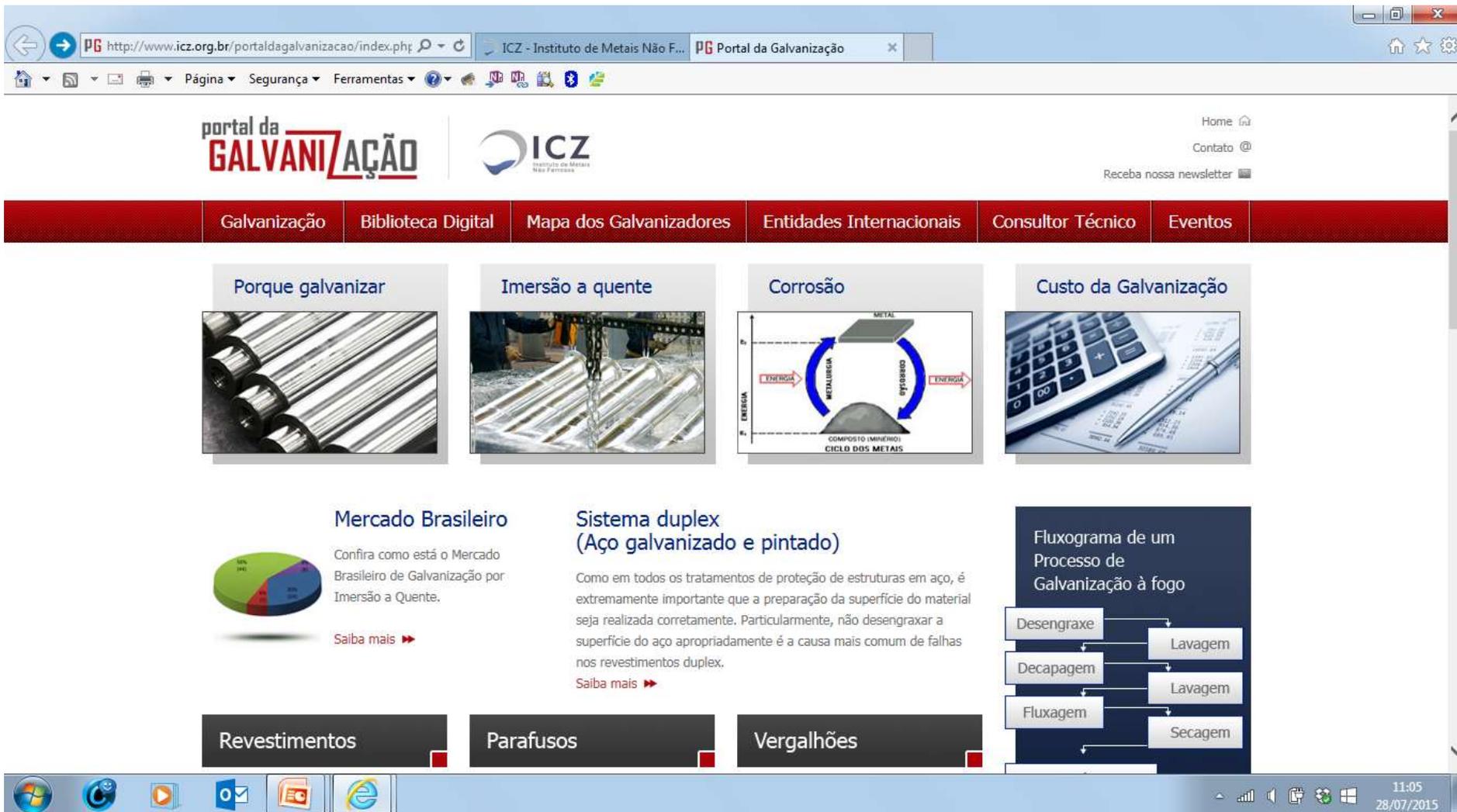


Visite nosso site: www.icz.org.br



The screenshot shows a web browser window displaying the ICZ website. The address bar shows <http://www.icz.org.br/>. The website header includes navigation links: Home, portal da GALVANIZAÇÃO, PORTAL do NÍQUEL, GALVA BRASIL, PRÊMIO BRASIL GALVANIZADO, Zinco Salva Crianças*, and EN. Below the header is the ICZ logo and navigation tabs for CHUMBO, NÍQUEL, and ZINCO. A secondary navigation bar contains links for ICZ, Associados, Associações, Preço dos Metais, Biblioteca Digital, Cursos, Notícias, and Eventos. A search bar is located on the right with the text "Busque no site". The main content area features three promotional boxes: 1. "COMO CONSTRUIR Especificação de vergalhões galvanizados" by Ricardo Suplicy Goes, with an image of a magazine cover titled "téchne". 2. "Confira o artigo sobre vergalhão galvanizado na Revista TÉCHNE" and "Confira as apresentações do Intergalva 2015". 3. "Vantagens de associados" with a "CLIPPING DE NOTÍCIAS EM UNIVERSIDADE E ENTIDADES" and a video thumbnail titled "Hot-Dip Galvanizing: Protection". The Windows taskbar at the bottom shows the date and time as 10:58 on 28/07/2015.

