

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

DANIEL LOPES FERREIRA

**PREVENÇÃO AO SURGIMENTO DE CORROSÃO EM
ESTRUTURAS DE AÇO**

Paracatu

2019

DANIEL LOPES FERREIRA

PREVENÇÃO AO SURGIMENTO DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE AÇO

Monografia apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas de aço.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.

Paracatu

2019

DANIEL LOPES FERREIRA

PREVENÇÃO AO SURGIMENTO DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE AÇO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas de aço.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.

Banca Examinadora:

Paracatu - MG, 29 de novembro de 2019.

Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira
Centro Universitário Atenas

Prof. Msc. Romério Ribeiro da Silva
Centro Universitário Atenas

Prof^a. Esp. Ellen M. Santos Cardoso
Centro Universitário Atenas

Dedico este trabalho a Deus. Sem
ele nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, presença constante em minha vida, razão maior de poder estar concluindo este curso.

A minha esposa, por sua paciência neste período do curso em que não pude estar presente em momentos importantes, obrigado por sempre me apoiar e acreditar nessa conquista.

A minha filha, por ter paciência por eu não estar presente para acompanhar seu desenvolvimento.

Aos meus pais, por sempre me apoiar nos momentos difíceis, sempre com bons conselhos e um abraço amigo.

A todos os meus familiares que sempre estiveram presentes nessa jornada repleta de desafios.

Aos grandes amigos que fiz durante essa jornada e que levarei para toda a vida.

Aos professores do curso de Engenharia Civil do Centro universitário Atenas, que através dos seus ensinamentos permitiram que eu pudesse hoje estar concluindo este trabalho.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

RESUMO

As estruturas de aço têm ganhado bastante espaço na Engenharia Civil, devida sua versatilidade para atender projetos cada vez mais arrojados e com capacidade para suportar grandes cargas e grandes vãos livres com uma estrutura bem mais leve em comparação às estruturas de concreto armado convencional. Porém, como outras tecnologias, a estrutura de aço quando expostas às intempéries também é afetada por patologias. A patologia com maior incidência nas estruturas de aço e que se não tratada ou prevenida trará grandes danos pra a estrutura é a corrosão que pode se apresentar em diferentes tipos. Nesse trabalho serão apresentadas as corrosões com maior incidência nas edificações com estruturas de aço e serão discutidos os métodos de prevenção ao surgimento da corrosão, dentre os quais dois ganham destaque: processo de pintura e o processo de galvanoplastia ou galvanização. Todos esses processos de prevenção ao surgimento de corrosão devem ser contemplados desde a fase de projeto das edificações para garantir uma estrutura estável e livre de patologias.

Palavras-chave: Corrosão. Patologia. Prevenção. Galvanização.

ABSTRACT

Steel structures have gained a lot of space in Civil Engineering due to their versatility to meet increasingly bold designs and capable of supporting large loads and large free spans with a much lighter structure compared to the conventional reinforced concrete structures. However, like other technologies, the steel structure when exposed to weathering is also affected by pathologies. The pathology with the highest incidence in steel structures and that if untreated or prevented will bring great damage to the structure is corrosion that can present itself in different types. In this work, the corrosions with higher incidence in buildings with steel structures will be presented and the methods of prevention of corrosion will be discussed, among which two gain prominence: painting process and the electroplating process galvanizing. All these processes of prevention to the emergence of corrosion should be contemplated from the design phase of buildings to ensure a stable structure and free of pathologies.

Keywords: *Corrosion. Pathology. Prevention. Galvanization.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Formação da ferrugem por processos eletroquímicos	14
FIGURA 2 - Corrosão uniforme	15
FIGURA 3 – Corrosão por frestas	16
FIGURA 4 – Corrosão por pites	17
FIGURA 5 – Galvanização a quente por imersão	20
FIGURA 6 – Galvanização por borrifamento a quente	21
FIGURA 7 – Galvanização a frio	21
FIGURA 8 – Processo de eletrodeposição	22
FIGURA 9 – Processo eletroquímico da eletrodeposição	22

LISTA DE QUADROS

ESQUEMA 1 - Formação da ferrugem por processos eletroquímicos

19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA	10
1.2 HIPÓTESES	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GERAL	11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	11
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE AÇO	14
3 TÉCNICAS PARA PREVENÇÃO DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE AÇO	19
3.1 GALVANIZAÇÃO DAS PARTES METÁLICAS	19
4 PINTURA DAS PARTES METÁLICAS	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O primeiro material siderúrgico empregado na construção foi o ferro fundido. Entre 1780 e 1820 pontes em arco ou treliçadas foram construídas com elementos em ferro fundido trabalhado em compressão (PFEIL, 2008, p. 2). No Brasil, as estruturas pré-fabricadas em aço começaram a ser difundidas a partir da década de 1970, por meio da introdução da utilização de elementos pré-fabricados no mercado da construção civil Castro (1999). As características que renderam ao aço grande popularização foram: homogeneidade, grande resistência à tração, possibilitando principalmente a velocidade de execução das estruturas.

