

## ASPECTOS DA CORROSÃO DE TUBOS GALVANIZADOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Fernando B. Mainier<sup>1</sup>, Gilson B.A. Lima<sup>2</sup>, Oswaldo L.G. Quelhas<sup>3</sup>**

(1) mainier@nitnet.com.br; (2) gilson@civil.uff.br, (3) quelhas@civil.uff.br  
Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico, Escola de Engenharia,  
Rua Passo da Pátria 156, S. Domingos, Niterói, CEP 24210-240, Rio de Janeiro.

### RESUMO

A corrosão pode ser definida como um processo químico ou eletroquímico de destruição parcial ou total dos materiais frente a um meio corrosivo, significando, um permanente desafio ao homem, pois quanto mais a ciência cria e evolui e a tecnologia aplica e avança, mais a corrosão encontra espaço e maneiras de se fazer presente. A utilização do zinco na proteção anticorrosiva de artefatos de aço-carbono vem ganhando espaço, principalmente em tubulações, em torres de eletrificação, em perfis na construção de galpões, equipamentos industriais de grande porte, etc. Nos prédios residenciais tem havido um crescimento da corrosão em tubulações de aço galvanizado para água potável. Geralmente, a corrosão é função da má qualidade dos revestimentos de zinco ou da agressividade das águas. Quando a corrosão é externa, pode ser devida às argamassas de cimento aditivadas com produtos químicos que, uma vez aplicadas nas paredes, acabam sendo agressivas ao revestimento de zinco. Desta forma, este trabalho visa a demonstrar os mecanismos de corrosão e de proteção anticorrosiva de tubulações galvanizadas evidenciando os processos de fabricação, os ensaios de avaliação e as normas de qualificação visando ao aumento de vida útil destes materiais na construção civil.

Palavras chaves: corrosão, galvanização, zinco, especificações.

### 1. INTRODUÇÃO

O leigo, alheio ao cenário mais amplo e complexo das relações de produção, comumente batiza como “ferrugem” como o processo natural a que estão sujeitos os materiais metálicos. Pode até suspeitar da utilização inadequada ou de erros nos processos de fabricação, mas dificilmente chega a alcançar a dimensão das causas e muito menos da dinâmica das conseqüências. Falta-lhe a dimensão de que a “ferrugem” vista nos viadutos, pontes, pilastras, monumentos históricos, brinquedos dos parques de diversão, janelas, portões, grades, materiais de escritório, eletrodomésticos etc, presente invariavelmente no seu cotidiano, na maioria das vezes, se deve mais ao emprego de materiais de má qualidade nas ligas, falta de rigorismo técnico e de processos indispensáveis de proteção e conservação; e menos à natureza e propriedade do material em si.

Numa versão científica e/ou técnica, o termo corrosão tem sido utilizado para determinar o processo de destruição total, parcial, superficial ou estrutural dos materiais por um ataque químico, eletroquímico ou eletrolítico. Com base nesta definição, pode-se classificar

e definir os processos corrosivos em: corrosão química, corrosão eletroquímica e corrosão eletrolítica.

A **corrosão química** corresponde ao ataque de um agente químico diretamente sobre o material, sem transferência de elétrons de uma área para outra. No caso de um metal ou liga, o processo consiste numa reação química entre o metal e o meio corrosivo, resultando na formação de um produto de corrosão sobre a superfície do metal. A destruição do concreto, observada nas pontes e viadutos, tem como uma das causas a corrosão química, explicada pela ação dos agentes poluentes sobre os constituintes do concreto: cimento, areia e agregados de diferentes tamanhos.

A corrosão química também pode ser interpretada como a deterioração de polímeros (plásticos, borrachas e materiais compostos) sujeitos à ação de solventes orgânicos e/ou oxidantes enérgicos. No caso da corrosão de plásticos e de borrachas por solventes orgânicos específicos, pode haver a descaracterização destes materiais, principalmente em relação às suas propriedades físicas, pela perda da rigidez ou da flexibilidade, acarretando o desgaste, que dependerá, por sua vez, da ação e das propriedades do agente agressivo. Cada tipo de material poderá ter um mecanismo específico de corrosão, que depende das propriedades físico-químicas do material e do agente químico.

