

Projetos

Como construir - Especificação de vergalhões galvanizados

Especificada pelo projetista, técnica de proteção do aço ajuda a aumentar a durabilidade das estruturas de concreto armado

Redação: Gisele Cichinelli
Edição 219 - Junho/2015

Ricardo Suplicy Goes Gerente-executivo do Instituto de Metais Não Ferrosos (ICZ) ricardo.goes@icz.org.br



Figura 1 - Museu Iberê Camargo, localizado em Porto Alegre, foi a primeira grande construção a usar vergalhões galvanizados por imersão a quente

As estruturas de concreto armado estão expostas a diferentes condições ambientais, o que destaca uma de suas principais deficiências: a suscetibilidade do vergalhão de aço, e também do concreto de cobertura, a sofrer corrosão, resultando em manchas e fissuras e, conseqüentemente, em perdas das suas propriedades mecânicas. Com a técnica de galvanização por imersão a quente, é possível proteger o aço do concreto armado em diversas situações de exposição, melhorando a durabilidade geral do concreto reforçado.

Histórico de uso

Por mais de 50 anos, os revestimentos de zinco obtidos pela galvanização por imersão a quente têm sido usados ao redor do mundo para proteger os vergalhões da corrosão de modo econômico e eficaz.

No Brasil, o uso das armaduras galvanizadas concentra-se, sobretudo na região Sul, onde os benefícios da proteção pelo processo de galvanização por imersão a quente são aproveitados não apenas para as armaduras, mas também para estruturas em aço e ferro fundido.

A primeira construção a utilizar armadura galvanizada por imersão a quente no Brasil foi o Museu Iberê Camargo, localizado em Porto Alegre em 2008. De autoria do arquiteto Álvaro Siza, o projeto se preocupou com a integridade da construção à beira do rio Guaíba e também com a manutenção da fachada, toda em concreto branco e ainda livre de manchas de corrosão de armadura (*figura 1*).

Outra obra de destaque e referência do uso da solução é o Museu de Arte do Rio de Janeiro (MAR). Inaugurado em 2013, possui uma laje que simula uma marola, construída com armadura galvanizada, assim como suas colunas de sustentação em perfis galvanizados (*figura 2*). Ainda em execução o Instituto Moreira Salles, localizado na avenida Paulista (capital paulista) também contará com 14 pavimentos totalmente estruturados com armadura galvanizada (*figura 3*).

Como funciona

A zincagem da armadura resulta em um revestimento que atua como proteção por barreira, isolando o aço-carbono do meio (*figura 4*). Em locais de exposição do aço, o revestimento atua como ânodo de sacrifício, sendo consumido (corroído) preferivelmente em relação ao aço (proteção galvânica). Com o avanço da corrosão do revestimento de zinco, há uma diminuição da permeabilidade do concreto. Isto é possível devido ao preenchimento de vazios e capilares do concreto pelos produtos de corrosão do revestimento de zinco, que têm volume menor do que os produtos de corrosão do ferro, elemento principal do aço-carbono.

Com limite de concentração de cloreto mais alto para corrosão que o aço descoberto, o zinco permite retardar significativamente o início da corrosão (a partir da infiltração de cloretos) na superfície dos vergalhões galvanizados. Como a velocidade de corrosão do zinco no concreto é menor que a do aço, os produtos de corrosão que o zinco forma não provocam tensões internas tão prejudiciais como as do aço corroído dentro do concreto.



Figura 2 - Tecnologia também foi usada no Museu de Arte do Rio de Janeiro

Outra vantagem da aplicação desse elemento químico é proporcionar uma camada de proteção de sacrifício ao aço. Na ocorrência de alguma imperfeição ou rachadura no revestimento que exponha o aço, a corrosão se concentrará preferencialmente na camada de zinco circundante, proporcionando uma proteção eletroquímica ao aço exposto.

Vale lembrar que a maior resistência à corrosão dos vergalhões galvanizados permite maior tolerância à diversidade e aplicações do concreto. O revestimento de zinco fornece proteção contra a corrosão dos vergalhões antes de serem embutidos no concreto. Essas características reduzem sensivelmente o risco de corrosão, evitando manifestações patológicas como aparecimento de manchas de óxido, rachaduras e de fragmentação do concreto, que podem comprometer o desempenho das estruturas. O uso de vergalhões galvanizados prolonga os intervalos de manutenção das estruturas de concreto e reduz substancialmente o custo de manutenção.