Segundo Castro (1999), tradicionalmente, o concreto armado é utilizado no Brasil para fazer edificações de todos os tipos, como prédios, pontes e casas. Porém, com o avanço da tecnologia, o aço vem ganhando notoriedade na construção civil através das estruturas de aço. Apesar de sua aparição tardia no Brasil, esse método construtivo vem despertando cada vez mais o interesse dos projetistas.

A estrutura de aço, como qualquer outra estrutura, está sujeita a ataques do ambiente. Assim, estas deverão ser protegidas desde a sua concepção em projeto, prevendo todos os meios possíveis de surgimento de corrosão, já eliminando-os nessa fase. Além disso, é necessário manter uma manutenção periódica para não haver o comprometimento da integridade da estrutura. De acordo com Pannoni (2007), “uma construção econômica é aquela que apresenta menores custos totais ao longo de sua vida, assim a construção mais barata pode não ser a mais econômica.”

Para garantir um projeto sem patologias e com vida útil longa, é necessário um investimento na prevenção ao surgimento de patologias. Em destaque, a corrosão é um mal que assola as estruturas de aço, trazendo um alto custo com manutenção. Um projeto contemplando estratégias de prevenção à corrosão vai ter um custo maior, mas ao longo de sua utilização, a diminuição de custo em manutenções resultará em segurança e economia, se comparado aos projetos que não contemplaram a prevenção à corrosão.

1.1 PROBLEMA

A corrosão é um problema que frequentemente ocorre em estruturas de aço. Como é possível evitar o surgimento dessa patologia?

1.2 HIPÓTESES

Para garantir uma maior longevidade das estruturas de aço na construção civil, algumas práticas são imprescindíveis, tais como:

- a) utilização de materiais de alta qualidade;
- b) aplicação de pintura que ofereça uma boa proteção anticorrosiva à estrutura de aço;
- c) emprego do método de galvanização para tornar as estruturas de aço mais resistentes à corrosão;
- d) contratação de empresas especializadas na concepção de projetos em estruturas de aço.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Investigar quais são as estratégias mais adequadas para prevenção ao surgimento de corrosão em edificações que utilizam estruturas de aço.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Durante a realização desse trabalho a fim de atingir o objetivo geral, pretende-se:

- a) discutir o mecanismo responsável pelo surgimento da corrosão em estruturas de aço;
- b) analisar a utilização do método de galvanização como técnica para prevenir corrosão nas estruturas de aço;
- c) discutir quais são os produtos químicos utilizados na estrutura de aço que atuam na prevenção a corrosão.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Com o avanço da tecnologia, as grandes construções não são mais exclusividade de concreto armado. Nesse contexto, as estruturas de aço vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado. Porém, como qualquer estrutura que fique exposta às intempéries, o aço sofre

danos com o passar dos anos. Por esse motivo é de suma importância investir em métodos que visem a prevenção ao surgimento de patologias afetam as estruturas de aço.

Segundo Pannoni (2007), a corrosão afeta a sociedade de várias maneiras: utilização de maiores coeficientes de segurança (onde serão utilizados materiais mais robustos que suportem situação severas), necessidade de manutenção preventiva (ex.: pintura) e corretiva (trocas de partes da estrutura ou reforço da mesma), Falta de confiança dos usuários nas edificações, paralisação temporária da utilização da estrutura para reparos, causando desconforto aos usuários das estruturas durante a manutenção, contaminação de produtos, perda de eficiência, etc. Todos estes itens envolvem aspectos econômicos pois envolvem troca de peças, lixamento e pinturas para que a corrosão não avance e destrua a estrutura de aço, Assim, existem muitas razões para se evitar a corrosão.

O assunto a ser trabalhado é relevante ao considerarmos que grande parte das estruturas de aço utilizadas nas edificações fica expostas ao ar atmosférico, o qual contém umidade e poluição, fatores geradores da corrosão. Nesse sentido, o presente trabalho discute a possibilidade de prevenção do surgimento de corrosão em estruturas de aço. Serão abordadas técnicas utilizadas para evitar com que as corrosões danifiquem as estruturas de aço e comprometam a estabilidade das edificações.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

Por se tratar de um estudo que consiste, de acordo com Gil (1991), na familiarização com o tema abordado e aproximação com a realidade do objeto em estudo, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica exploratória. Por se tratar de uma pesquisa bibliográfica, esta foi baseada em levantamentos bibliográficos e análise de exemplos que estimulem a compreensão dos casos já registrados sobre patologias em estruturas de aço.

Desta forma serão abordados de forma sucinta os tipos de corrosões bem como suas respectivas prevenções. Serão listadas as corrosões mais comuns e as condições de como se estabelecem, se propagam e também os danos que podem causar as condições de estabilidade e segurança das estruturas.