A **corrosão eletroquímica** é um processo espontâneo, passível de ocorrer quando o metal ou liga está em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, as reações anódicas e catódicas. A transferência dos elétrons da região anódica para a catódica é feita por meio de um condutor metálico e a difusão de ânions e cátions na solução fecha o circuito elétrico. A intensidade do processo de corrosão é avaliada pelo número de cargas de íons que se descarregam no catodo ou, então, pelo número de elétrons que migram do anodo para o catodo. Além disto, também representam os principais processos de corrosão eletroquímica, a corrosão atmosférica, galvânica, pelo solo, em frestas, etc.

A corrosão atmosférica é a ação agressiva da atmosfera sobre materiais metálicos. A intensidade do processo de corrosão depende da umidade relativa, do teor de gases dissolvidos (poluentes) e do teor de sais e sólidos em suspensão. Em função da localização e do clima, podem ser do tipo: marinha, industrial, rural, etc.

A corrosão galvânica ocorre quando dois metais ou ligas diferentes, ligados por um condutor elétrico, estão imersos em um eletrólito. A corrosão ocorrerá no metal ou na liga menos nobre (anodo).

A corrosão pelo solo pode ser definida como a deterioração de uma estrutura enterrada, que dependerá das propriedades físico-químicas do solo. Os gasodutos, os oleodutos, as adutoras de água potável e os tanques de gasolina são exemplos de estruturas enterradas, sujeitas à ação de solos corrosivos.

A corrosão por frestas é um processo de corrosão, do tipo localizado, que ocorrem nas frestas de alguns materiais metálicos. Exemplos: chapas rebitadas, frestas ou fissuras em soldas, etc.

A **corrosão eletrolítica** caracteriza-se por ser um processo eletroquímico, que se dá com aplicações de corrente elétrica externa. Isto significa que é um processo não espontâneo de corrosão. Ela é provocada por correntes de fuga, também chamadas de parasitas ou estranhas. Este fenômeno ocorre com frequência em tubulações de petróleo e de água potável, em cabos telefônicos enterrados, em tanques de postos de gasolina, etc. Geralmente, estas correntes são devidas às deficiências de isolamentos ou de aterramentos, fora de especificações técnicas, provocando furos isolados e externos nas instalações, onde a corrente escapa para o solo.

Estes fatos acabam significando que corrosão é um permanente desafio ao homem, pois quanto mais a ciência cria e evolui e a tecnologia aplica e avança, mais ela encontra

espaço e maneiras de se fazer presente. As técnicas de proteção anticorrosiva, como a proteção catódica, os revestimentos (orgânicos, inorgânicos, metálicos, mistos) e os inibidores de corrosão, objetivam evitar e/ou minimizar esta dimensão da deterioração causada nos materiais e equipamentos.

Desta forma, a utilização do zinco na proteção anticorrosiva vem ganhando espaço, principalmente em tubulações, em torres de eletrificação, em perfis na construção de galpões, equipamentos industriais de grande porte, etc.

O processo de galvanização começou no século XIX, em Paris, onde a história conferiu ao Engenheiro Stanislaw Sorel, datada de 10 de maio de 1837, a primeira patente de imersão de peças de aço-carbono em zinco fundido. Ainda, historicamente vale lembrar que os postes usados na telegrafia, por volta de 1887, já eram revestidos com zinco e desde 1910 o zinco já revestia as grandes torres de transmissão de energia elétrica.

O uso consagrado do zinco como revestimento, desde daquela época, tem levado a indústria de imersão a quente, nos Estados Unidos, a faturar anualmente 1,5 bilhões de dólares com uma utilização de 400.000 toneladas de zinco. Provavelmente, tais faturamentos estão alicerçados no cenário das aplicações de zinco nos vários segmentos industriais, que apontam 53 % para a galvanização de peças e estruturas de aço, enquanto o restante compreende 17 % na fabricação de latões (liga de cobre-zinco), 17 % em ligas de zinco-alumínio e 12 % em outras diversas aplicações.

No Brasil, a galvanização é responsável por 55 % do consumo de zinco e, segundo estimativas, seu consumo evoluirá na ordem de 4,5% ao ano, em decorrência da maior utilização pela siderurgia, já que a indústria automobilística vem aumentando significativamente a demanda por chapas galvanizadas.

Diante do crescimento e da diversificação de produtos e de usos é fundamental que se conheçam os processos de revestimentos, suas limitações, as especificações, as normas e procedimentos de avaliação, visando, em última análise, à diminuição de falhas e à redução de custos.