Em obra, os vergalhões galvanizados podem ser tratados do mesmo modo que os vergalhões sem revestimento, dispensando cuidados especiais para proteger o revestimento durante o manuseio, transporte e instalação na obra. A aderência desses vergalhões ao concreto não é menor do que a dos vergalhões sem revestimento, permitindo utilizar as mesmas especificações de projeto no concreto armado (tamanho das barras, comprimentos das sobreposições etc.) que se aplicam no caso dos vergalhões sem proteção.

Aplicações

Os vergalhões galvanizados e outros acessórios como parafusos, amarras, âncoras, barras de segurança e tubulações podem ser usados em obras de infraestrutura de transporte (incluindo pisos de pontes, pavimentos de estradas e barreiras de segurança); elementos de proteção pré-moldados leves para fachadas e outros elementos arquitetônicos de construção; vigas e pilares exteriores e forjados, expostos às intempéries e construções pré-fabricadas incluindo módulos de cozinhas e banheiros e barracões móveis. Também são particularmente indicados para execução de elementos submersos ou enterrados sujeitos aos efeitos da água subterrânea e às flutuações das marés, estruturas costeiras e marítimas e estruturas de alto risco instaladas em ambientes agressivos.

Proteção

No caso do concreto armado, a galvanização oferece proteção contra as causas mais frequentes de corrosão, tais como:

- Carbonatação: O aço galvanizado não sofrerá os efeitos produzidos pela carbonatação à medida que o concreto envelhece, pois o zinco tem uma faixa de pH de passivação muito maior que o aço (pH entre 4 e 12). O revestimento de zinco mantém-se estável em concreto com valores de pH até aproximadamente 9,5, enquanto o aço-carbono, sem revestimento, pode despassar-se em pH por volta de 11,5 e apresentar aceleração da corrosão abaixo de 9,5.
- Tolerância a cloretos: o processo permite que o aço suporte exposição a concentrações superiores às suportadas pelo aço sem proteção. Quando utilizado o aço sem proteção, deve-se considerar 0,4% como limite superior de íons de cloreto por massa de cimento. Já para o aço galvanizado, esse limite se eleva a 1,0%.

A galvanização mantém a integridade do concreto, pois o zinco sofre corrosão a taxas entre 10 e 30 vezes inferiores ao aço, dissolvendo-se gradualmente e formando produtos de corrosão que são menos volumosos que os óxidos de ferro equivalentes, não têm uma fase expansiva volumosa, migram (distanciando-se do contato com o vergalhão) e preenchem as fissuras e vazios no concreto (figura 5).



Figura 3 - Detalhe das armaduras galvanizadas na estrutura do edifício que abrigará o Instituto Moreira Salles, na avenida Paulista

Tipos de galvanização

O processo de galvanização por imersão a quente confere dupla proteção (catódica e por barreira com camadas de zinco de 84 micrômetros), tornando-a uma das mais eficientes contra a corrosão. Já a galvanização eletrolítica (eletrodeposição do zinco) apresenta camadas de, no máximo, 30 micrômetros. Além de proteção reduzida, esse processo pode promover a fragilização do aço, causado pelo hidrogênio, já que uma reação catódica colateral, que sempre ocorre na eletrodeposição (em qualquer banho), é a redução do hidrogênio sobre a superfície metálica.

Recentemente foi desenvolvido nos Estados Unidos um processo para Galvanização por Imersão a Quente Contínua de Armaduras (CGR, em inglês) com significativa economia em comparação com outros sistemas de proteção contra corrosão de armaduras. Usando baixo teor de alumínio no banho de zinco (semelhante ao processo de galvanização de chapas), pode ser produzida armadura galvanizada com espessura de 50 micrômetros de revestimento de zinco puro resistente à corrosão no concreto.

Investimento

Vale lembrar que cabe à construtora que adquire os vergalhões contratar o processo de galvanização por imersão a quente. O custo do vergalhão galvanizado é cerca de 50% maior que o vergalhão não galvanizado. Porém, quando comparado ao custo total da construção ou da edificação e aos custos potenciais associados à manutenção prematura do concreto danificado ou falhas da estrutura, o custo adicional pago pelo vergalhão galvanizado é pequeno, variando entre 1% e 3%.