Após feito essa caracterização, serão analisados os casos que adotaram o método da galvanização como referência para prevenção das estruturas de aço e ainda a utilização de pinturas como forma de prevenção.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo será apresentada a introdução contextualizada do estudo, a formulação do problema de pesquisa, as hipóteses da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa do estudo, a metodologia aplicada e a definição da estrutura da monografia.

No capítulo 2 serão abordados os tipos de corrosão mais comuns nas estruturas de aço bem como as causas e consequências da corrosão na estrutura. Assim, serão discutidos três tipos de corrosão: corrosão uniforme, corrosão por frestas e corrosão por pites.

No capítulo 3 serão discutidas as formas de prevenção das patologias citadas no Capítulo 2. Essas visam garantir maior desempenho e aumentam a vida útil do aço, deixando-o livre de corrosão.

No capítulo 4 serão discutidos como a aplicação de pinturas pode contribuir com a prevenção a corrosão nas estruturas metálicas.

Por fim, serão apresentadas no capítulo 5 as considerações finais acerca do desenvolvimento da pesquisa, levando em consideração o problema de pesquisa, objetivos e hipóteses levantadas.

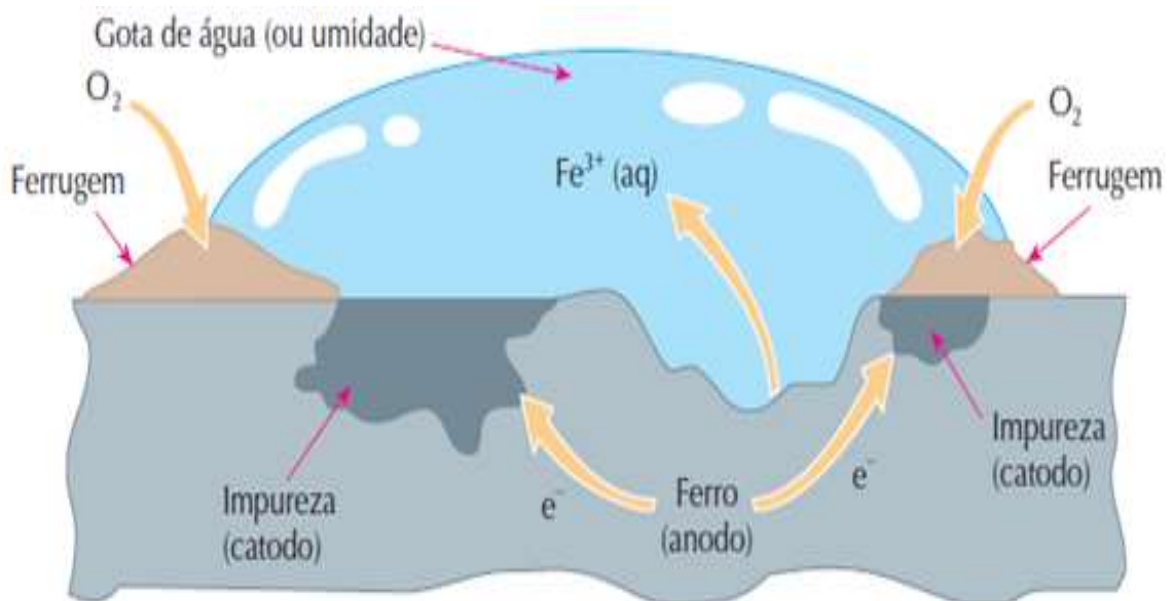
2 CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE AÇO

De acordo com Feltre (2005), a corrosão é um fenômeno natural e, por isso, temos que aprender a conviver com a sua ocorrência nas edificações. A corrosão atua principalmente nos materiais metálicos que compõem a sua estrutura: armaduras, esquadrias, vigas de aço, etc.

Ainda segundo Feltre (2005, p. 324), o fenômeno de corrosão nas estruturas construídas por aço ocasiona estragos, muitas vezes invisíveis, em edifícios, navios, automóveis, etc., causando prejuízos que são calculados, em nosso país, na casa dos bilhões de dólares por ano, além de trazer risco para população em. No mundo calcula-se que 20% do ferro produzido são para substituir estruturas que foram afetadas pela corrosão.

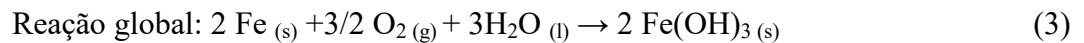
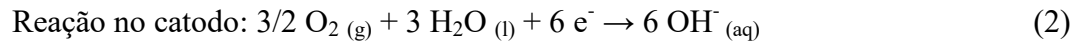
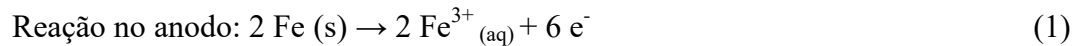
Ainda segundo Feltre (2005, p. 324), a corrosão é sempre uma deterioração dos metais provocada por processos eletroquímicos (reações de oxirredução). O ferro, por exemplo, enferruja porque se estabelece uma diferença de potencial elétrico (ddp) entre um ponto e outro da estrutura de aço como apresentado na figura 1.