## **2. REVESTIMENTOS GALVANIZADOS POR IMERSÃO A QUENTE**

Os revestimentos metálicos podem ser definidos, amplamente, como uma aplicação de metais ou ligas, contendo ou não aditivos (substâncias orgânicas, inorgânicas ou misturas destas), sobre qualquer material, por meio de uma ação química, eletroquímica ou mecânica. Da mesma forma, sua aplicação é bastante ampla nos diversos segmentos que atuam, sejam industriais ou fazendo parte do cotidiano da sociedade. No cotidiano se apresenta como decorativo e utilitário e na maioria das vezes associa-se o termo decorativo-utilitário para representar inúmeros equipamentos domésticos como os conjuntos maçaneta-fechadura, frisos para automóveis e geladeiras, tampas para recipientes entre outros.

Os revestimentos metálicos são efetuados com base em quatro processos, seja diretamente com o metal ou pela formação de uma liga metálica com o metal base:

- processos mecânicos (deposição por solda, cladeamento, dublagem);
- **processos térmicos (imersão a quente, aspersão)**;
- processos eletrolíticos (aplicação de corrente elétrica externa, sem aplicação de corrente elétrica);
- deposição metálica em fase gasosa (redução e/ou decomposição térmica de sais, deposição a vácuo de filmes finos, vaporização catódica).

### **2.1 Processos de imersão a quente**

O processo de imersão a quente consta, essencialmente, na colocação das peças preparadas em um banho de zinco fundido, por um determinado tempo, para o recobrimento

de zinco. Entretanto, na prática de galvanização para obtenção de uma camada de zinco contínua e dentro de especificações, é fundamental estabelecer uma seqüência de procedimentos para revestir arames, porcas, parafusos, tubos, peças fundidas de grande porte, etc. A seqüência de operações é apresentada no fluxograma da fig. 1.

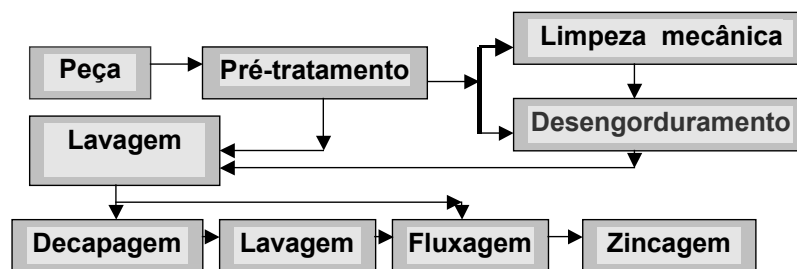


Fig.1 – Fluxograma do processo de zincagem

Na fase de pré-tratamento considera-se a preparação inicial da peça constando de uma **limpeza mecânica** e de um **desengorduramento** visando à remoção de material sólido pouco aderente, óxidos, gorduras, graxas, óleos, restos de pintura, etc. Na limpeza mecânica podem ser usadas lixas, escovas de aço, espátulas, marteletes, escovas rotativas, esmerilhadeiras, etc.

O desengorduramento pode ser efetuado através de duas técnicas: soluções alcalinas ou solventes orgânicos. O uso de soluções alcalinas depende do tipo de material, da quantidade de sujeira e do serviço executado, compreendendo formulações à base de hidróxido, carbonato e silicatos de sódio. Os solventes orgânicos normalmente utilizados são à base de hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e organoclorados.

A **decapagem ácida** é efetuada visando à remoção de carepas e óxidos aderentes à superfície metálica. Geralmente, são utilizadas formulações à base de ácido clorídrico e ácido sulfúrico com adições de inibidores de corrosão visando a evitar o desgaste acentuado das peças metálicas e ao mesmo tempo para minimizar a fragilização pelo hidrogênio (Mainier, 1989, 1999). As soluções ácidas usadas variam de 5 a 15 % em volume e a temperatura do banho é da ordem de 60 a 70°C. As formulações de inibidores de corrosão de melhor desempenho são constituídas de produtos orgânicos como aminas etoxiladas de alto peso molecular, derivados de tiouréias, piridinas, álcoois propagíricos, etc.

A operação de **fluxagem** compreende a ação de remoção de óxidos, ainda aderentes à superfície metálica, com uma mistura de cloreto de zinco e cloreto de amônio, de tal modo a propiciar uma superfície limpa para melhorar a difusão entre as ligas ferrosas e o zinco fundido.