Por conferir maior vida útil ao aço e preservar suas características técnicas, como a resistência mecânica que sustenta o concreto armado, seu uso é particularmente recomendado em ambientes altamente agressivos, como regiões litorâneas ou industriais.

O processo de produção dos vergalhões galvanizados é rápido, levando aproximadamente duas horas para ser finalizado, considerando os tempos de descarregamento e carregamento para o transporte. Como a galvanização por imersão a quente só pode ser realizada na planta da galvanizadora e não no canteiro, a

construtora que adquire o vergalhão precisa enviá-lo ao galvanizador. Muitas vezes o próprio galvanizador retira o vergalhão e devolve galvanizado. Diferentemente de outras técnicas, como a pintura, por exemplo, o procedimento de galvanização por imersão a quente não depende de condições climáticas específicas para sua realização.



Figura 4 - Fluxograma do processo de galvanização

Tabela 1 – DOBRAMENTO MÍNIMO EM DIÂMETROS

Diâmetro da barra (mm)	CA-40	CA-50	CA-60
10/12,5/16	6ø	6ø	6ø
20		8ø	8ø
25	-		
32		10ø	10ø
40			

Normas técnicas

O processo de galvanização por imersão a quente deve ser especificado em projeto conforme a norma NBR 6.323:2007 Galvanização de Produtos de Aço ou Ferro Fundido - Especificação, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Principal texto normativo, o documento acaba de ser revisado e conta agora com informações adicionais sobre o processo de galvanização, como detalhes da corrosão branca e soldas em aço galvanizado, o que deve contribuir para a obtenção de produtos galvanizados com excelência e rapidez.

Já está em consulta nacional uma nova norma para a galvanização por imersão a quente de barras de aço para armadura de concreto armado, elaborada pela Comissão Especial de Estudos de Galvanização por Imersão a Quente da ABNT (CEE-114). Segundo o texto, baseado em normas estrangeiras - ISO 14.657 Zinc-Coated Steel for the Reinforcement of Concrete e ASTM A767 Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement -, os desempenhos mecânico e de aderência no concreto das armaduras galvanizadas é semelhante aos das armaduras sem proteção contra corrosão, quebrando o paradigma que o zinco prejudica a aderência do concreto.

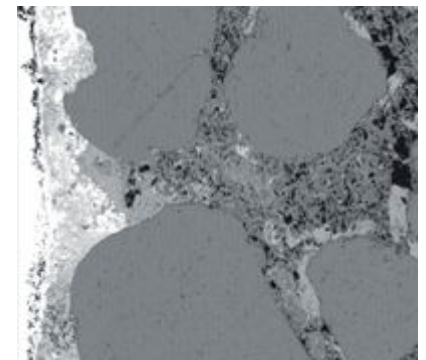


Figura 5 - Micrografia da zona intersticial entre o aço galvanizado (fase branca, esquerda) e matriz de concreto. A fase de produtos de corrosão do zinco (cinza) pode ser vista migrando dentro da matriz. As partículas cinzas grandes correspondem a areia fina

Também estão sendo desenvolvidas normas para o processo de Galvanização por Imersão a Quente Contínua de Armaduras na Índia e China, por meio das respectivas organizações normativas.

Projeto, fabricação e instalação

A especificação do vergalhão galvanizado deve levar em conta a seleção do aço, que deve estar em conformidade com a norma NBR 7.480:2007 Aço Destinado a Armaduras para Estruturas de Concreto Armado - Especificação. O detalhamento das armaduras não inclui requisitos adicionais à prática padrão usada para armaduras em aço desprotegido.

O dobramento dos vergalhões requer atenção especial, já que a conformação de curvaturas e cantos com barras de reforço a galvanizar não deve ser aguda. Quando as barras são curvadas a frio anteriormente à galvanização, devem ser trabalhadas a um diâmetro de curvatura igual ou maior aos descritos pela norma ASTM A767 (tabela 1). No caso de diâmetros menores, o material deve sofrer tratamento térmico prévio à galvanização.

Barras curvadas após a galvanização estão suscetíveis a fissuras e desprendimento na área da dobra. Por isso, é recomendável utilizar velocidades de curvatura mais lentas para evitar danos ao revestimento. Vale observar, no entanto, que tanto as fissuras e desprendimentos na área de curvatura podem ser reparados utilizando o procedimento descrito na norma NBR 6.323.

