



MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTRUTURAS METÁLICAS: PRINCIPAIS MEDIDAS PREVENTIVAS

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN METALLIC STRUCTURES: MAIN PREVENTIVE MEASURES

Gilberto Ferreira Marinho Filho¹

¹ Graduando do curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana (UNEF). Feira de Santana-BA. E-mail: Gilberto.fmarinho@hotmail.com

RESUMO

O Brasil é um país que tem a maior produção de aço do mundo. O aço apresenta excelentes características físicas capazes de beneficiar a construção civil, bem como as demais áreas do cotidiano das pessoas, no entanto pode apresentar, quando não manuseado de forma adequada, algumas patologias. Diante disso, o presente trabalho trata-se de um artigo científico intitulado manifestações patológicas nas estruturas metálicas: principais medidas preventivas. Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica, de natureza qualitativa e abordagem exploratória desenvolvida por meio de uma revisão de literatura, que objetivou investigar as manifestações patológicas que podem acometer as estruturas metálicas, enfatizando os principais métodos executivos para prevenção de anomalias. Foi possível concluir que, embora o aço apresente grandes benefícios para o cotidiano das pessoas, se não instalado e manuseado de forma correta poderá ocorrer algumas manifestações patológicas como a corrosão e a oxidação da estrutura.

Palavras-chave: Patologia; Manifestações; Estruturas Metálicas; Prevenção.

ABSTRACT

Brazil is a country that has the largest steel production in the world. The steel presents excellent physical characteristics capable of benefiting the civil construction, as well as the other areas of the daily life of the people, however it can present, when not handled properly, some pathologies. Therefore, the present work is a scientific article entitled pathological manifestations in metal structures: main preventive measures. This is a study of literature review, qualitative and exploratory approach developed through a literature review, which aimed to investigate the pathological manifestations that can affect the metal structures, emphasizing the main executive methods for preventing anomalies. It was possible to conclude that, although steel has great benefits for people's daily lives, if not properly instated and handled, some pathological manifestations such as corrosion and structure oxidation may occur.

Keywords: Pathology; Manifestations; Metallic Structures; Prevention.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que apresenta elevada produção de aço do mundo. Isso se dá pelo fato de ser um território propício a tal produção, devido aos minérios que nele existem. De acordo com Neves e Camisasca (2013) a produção de aço no Brasil começou com a descoberta de minerais em Minas Gerais, no período de exploração mineral. As primeiras usinas tiveram seu desenvolvimento posteriormente à vinda da realeza portuguesa para Brasil. Contudo, é possível notar que seu desenvolvimento começou a partir do século XX. (NEVES; CAMISASCA, 2013).

Para Rodrigues (2018) de modo geral, o aço apresenta excelentes características físicas capazes de beneficiar a construção civil. Outro benefício do aço está na sua composição que, por ser um material homogêneo, pode compor diversas formas, a exemplo do laminado, forjado, estampado, estriado e outros, todavia suas propriedades podem ser alteradas devido a ação do tempo, resultando em algumas manifestações patológicas.

É importante salientar que quando se trata de patologias, Lottermann (2020) afirma que termo tem origem grega, o “*pathos*” que quer dizer doença, e *logia* que se refere à ciência, estudo, logo significa “estudo da doença”. Diante disso, o estudo do aço pode-se atribuir patologia ao estudo dos danos sucedidos ao material devido a exposição e ação do tempo.

No que se refere às manifestações patológicas, seguindo os postulados de Bispo et al. (2019), também estão relacionadas aos aparecimentos de detrimientos no material, no entanto são entendidas como a expressão resultante de um mecanismo de degradação.

De acordo com Rodrigues (2018), as estruturas metálicas quando não recoberta e instalada de forma incorreta podem apresentar algumas manifestações patológicas como, por exemplo, a oxidação que é quando acontecem à perda de elétrons em um átomo no decorrer de um comportamento químico, geralmente causado por água, vento e outras intempéries; e a corrosão, caracterizando-se como

um período de deterioração em que advém o desprendimento e deterioração do material, também causada pela exposição do aço ao tempo.

Falar sobre as manifestações patológicas nas estruturas metálicas não se torna uma tarefa difícil na medida em que se percebe tal fenômeno. No entanto, é preciso um estudo minucioso acerca desse problema para que haja uma medida preventiva que, por sua vez, não é de fácil acesso em estruturas que envolvem o concreto e o metal.

As estruturas de aço normalmente apresentam muita resistência e leveza se comparadas ao concreto armado, entretanto quando não executadas e revestidas de forma correta podem acarretar manifestações patológicas que diminuem sua durabilidade e vida útil.

As estruturas metálicas, embora possam apresentar algumas manifestações patológicas, torna-se uma das melhores escolhas para os clientes. O tema aqui apresentado torna-se de grande relevância para os usuários, uma vez que as estruturas metálicas apresentam em si grandes vantagens como, por exemplo, a maior resistência, peças menores e mais leves o que ocupará menor espaço, oferece ainda menor tempo de fabricação e montagem das peças, facilidade de transporte e manuseio, otimizando o tempo da obra, oferece maior segurança e agilidade na limpeza entre outros.

É importante ainda pelo fato de trazer à tona reflexões a respeito das manifestações patológicas, que são capazes de danificar as estruturas metálicas se não executadas de forma correta. Essas manifestações podem comprometer toda estrutura de uma edificação, diminuindo, assim, sua vida útil.