Existem duas técnicas de aplicação denominadas de processo seco e processo úmido. No processo a seco, as peças ainda molhadas da lavagem após a decapagem são imersas em uma solução aquosa de cloreto de zinco e cloreto de amônio a quente. As peças são aquecidas numa estufa e posteriormente são levadas ao banho de zinco fundido. As principais vantagens referem-se à menor possibilidade de choque térmico, reduzindo, conseqüentemente, o risco de empenamento nas peças com pouca espessura.

No processo úmido, a mistura de cloretos de zinco e de amônio é fundida e forma um “colchão” sobrenadante no banho de zinco fundido. As peças são introduzidas, lentamente, de tal forma a não romper o “colchão” e propiciar uma excelente remoção das impurezas aderentes à superfície, conforme mostra o esquema da fig. 2. As principais vantagens deste processo residem nos seguintes fatos: requer menor manipulação das peças; não necessita de estufas para pré-aquecimento das peças e é mais eficiente a remoção dos óxidos aderentes. A peça, após passar na fluxagem, é colocada no banho de zinco fundido e deverá ficar imersa em função da espessura de revestimento que se deseja para mesma. O ponto de fusão do zinco puro é de 419,5°C, no entanto, em função de condições operacionais e das adições de outros metais ao banho, mantém-se a temperatura na faixa de 440 a 470°C. Em temperaturas

superiores à faixa indicada é possível esperar maior difusão entre o ferro e zinco, acarretando maior dissolução do aço e, conseqüentemente, maior teor de ferro no revestimento final. O tempo de imersão varia de 1 a 5 minutos e depende fundamentalmente da espessura desejada, temperatura do banho, do tamanho e da geometria da peça.

Terminada a operação de imersão, a peça é resfriada, ficando pronta para quaisquer outras operações subseqüentes.

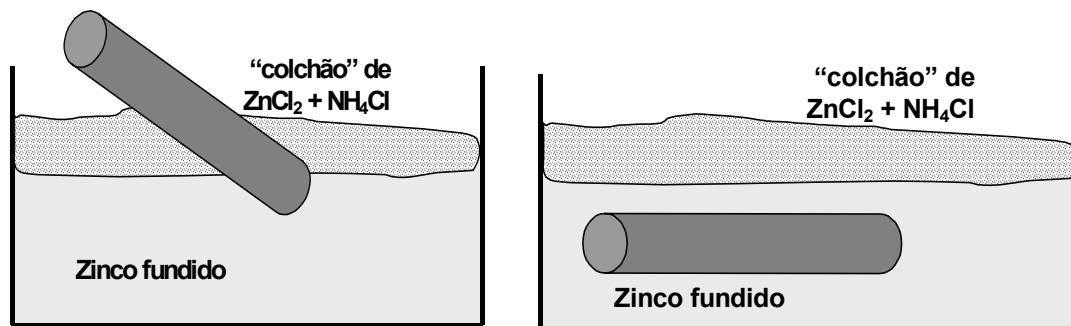


Fig. 2 – Processo de imersão a quente

## 2.2 Estrutura da camada de zinco

Segundo Cabral & Mannheimer (1979), o revestimento obtido em condições normais é formado por quatro fases intermetálicas entre zinco e ferro denominadas, respectivamente, de  $\gamma$  (gama),  $\delta$  (delta),  $\xi$  (zeta) e  $\eta$  (eta), conforme mostra a micrografia apresentada na fig.3.