FIGURA 1 - Formação da ferrugem por processos eletroquímicos.



Fonte: (FELTRE 2005).

De acordo com Feltre (2005), as ligas metálicas são formadas por vários elementos que contêm impurezas (incluindo outros metais). Admite-se, por isso, que o ferro de um lado e as impurezas de outro funcionam como dois polos de uma pilha, possibilitando reações químicas, tais como:

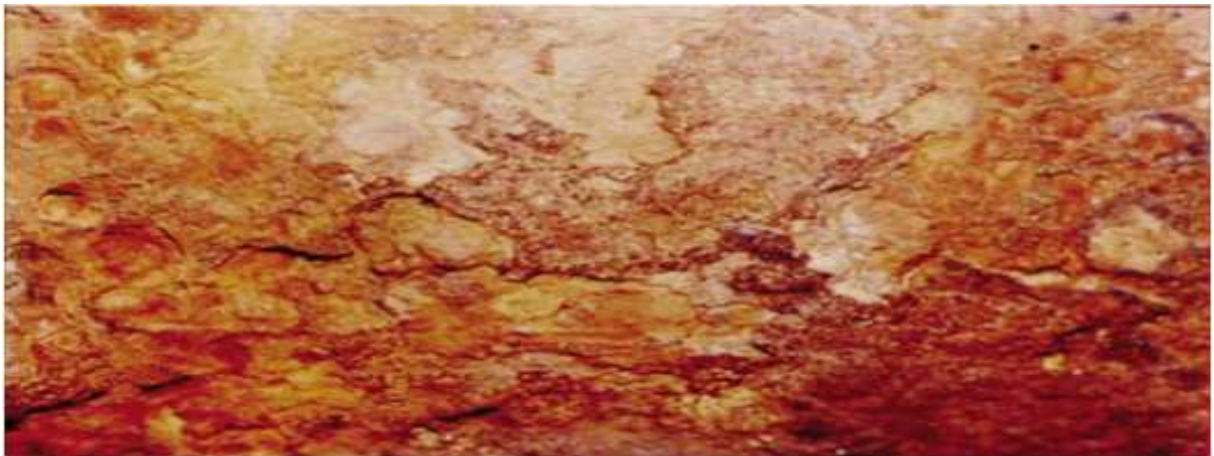


A corrosão consiste na deterioração dos materiais pela ação química ou eletroquímica do meio, podendo ou não estar associados a esforços mecânicos. Nesse processo, o metal é convertido a um estado não metálico, perdendo assim suas principais características, como resistência mecânica, elasticidade e ductilidade (ABRACO 2013).

De acordo com Pannoni (2007), a corrosão ocorre através de várias formas e sua classificação pode ser feita através da aparência do metal afetado. As principais formas de corrosão que afetam as estruturas de aço carbono são a corrosão uniforme, a corrosão por frestas e a corrosão por pites.

a) Corrosão uniforme - é caracterizada pela superfície coberta por uma camada de óxido de ferro e pela perda uniforme de espessura das estruturas aço que são afetadas por esse tipo de corrosão. É a forma mais comum de corrosão e pode ser facilmente detectada por ser bem visível quando ocorre. Esse tipo de corrosão ocorre devido à exposição da estrutura metálica sem proteção ao meio ambiente, projetos mal executado, com perfis e vigas acumulando água ou exposição do aço carbono a um ambiente agressivo. Trata-se da forma menos agressiva de corrosão, a qual se estende de forma homogênea sobre toda a superfície metálica, sendo sua penetração média e igual em todos os pontos. É apresentado na figura 2 a forma como a corrosão uniforme afeta uma peça em aço.

FIGURA 2 - Corrosão uniforme.



Fonte: (GENTIL 1996).

Segundo Castro (1999), o tratamento de corrosão uniforme baseia-se inicialmente

na avaliação do comprometimento da área afetada. Se a corrosão estiver agido somente superficialmente será necessário somente uma limpeza ou jateamento com areia para eliminar os traços da corrosão e realização de uma nova pintura. Caso a corrosão tenha afetado a peça metálica de maneira a reduzir sua seção transversal, comprometendo sua estabilidade, existem duas opções: reforço ou substituição da peça afetada pela corrosão. Assim, caso a corrosão esteja afetando somente uma parte da peça metálica, pode-se adicionar chapas soldadas da mesma espessura ou superior da peça original garantido a estabilidade da estrutura. Porém, caso a área afetada pela corrosão uniforme seja extensa em relação ao comprimento da peça metálica afetada, será mais viável a substituição da mesma por outra.

b) Corrosão por frestas - surge nas uniões dos perfis metálicos, onde apresentam espaços que acumulam umidade. Essas são difíceis de identificar, pois agem em uma pequena área enquanto o restante do perfil permanece em perfeitas condições.