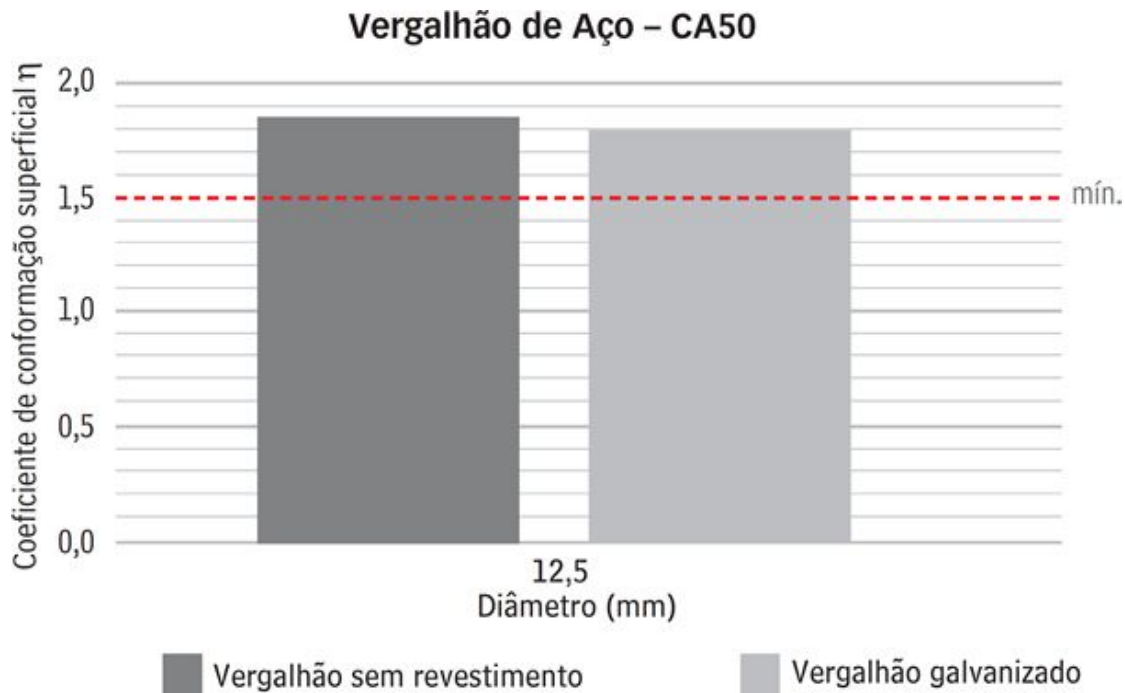


Figura 6 - Determinação do coeficiente de conformação superficial conforme NBR 7.477