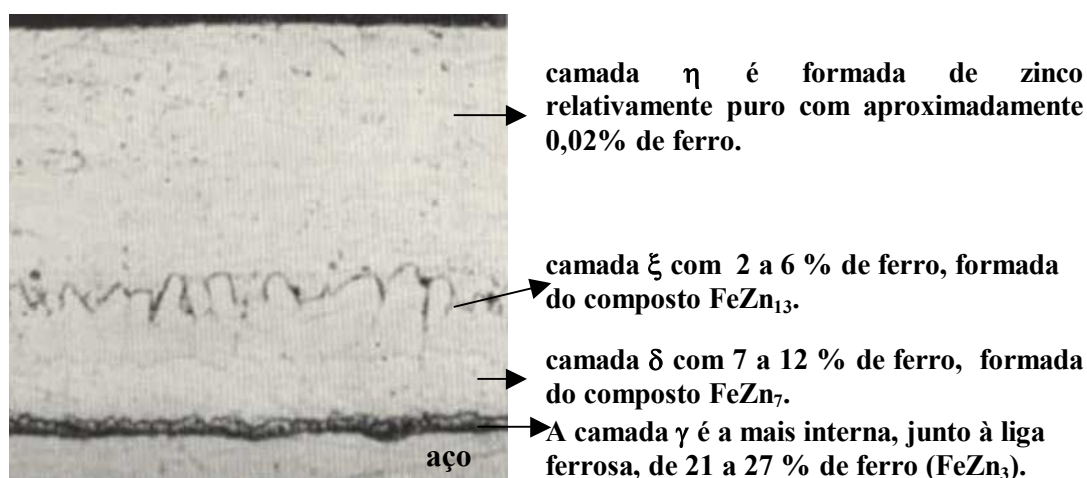


Fig.3 – Estrutura da camada de zinco sobre superfície de aço-carbono

O zinco utilizado no banho é denominado de “zinco primário”, que deve estar em conformidade com a especificação ABNT EB-302, segundo a composição química apresentada na tabela 1.

**Tabela 1 - Composição química do zinco usado na galvanização**

Metais	Teor %
Zinco	97,0 - 97,5
Chumbo	1,2 - 1,6
Cádmio	0,2 - 0,5
Ferro	0,02 - 0,05

A adição de certos metais ao banho pode conferir melhor desempenho da camada de zinco final, entretanto, dependendo do teor destes metais e de outros contaminantes presentes no banho, podem formar inclusões metálicas indesejáveis e causar problemas de qualidade na camada de zinco. Geralmente os metais que alteram as propriedades do revestimento de zinco são: alumínio, cobre, chumbo, ferro, cádmio e estanho.

## 2.3 Especificações e ensaios de produtos zincados

As normas brasileiras e internacionais referentes à zincagem por imersão a quente relacionam uma série de procedimentos que incluem a terminologia, as principais características físicas e mecânicas, os ensaios de desempenho, as condições operacionais a segurança industrial, etc. Desta forma, são citadas, entre outras, as seguintes normas: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), DIN (Deutsches Institut für Normung), SAE (Society of Automotive Engineers), NACE (National Association of Corrosion Engineers). As especificações para produtos zincados serão apresentadas a seguir:

### 2.3.1 Espessura e massa de zinco por m<sup>2</sup>

Geralmente, as espessuras de revestimentos de zinco por imersão variam de 20 µm a 200 µm, embora os valores normalmente utilizados situam-se na faixa de 70 µm a 100 µm. A maioria das normas não faz referência à espessura e sim a relação entre a massa de zinco por área revestida (g de zinco/m<sup>2</sup>), de modo que 1g de zinco/m<sup>2</sup> corresponde a 0,143 µm de espessura. A tabela 2, apresentada a seguir, refere-se às especificações para produtos galvanizados de aço-carbono, baseadas em normas ASTM e ABNT.

**Tabela 2 – Produtos de aço-carbono galvanizados**

Produtos galvanizados	Revestimento zinco (g de zinco/m <sup>2</sup> )		Espessura do revestimento (µm)	
	média	mínima	média	mínima
Aços e ferro fundidos	610	550	77	77
Laminados(espessura>4,7mm; larg ≥ 203 mm)	610	550	77	77
Laminados(espessura≤4,7 mm; larg≥ 203 mm)	457	371	65	54
Laminados (largura ≥ 203 mm)	397	336	57	44
Porcas e parafusos (φ ≥ 9,52 mm)	371	305	54	43
Porcas, rebites, pregos (φ ≤9,52 mm)	305	259	43	37

A determinação da espessura pode ser realizada através de medidores de espessuras baseados na variação de fluxo magnéticos segundo a norma ASTM E-376/96 (ASTM 1996). A presença do revestimento promove uma alteração na medida do fluxo magnético e, através de padrões de várias espessuras, é possível estabelecer uma padronização.

A determinação da massa de zinco depositada por área (g de Zn/m<sup>2</sup>) é um parâmetro importante na qualificação de materiais zincados e está baseada nas normas ASTM – A 90/95 (ASTM, 1995a) e ABNT NBR7397-MB25-I (1990a).