A principal causa da formação da corrosão por frestas é a exposição a um eletrólito, devido ao acúmulo de água nas frestas. Devido a esse fato ocorre uma corrosão conhecida como pilha de aeração diferencial, em que na borda da fresta teremos um região com um maior teor de oxigênio do que no interior da fresta, é nessa região com menor concentração de oxigênio que ocorre a corrosão. Independente se tenha ou não um revestimento de proteção nas peças, a corrosão pode surgir. É apresentado na figura 3 uma peça sujeita a corrosão por frestas.

FIGURA 3 – Corrosão por frestas.



Fonte: (GENTIL 1996).

Por se tratar de uma corrosão que ocorre em lugares de difícil acesso, é complexo avaliar o quanto a corrosão por frestas é profunda (CASTRO, 1999). Assim, caberá ao inspetor avaliar sua extensão: se a mesma estiver em estágio inicial, será necessário uma limpeza superficial, eliminar a umidade que tenha dado início a corrosão. Após feito a limpeza, aplica-se um selante adequado na entrada da fresta. Desta forma, a entrada de umidade no interior da fresta é impedida, eliminando o seu mecanismo de formação.

Caso a corrosão esteja em um estado avançado, onde a estabilidade estrutura metálica esteja sendo comprometida, tem-se a opção do reforço ou substituição. Porém, como a corrosão por frestas atinge principalmente as áreas de ligações das estruturas de aço, o ideal é realizar a substituição do elemento afetado, pois o reforço não será uma solução definitiva, tendo em vista que não será eliminada toda a corrosão da área afetada.

c) Corrosão por pites - é a forma mais agressiva de manifestação dessa patologia, agindo em pequenas áreas e perfurando o metal. Trata-se de um processo difícil de ser identificado, pois tem tamanho reduzido e fica encoberto com camadas de óxido de ferro. Ocorre geralmente em locais expostos a meios aquosos ou com drenagem insuficiente. Pode ser ocasionada pela deposição concentrada de material nocivo ao aço, por pilha de aeração diferencial ou por pequenos furos que possam permitir a infiltração e o acúmulo de líquido na peça. É apresentada na figura 4 a forma de corrosão por pites.

FIGURA 4 – Corrosão por pites.



Fonte: (GENTIL 1996).

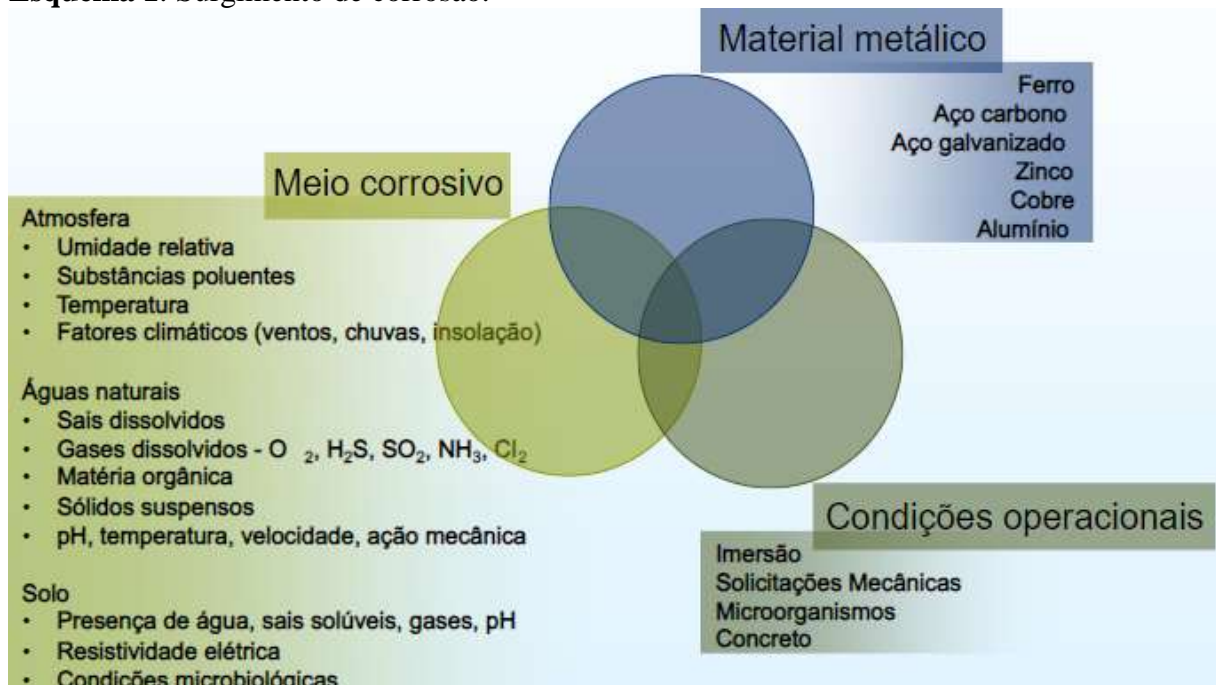
Para evitar esse tipo de corrosão, as peças não devem acumular umidade na superfície e todos os depósitos de água encontrados devem ser removidos durante as manutenções. A intervenção deve ser realizada com base no quanto a peça da estrutura foi afetada pela corrosão por pites. Deve-se efetuar limpeza no local e se a estrutura não estiver comprometida, pode-se cobrir o furo aplicando um selante apropriado, evitando assim o acúmulo de substâncias no interior desses furos e novamente iniciando o processo de corrosão. A manutenção da corrosão por pites não é muito diferente das citadas anteriormente e o método a se adotar reforço ou substituição vai depender do quanto a corrosão afetou a peça metálica.