Visite nosso site: www.portaldagalvanizacao.com.br



The screenshot shows a web browser window displaying the ICZ website. The browser's address bar shows the URL <http://www.icz.org.br/portaldagalvanizacao/index.php>. The website header includes the ICZ logo and navigation links for Home, Contato, and a newsletter sign-up. A red navigation bar contains the following menu items: Galvanização, Biblioteca Digital, Mapa dos Galvanizadores, Entidades Internacionais, Consultor Técnico, and Eventos.

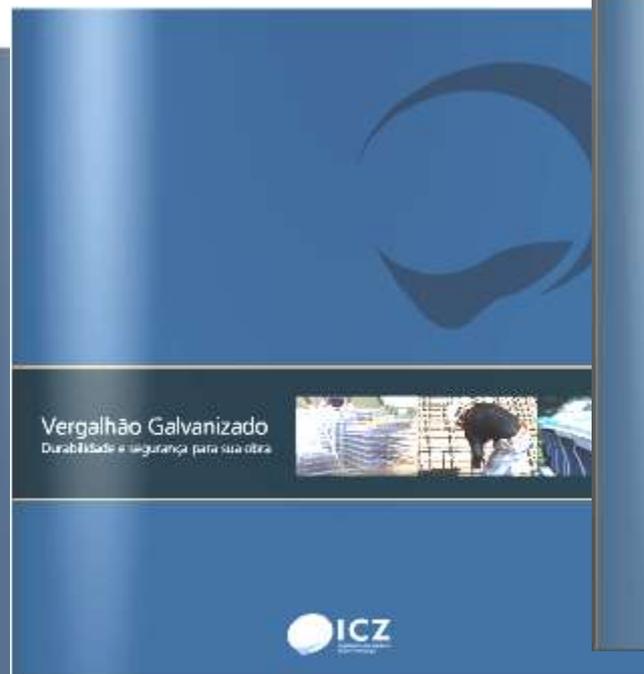
The main content area features several tiles:

- Porque galvanizar**: Accompanied by an image of galvanized metal pipes.
- Imersão a quente**: Accompanied by an image of metal pipes being immersed in a hot liquid bath.
- Corrosão**: Accompanied by a diagram titled "COMPOSTO (MINERIO) CICLO DOS METAIS" showing the relationship between METAL, CORROSÃO, and METALURGIA, with arrows indicating the flow and the input of ENERGIJA.
- Custo da Galvanização**: Accompanied by an image of a calculator and a pen on a document.
- Mercado Brasileiro**: Includes a 3D pie chart and the text: "Confira como está o Mercado Brasileiro de Galvanização por Imersão a Quente. Saiba mais ►►".
- Sistema duplex (Aço galvanizado e pintado)**: Includes the text: "Como em todos os tratamentos de proteção de estruturas em aço, é extremamente importante que a preparação da superfície do material seja realizada corretamente. Particularmente, não desengratar a superfície do aço apropriadamente é a causa mais comum de falhas nos revestimentos duplex. Saiba mais ►►".
- Fluxograma de um Processo de Galvanização à fogo**: A flowchart showing the steps: Desengraxe, Decapagem, Fluxagem, Lavagem, Lavagem, and Secagem.

At the bottom of the page, there are three dark grey buttons labeled "Revestimentos", "Parafusos", and "Vergalhões". The Windows taskbar at the bottom shows the system clock as 11:05 on 28/07/2015.

PUBLICAÇÕES ICZ

<http://www.icz.org.br/icz-biblioteca.php>



**MATERIAL ELABORADO POR:
ICZ – INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS
Av. Angélica, 1814, conjunto 804, 8º andar,
Higienópolis - São Paulo, SP - Fone: 11-3214-1311 –
Contato: Eng.º Sr. Paulo Silva Sobrinho
E-mail: paulo.sobrinho@icz.org.br
e contato@icz.org.br**