O ensaio consta, primeiramente, da medida da área, da limpeza com solventes orgânicos e da pesagem do corpo-de-prova. Em seguida, os corpos-de-prova são imersos em solução de ácido clorídrico contendo inibidor de corrosão. Após a decapagem, os corpos-de-prova são lavados com água corrente, álcool, secos com ar quente e pesados.

Os resultados dos ensaios são determinados pela fórmula, a seguir:

$$\text{Massa de zinco}(g/m^2) = \frac{m_1 - m_2}{A}$$

$m_1$  – massa inicial do corpo-de-prova  
 $m_2$  – massa final do corpo-de-prova  
 $A$  – área total do corpo-de-prova

### 2.3.2 Uniformidade

Tendo em vista que as espessuras dos revestimentos de zinco são avaliadas pela média da massa de zinco depositada por  $m^2$ , é fundamental que haja uma uniformidade nos depósitos visando a diminuir a probabilidade de falhas. O esquema apresentado na fig. 3 mostra dois revestimentos: um uniforme e outro não uniforme com variação pontual da espessura, no entanto com a mesma média de massa de zinco depositada/ $m^2$ . Pode-se concluir que a média alta de zinco depositada não garante uma uniformidade do revestimento aplicado.

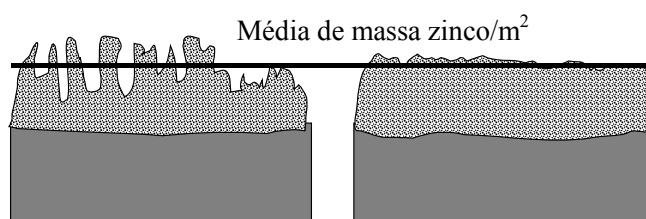


Fig. 3 – Uniformidade da camada de zinco por imersão

A uniformidade é um fator importante na qualidade dos revestimentos zincados e o ensaio Preece é um método eficaz na avaliação da uniformidade dos depósitos de zinco conforme atestam as normas ABNT - NBR7400 -MB25-IV (ABNT, 1990c).

O referido ensaio consta da colocação das peças zincadas em solução padronizada de sulfato cúprico ( $CuSO_4$ ) e o ataque eletroquímico é controlado como tempo de imersão determinado em um minuto. O cobre poroso depositado sobre a superfície zinco, produto da reação entre o zinco e a solução de sulfato cúprico, é retirado para novamente expor a superfície do zinco à solução cúprica. Quando a superfície do ferro fica isenta de zinco, pontual ou totalmente, o metal base (ferro) reage com a solução cúprica formando uma película aderente de cobre metálico. Nesse ponto o ensaio se encerra não havendo necessidade de nova imersão, pois o metal base foi atingido com um número de imersões de um minuto.

Este ensaio tem sido bastante contraditório quanto ao número de imersões aceitas como compatíveis com a qualidade do revestimento de zinco. Algumas especificações aceitam no mínimo, seis imersões para as superfícies contínuas e quatro para as arestas.

### 2.3.3 Aderência

Na maioria das vezes, em condições normais de uso, este processo oferece uma boa aderência entre o revestimento de zinco e a liga base. Entretanto, a perda da aderência pode ser resultante de vários fatores tais como: aumento localizado da espessura, preparação inadequada da superfície da peça, contaminação de metais durante o banho e imperfeições no revestimento. Existem vários métodos suportados nas normas ABNT-NBR7397-MB25-II (ABNT, 1990 b) para avaliar a aderência do revestimento de zinco ao metal base em função da forma e do tamanho das peças. Geralmente indicam que, após aplicação de uma força mecânica sobre uma lâmina revestida (corpo-de-prova), como por exemplo, um dobramento, não deve haver o descascamento da película.

### 2.3.4 Defeitos e falhas nos revestimentos

O revestimento de zinco deve ser contínuo e isento de ondulações, bolhas, porosidades, escorrimientos, descascamentos, oxidação, etc. que podem comprometer o



desempenho deste revestimento frente às condições normais de uso. Desta forma, a inspeção deve rejeitar os artefatos com esses defeitos (figuras 4 a 6).