Como o aço carbono é o material predominante na fabricação dos perfis das estruturas de aço, deve-se garantir que as estruturas estejam livres de todas as formas de corrosão supracitadas a fim de possibilitar que as estruturas de aço tenha uma vida útil de acordo com o projetado. Um dos grandes desafios da engenharia é tentar contornar esses possíveis ataques de corrosão ainda na fase de projeto respeitando o designer e a funcionalidade das edificações que serão projetados. Muitas edificações serão erguidas em locais onde o ambiente é propício para o aparecimento de corrosão. Em tais situações o projetista deverá ter um cuidado maior com a prevenção à corrosão.

3 TÉCNICAS PARA PREVENÇÃO DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE AÇO

O surgimento da corrosão necessita das interações de três fatores para que aconteça, tais fatores são: material metálico, meio corrosivo e condições de operações, cada um desses fatores vão contribuir para o surgimento da corrosão, o esquema a seguir demonstra essa interação entre os elementos que formam a processo de corrosão (ELETROBRAS 2019). É apresentado no esquema 1 a interação entre os fatores necessários para o surgimento da corrosão em estruturas de aço.

Esquema 1: Surgimento de corrosão.



Fonte: (ELETROBRAS 2019).

A melhor maneira de prevenir o surgimento da corrosão é através do isolamento de um desses fatores. Com o passar do tempo foram desenvolvidas algumas tecnologias para a prevenção a corrosão das estruturas de aço, como galvanização, pintura, entre outros.

3.1 GALVANIZAÇÃO DAS PARTES METÁLICAS

Segundo Castro (1999), nesse processo as peças da estrutura metálica serão revestidas com um metal de sacrifício, o qual terá a função de proteger a estrutura metálica e, no caso de algum arranhão na estrutura, o metal de sacrifício oxida protegendo o aço da estrutura metálica. No caso do aço carbono, o zinco é um dos materiais mais utilizados para

esse tipo de processo pelo seu maior potencial de oxidação em comparação ao ferro, baixa velocidade de corrosão comparada ao aço carbono. Os métodos de galvanização já são utilizados em torres de transmissão de energia e mesmo estando expostos ambientes extremos resistem muito bem aos intempéries, como as estruturas de aço dos edifícios mesmo ficando expostas elas receberam uma camada de tinta de acabamento a resistência ao ataque dos agentes corrosivos será bem maior.

De acordo como Bertolini (2010), os principais tipos de galvanização são:

a) Galvanização a quente por imersão: conforme mostrado na Figura 5, a peça em aço é submersa em um banho de zinco fundido a temperatura de 450° C. Quando a peça é retirado do banho e resfriada, forma-se uma camada metálica resistente a corrosão sobre sua superfície com espessura de 80 a 100 μm .

FIGURA 5 – Galvanização a quente por imersão.



Fonte: (GOES, 2019).

b) Galvanização por borrifamento a quente: conforme mostrado na Figura 6, o zinco fundido é aspergido sobre a superfície do aço com um jato de ar. Forma-se assim uma camada de pequenas gotas que solidificam e ficam aderidas ao aço, sendo que a espessura pode variar de 200 a 300 μm . Porém o revestimento por borrifamento é mais poroso do que o por imersão deixando algumas brechas na camada protetora que são vedadas com a formação do óxido da corrosão.

FIGURA 6 – Galvanização por borrifamento a quente.



Fonte: (ABRACO, 2019).

c) **Galvanização a frio:** conforme mostrado na Figura 7, a galvanização a frio consiste na aplicação de um pó fino de zinco suspenso em uma matéria orgânico ou inorgânico. A concentração de zinco deve ser elevada de 91 a 95 % e o material deve ser aplicado como uma tinta. Esse tipo de galvanização pode ser aplicada como demão de fundo em uma pintura comum. Possui espessura de 70 a 75 μm , mas se for utilizada como método final de proteção contra corrosão a sua espessura deverá ser aumentada para 120 a 200 μm .