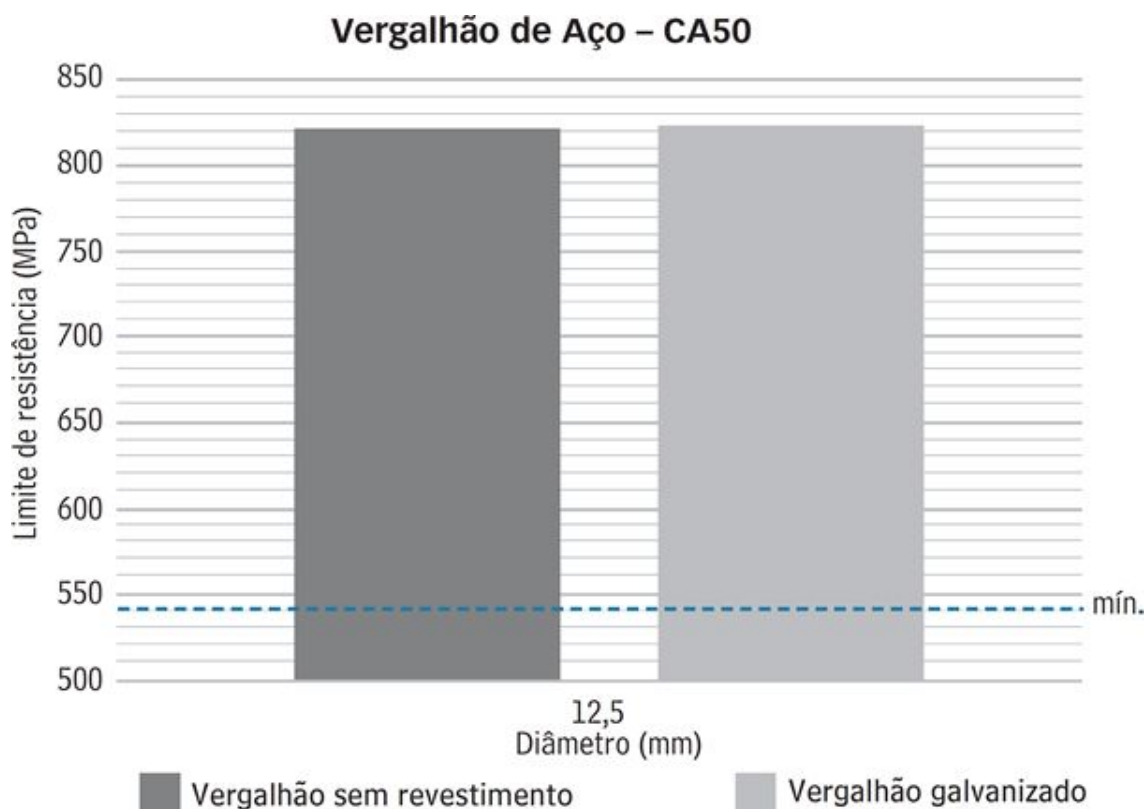


Figura 7 - Ensaio de vergalhão de aço CA-50 conforme NBR ISO 6.892:2002 Materiais Metálicos - Ensaio de Tração

Ao usar o aço galvanizado, também é importante observar a possibilidade de estabelecer conexões bimetálicas entre o zinco e o aço sem revestimento, evitando o efeito "pilha galvânica". O aço galvanizado não deve ser unido a grandes áreas de aço sem revestimento, cobre ou outros metais, a menos que se aplique isolamento adequado. Arames para amarração, suportes e outras barras também devem ser galvanizados.

Já a soldagem durante a instalação deve ser feita com velocidade de solda mais lenta e com ventilação adequada. Como a solda retira o zinco nesta área, é preciso aplicar uma tinta rica em zinco ou uma metalização de zinco para manter a área protegida.

Armazenamento, manutenção e vida útil

Os vergalhões galvanizados podem ser armazenados expostos à intempérie sem que o seu desempenho anticorrosivo seja afetado. Devido à alta resistência à abrasão que possui, podem ser manipulados e dispostos da mesma maneira que o vergalhão sem revestimento.

Danos ao revestimento em áreas soldadas, dobradas ou bordas cortadas não afetarão significativamente a proteção oferecida pela galvanização se a área exposta for pequena em relação à área galvanizada. Isso ocorre devido à característica da proteção catódica do zinco, que é mais eletronegativo que o aço. Quando a área exposta for excessiva, pode ser reparada conforme norma NBR 6.323.

A vida útil para o produto é estimada em 100 anos para grandes estruturas de concreto armado, como pontes e portos. Para o atendimento desses padrões em estruturas expostas a ambientes agressivos, torna-se necessária a adoção de uma metodologia de projeto que contemple todas as variáveis que auxiliem na longevidade da estrutura.

Desempenho

Aderência

Como já citado, o vergalhão galvanizado, conforme norma ASTM A 767, possui aderência similar à do concreto do vergalhão sem revestimento (*figura 6*). Ensaios realizados mostram que a média do coeficiente de conformação superficial das faces do vergalhão galvanizado $h = 1,8$ atende aos requisitos da norma NBR 7.480 (min $h = 1,5$).

Propriedades mecânicas

A ductilidade e a resistência do vergalhão são determinantes para prevenir fraturas no concreto armado. Ensaios realizados (*figura 7*) confirmam que o processo de galvanização a quente não afeta as propriedades mecânicas do aço de reforço.

Dobramento

O processo de galvanização a quente não afeta as propriedades mecânicas do aço da armadura e tampouco as características para dobramento. Os vergalhões galvanizados não apresentam trincas nem fissuras na região tracionada quando submetidos ao ensaio de dobramento de 180° , conforme NBR 6.153:1988 - Produtos Metálicos - Ensaio de Dobramento Semiguiado.