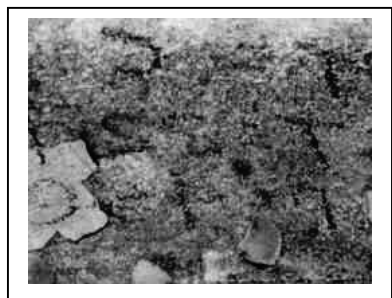


Fig. 4 – Escamação

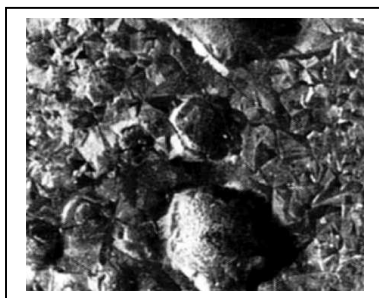


Fig. 5 – Bolhas

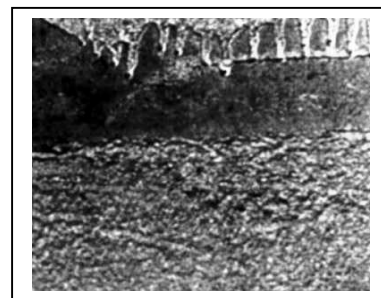
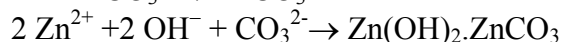
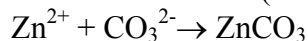
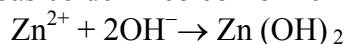


Fig. 6 – Escorrimientos

### 3. CORROSÃO DE REVESTIMENTOS ZINCADOS

A corrosão dos revestimentos de zinco pode ser avaliada sob duas óticas: a primeira refere-se à reação direta entre o zinco com o meio corrosivo e a outra à proteção catódica exercida pelo revestimento de zinco quando há falhas ou porosidades do próprio revestimento aplicado sobre aços-carbono.

Segundo Almeida & Panossian (1999), sob a ação agressiva de atmosferas limpas e na presença de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o produto de corrosão formado sobre as superfícies zincadas, de cor branca, são os hidróxidos de zinco juntamente com carbonato de zinco e carbonato básico de zinco conforme mostram as reações a seguir:



Quando ocorrem falhas ou porosidades nos revestimentos zincados, o zinco funciona como anodo, enquanto a superfície do aço exposta ao meio corrosivo é protegida catodicamente conforme mostram as reações e o esquema apresentado na fig. 7.

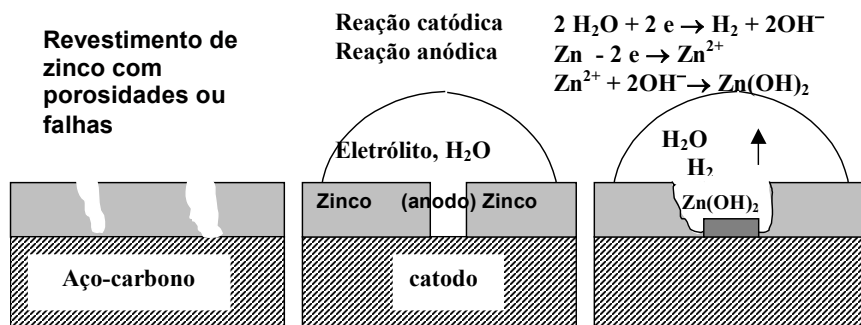


Fig. 7 – Esquema de proteção catódica do revestimento de zinco

Como caso prático, é apresentada nas fotos, a seguir, a corrosão interna e externa de tubos de aço-carbono galvanizados (zincados), que foram retirados após vazamentos em uma área de serviço de um apartamento residencial. Os referidos tubos atuaram por quinze anos com água tratada fornecida pela concessionária local. Na foto da fig. 8, nota-se sobre a superfície do tubo uma camada branca constituída de carbonato de zinco [ $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCO}_3$ ] e um depósito de óxido férrico hidratado ( $\text{FeOOH}$ ), que fluiu da parte interna devido ao ataque bastante agressivo da superfície de aço-carbono, que praticamente perdeu todo o revestimento interno. A análise da camada de zinco nas áreas não atacadas indicou que o tubo possuía uma



espessura muito abaixo da especificação, com cerca de 20  $\mu\text{m}$  (140g de zinco/ $\text{m}^2$ ). As fotos apresentadas nas fig. 9 e 10 mostram um ataque bastante agressivo tanto da parte externa da tubulação quanto da parte interna.