FIGURA 7 – Galvanização a frio.



Fonte: (TAPMATIC, 2019).

d) **Galvanização por eletrodeposição:** conforme mostrado na Figura 8, as partes

metálicas que vão receber a proteção são submersa em banho com sais de zinco. Uma corrente catódica atrai os íons Zn^{2+} para a superfície do aço onde se depositam como zinco metálico, formando uma película protetora com espessura de 5 a 25 μm .

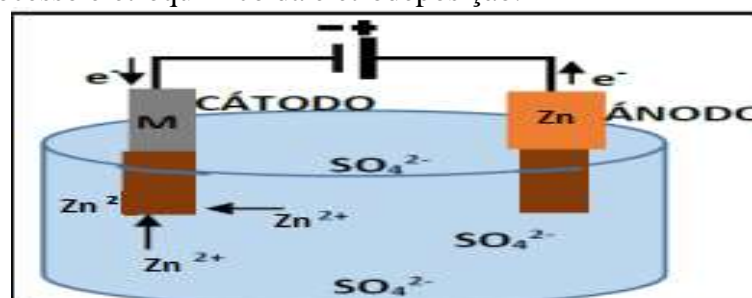
FIGURA 8 – Processo de eletrodeposição.



Fonte: (NAKAHARA, 2019).

No esquema de célula de eletrodeposição apresentado na figura 3, é demonstrado o funcionamento do processo de galvanoplastia por processo de eletrólise, onde é introduzido uma carga elétrica nos materiais (o que vai receber o revestimento e o doador), o material que vai receber o revestimento será energizado com a carga negativa (cátodo) e o material doador será energizado com a carga positiva (ânodo). A diferença de potencial elétrico entre as peças possibilitará com que os íons do anodo sejam atraído pelo cátodo assim formando o revestimento de proteção.

FIGURA 9 – Processo eletroquímico da eletrodeposição.



Fonte: (CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2016).

4 PINTURA DAS PARTES METÁLICAS

Segundo Castro (1999), da mesma forma que existe vários tipos de corrosão, existem várias técnicas de proteção do aço contra essa patologia. Dentre os mais variados tipos de proteção está o revestimento orgânico convencional, mais conhecido como tinta, funções da tinta acabamento e proteção aos elementos das estruturas de aço.

De acordo com Oliveira (2012), As tintas são revestimentos não metálicos de natureza orgânica. É o método convencional mais utilizado no combate à corrosão pelo seu baixo custo e facilidade de aplicação em relação aos outros métodos já citados nesse trabalho.

Vários fatores devem ser analisados (custo, objetivo da estrutura, condições ambientais, etc...), para definir o sistema de proteção mais adequado para determinada situação. Ainda de acordo com Castro (1999), as tintas são os materiais mais largamente empregados na proteção de perfis metálicos contra a corrosão.

Os revestimentos orgânicos utilizados podem ser classificados em dois tipos: revestimentos convencionais (utilizados principalmente para a proteção de estruturas expostas ao ambiente atmosférico, como atmosferas rurais, industriais, marinhas), e revestimento de alta espessura (utilizados para a proteção de estruturas metálicas enterradas ou submersas em água doce ou salgada, como tubulações, piers, estacas).

O funcionamento desse sistema de proteção é bem simples. Para a corrosão ocorrer é necessário uma reação química entre o meio corrosivo e o aço. A aplicação da película protetora de tinta evita o contato entre o meio corrosivo e aço da estrutura, garantido uma longa vida para as estruturas de aço.

O processo de pintura é feito logo após as peças serem fabricadas, evitando assim a exposição dos materiais ao meio ambiente no processo de transporte evitando o aparecimento de corrosão nos perfis das estruturas de aço. Para um bom resultado com esse método deve-se preparar toda a superfície para receber a camada de tinta. O método mais eficaz é o de jateamento com areia. Nesse caso, todas as impurezas, resíduos de óleo e qualquer tipo de contaminante que dificultaria a aderência da camada de protetora na superfície metálica serão removidos e com tal processo ainda aumentamos a rugosidade das peças proporcionando uma melhor ancoragem da camada de zinco que e o material mais aplicados como camada base em estruturas de aço, pois tem a função anticorrosivo, garantindo assim um bom isolamento das estruturas contra os intemperes.

Segundo Pannoni (2007), as principais classes de tintas utilizadas na proteção do aço carbono são:

1- Alquílicas: mais conhecidas como esmaltes sintéticos, são tintas mono componentes de secagem ao ar. São utilizadas em interiores secos e abrigados, ou em exteriores não poluídos. Como as resinas utilizadas são saponificáveis, não resistem ao constante molhamento ou imersão em água.

2- Epoxídicas: São tintas bi componentes que secam ao ar. A secagem da tinta se dá pela reação químicas entre os dois componentes da tinta. São mais impermeáveis e mais resistentes aos agentes químicos do que as alquílicas. Resistem a umidade, imersão em água doce ou salgada e diversos produtos químicos.

3- Poliuretânicas: são tintas bi componentes. São resistentes ao intemperismo e são indicadas para pintura de acabamento em estruturas expostas.

4- Acrílicas: são tintas mono componentes a base de solvente orgânico ou água. Assim como as tintas poliuretânicas, são indicadas para pintura de acabamento. Tem boa resistência a ação do sol.

Ainda de acordo com Pannoni (2007), na elaboração de um sistema de pintura, todos os fatores devem ser considerados, como o ambiente, substrato, preparação de superfície, tintas, sequência de aplicação, número de demãos, espessura da camada de tinta, tipos de aplicação e a que condições de trabalho serão submetida às estruturas de aço que receberá o tratamento contra corrosão, quanto maior a qualidade de execução em cada etapa, maior será o tempo que a proteção das estruturas de aço vão resistir aos efeitos dos intemperes, evitando à exposição do aço a umidade e evitando surgimento da corrosão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após discutir o mecanismo responsável pelo surgimento da corrosão, apresentando os principais fatores que influenciam nesse processo e as formas de como a corrosão pode se propagar nas estruturas metálicas, analisar as formas de como a galvanização e a pintura podem contribuir para a proteção da estrutura, conclui-se que a corrosão é a principal patologia que afeta as estruturas de aço, porém é possível construir e manter uma edificação livre do seu surgimento. Tendo como problema de pesquisa como seria possível evitar o surgimento de degradações nas estruturas metálicas, foram apresentados os métodos mais usuais de prevenção ao surgimento da corrosão.

As hipóteses foram comprovadas, sendo que a utilização de materiais de alta qualidade diminuem as chances de surgimento da corrosão, desde que mantidas respectivas manutenções, a pintura irá como esperado inibir o processo causado pela ação do ambiente sobre as estruturas metálicas, assim como a galvanização também apresenta um método viável para a proteção. Ainda, tem-se que podem surgir anomalias devido a má execução ou projeto das estruturas, onde elas podem ser mais solicitadas que o esperado e acabarem perdendo capacidade de suporte e em consequência falhas nos mecanismos de defesa, tornando-se necessário a contratação mão de obra especializada tanto para concepção do projeto quanto para execução.

REFERÊNCIAS

- ABRACO, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSSÃO. **Corrosão - uma abordagem geral**. Disponíveis em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/israel/teoria/Teoria%20-%20Corrosao.pdf/at_download/file. Acesso em 05 out 2019.
- ASSOCIAÇÃO DE GALVANIZADORES POR IMERSÃO A QUENTE DA ÁFRICA DO SUL, **Proteção do aço** Disponível em <http://www.icz.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/protecao-do-aco-hdg-e-sistema-duplex.pdf>. Acesso em: 04 out 2019.
- BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- CASTRO, EDUARDO MARIANO CAVALCANTE DE. **PATOLOGIA DOS EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA**. 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999..
- CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3., 1980, Natal. **Ensino de Química: Desenvolvimento de Experimento Didático de Galvanoplastia Utilizando Materiais de Baixo Custo** [...]. Natal: Realize, 2016. 12 p.
- ELETROBRAS, **Fundamentos de Corrosão Metálica**. Disponíveis em <<https://slideplayer.com.br/slide/10356599/>> Acesso em: 04 out 2019.
- FELTRE, R. **Fundamentos de Química**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2005, v.2.
- GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro-RJ: Editora LTC Livros Técnicos e Científicos S/A, 1996.
- GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3º edição. São Paulo: Atlas S.A, 1991.
- GOES, Ricardo Suplicy. A eficiência da galvanização a fogo no aumento da vida útil dos tubos. **Revista do Aço**, [S. l.], p. 1-9, 30 abr. 2018. Disponível em: <http://www.revistadoaco.com.br/a-eficiencia-da-galvanizacao-a-fogo-no-aumento-da-vida-util-dos-tubos-2/>. Acesso em: 1 nov. 2019.
- NAKAHARA, CROMAÇÃO. **GALVANOPLASTIA**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://cromacaonakahara.com.br/servico-de-galvanoplastia-em-sp-zona-oeste/index.html>. Acesso em: 4 out. 2019.
- OLIVEIRA, Antônio. **Corrosão e tratamento de superfície**. Belém-PA: E-tec, 2012.
- PANNONI, Fábio Domingos. **Projeto e Durabilidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2017. 118 p.
- PANNONI, Fábio Domingos. **Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio**. 4. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 2007. 90 p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço**: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 382 p.

PUC-RIO, **corrosão** Disponível em https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/32706/32706_4.PDF>. Acesso em: 28 mai. 2019.

TAPMATIC, QUIMATIC. **Galvanização Instantânea a Frio**. [S. l.], 2011. Disponível em: <https://www.quimatic.com.br/produtos/anticorrosivos/crz/>. Acesso em: 17 out. 2019.