Fig. 8 – Corrosão de tubo zincado, mostrando a camada marrom de óxido férrico ( $\text{FeOOH}$ ) e carbonato básico de zinco [ $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCO}_3$ ].



Fig. 9 – Corrosão externa de tubos galvanizados

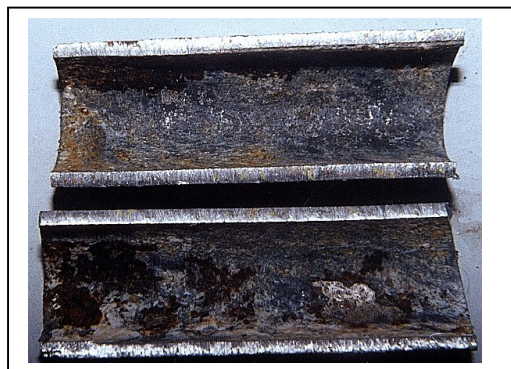


Fig. 10 – Aspectos de corrosão interna de tubos galvanizados.

#### 4. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS

A maioria dos problemas de corrosão que ocorrem em tubos e conexões galvanizadas poderia ser evitada se houvesse uma inspeção quanto a sua qualidade, e se houvesse um compromisso técnico-social entre os fabricantes de tubos e galvanizadores obedecendo às

normas e especificações técnicas, compreendendo desde a qualidade de fabricação dos tubos de aço-carbono até às condições operacionais de processo e a qualidade do zinco depositado.

É difícil estabelecer uma taxa de corrosão para superfícies zincadas pois depende do meio corrosivo. Geralmente, em atmosferas rurais e secas, a duração pode ser estimada em cerca de 40 anos, entretanto, em atmosferas poluídas e marinhas, o tempo de vida útil pode decrescer para 5 anos.

Na parte interna de tubos e conexões para água potável (com cerca de 60-70 µm de espessura) a vida útil depende da agressividade da água, contudo, pode ser estimada entre 10 a 15 anos. O tempo de vida útil da parte externa dos tubos fixados em paredes construídas com argamassas dentro de certos controles é da ordem de mais de 30 anos. Entretanto, o uso de certos aditivos à base de cloretos de cálcio pode destruir a passivação do zinco, segundo Chaves & Wolynech (1989), aumentando consideravelmente a agressividade da massa e propiciando um ataque com redução drástica do tempo de vida útil.

Finalmente, conclui-se, que os revestimentos de zinco são perfeitamente adequados ao uso nas diversas situações da construção civil, sejam aparentes ou nos internos de lajes e paredes, entretanto, é fundamental o respeito às inspeções e às normas técnicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - NBR7397-MB25-I, **Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente.Determinação da massa do revestimento por unidade de área**, 1990a
- ABNT - NBR7398-MB25-II, **Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento**, 1990b
- ABNT - NBR7399-MB25-III, **Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não-destrutivo**, 1990c
- ABNT - NBR7400-MB25-IV, **Produto de aço ou ferro fundido - Revestimento de zinco por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento**, 1990d
- ALMEIDA, Neusvaldo L. de & PANOSSIAN, Zehbour, **Corrosão atmosférica 17 anos**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo, S.Paulo, 1999
- ASTM – A 153-98, **Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware**, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1998a.
- ASTM – A 385-98, **Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip)**, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1998b.
- CABRAL, Eva R. & MANNHEIMER, W. A. **Galvanização sua aplicação em equipamento elétrico**, Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1979, 221p.
- CHAVES, Risomá & Wolynech, Stephan, Comportamento do Zinco em soluções saturadas de hidróxido de cálcio, **Anais: 3º Congresso Ibero-Americano de Corrosão e Proteção- Congresso Brasileiro de Corrosão/89**, vol I, Rio de Janeiro, p.145-155.
- MAINIER, F. B. Desempenho de inibidor de corrosão na remoção ácida de produtos de corrosão e incrustações calcárias. **Anais: VI Encontro Brasileiro de Tratamentos de Superfícies(EBRAT-89)**, 2-5 de outubro, São Paulo, vol III, 1989, p.218-229.
- MAINIER, F. B. Desempenho do inibidor de corrosão à base de butilamina na proteção de aço-carbono em soluções de ácido clorídrico. **Anais (CD-Rom): 19º Congresso Brasileiro de Corrosão**, Associação Brasileira de Corrosão, 10-13 de maio, Rio de Janeiro, 1999, 7p.