O trabalho apresentou como objetivo investigar as manifestações patológicas que podem acometer as estruturas metálicas, enfatizando os principais métodos executivos para prevenção de anomalias.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica, de natureza qualitativa e abordagem exploratória desenvolvida por meio de uma revisão de literatura. Para o

presente estudo estabeleceu-se para compor a amostra artigos indexados em base de dados eletrônicos, bem como em livros e revistas. Dentro da busca de dados foram selecionados os materiais para fundamentar a pesquisa, os artigos e os livros escolhidos foram os que mais se aproximaram do objeto de estudo proposto na pesquisa.

Para compor a amostra foram selecionados livros acerca do objeto de estudo, bem como artigos divulgados em meios eletrônicos, disponíveis na íntegra com acesso gratuito. O material foi selecionado levando em consideração a temática abordada, por se tratar de um tema com pouco material de pesquisa recente, não se elegeu ano de publicação.

A seleção foi feita de acordo ao objeto de estudo dos pesquisadores que mais se aproximaram do proposto no presente trabalho. Na busca utilizaram-se os seguintes descritores: sistema estrutural; utilização do metal; estrutura metálica; patologias nas estruturas metálicas; métodos e medidas preventivas nas estruturas metálicas.

A seleção do material teórico aconteceu entre os meses de fevereiro e março do corrente ano. Estabeleceram-se como critérios de inclusão artigos e livros de pesquisa publicados em português que contemplassem a temática sugerida. Foram excluídas as referências que não houvesse acesso gratuito ao texto e outras línguas que não atendessem os critérios de inclusão. Estabeleceram-se ainda como critérios de exclusão as referências duplicadas.

A análise dos dados foi feita levando em consideração os princípios de postulados por Bardin (2011): levantamento do material de pesquisa, pré-análise da amostra, validação e interpretação dos dados. Dessa forma, no primeiro momento foi feita a pesquisa e escolha dos documentos compatíveis com o tema, para observar as primeiras ideias; no segundo momento, foi realizado a pré-análise, para leitura dos artigos e organização do conteúdo e no último momento, validação dos dados obtidos e a interpretação dos mesmos.

Assim sendo, Marconi e Lakatos (2007) afirma que a pesquisa bibliográfica é fonte para todas as outras pesquisas, haja vista que são materiais teóricos e servem

como suporte para o desenvolvimento das etapas planejadas pelo pesquisador, que, por sua vez, precisa selecionar todo material pertinente ao seu trabalho.

ESTRUTURAS METÁLICAS

A história do metal mostra uma trajetória de conquistas, possibilidades de aproveitamento de funções e versatilidade. O material é utilizado hoje em grande escala pela construção civil, arquitetura, engenharias diversas e designer. O metal, neste sentido, assume um posto de elemento essencial para erguer e tratar espaços do cotidiano dos indivíduos (FERRAZ, 2019).

De acordo com Silva (2018), o emprego das estruturas metálicas vem sendo concretizadas desde o século XIX, sendo uma edificação acelerada e sem desperdícios de materiais como nas tradicionais. O uso das estruturas metálicas encontrava-se sendo aproveitadas com maior frequência em viadutos, em seguida da revolução das estruturas de construção, aconteceu à difusão das formas feitas em aço.

A utilização do ferro e do aço começa a ganhar forças posteriormente à Revolução Industrial quando surgiram os maquinários à vapor. Silva (2018) mostra que a partir deste momento, começa também o uso mais intenso do sistema estrutural metálico, que passa ser estendido a outros tipos de construções.

O histórico das estruturas de metal no Brasil começa quando a corte portuguesa é transferida para o país, uma vez que os colonizadores trouxeram o ferro para construção de pontes, monumentos e outros. O Brasil, a partir de então, começou a obter materiais “modernos”, decorrência de um procedimento tecnológico de qualidade para a época, não passando por um meio de industrialização. Cabe salientar que o ferro que aqui chegava vinha em forma de materiais terminados, como grades, guarda-corpos, máquinas industriais e agrícolas (SILVA, 2018).

Sobre o metal, Cacchi (2019) mostra que pode ser também compreendido como ferro ou aço, em suas derivações, assim, conceitua como uma união de ferro e carbono. O metal está sendo largamente utilizado pela indústria construtiva, assim

sendo, Cocchi (2019) afirma que as fundamentais condições para os metais designados à aplicação estrutural são as seguintes:

- a) Elevada tensão de escoamento;
- b) Elevada tenacidade;
- c) Boa soldabilidade;
- d) Homogeneidade microestrutural;
- e) Vulnerabilidade de corte;
- f) Trabalhabilidade adequada.

Para Souza (2021), além da preocupação com os custos e com a estrutura das edificações, é preciso pensar ainda no desempenho que os espaços poderão desenvolver. Fransozo, Souza e Freitas (2019) consideram que esses desempenhos são fatores importantes e que precisam ser pensados, discutidos e verificados na etapa do projeto nos seus variados tipos de construção, com inclusão daqueles de baixo custo, oferecendo, de tal modo, uma qualidade melhor de comodidade para o futuro usuário dessa edificação.

É importante ressaltar que, para que uma construção seja adequadamente confortável e funcional para os usuários, ela necessitará ser erguida levando em consideração os materiais apropriados. Assim, o metal se torna uma peça chave para que esta construção seja mantida de forma eficiente (SURUCEANU, 2015).

A Figura 1 mostra uma estrutura metálica.

Figura 1 – Estrutura metálica de um espaço residencial.



Fonte: Peterson (2019)

A Figura 1 apresenta uma composição estrutural de uma residência feita por meio de estrutura metálica, embora não seja a preferência brasileira, é importante salientar que se torna um método muito eficaz, uma vez que a tolerância a erros é muito baixa. Isso se dá porque as peças de metal serão montadas, produzidas com exatidão milimétrica para cada obra.

A Tabela 1 traz informações sobre as vantagens da utilização do metal como estruturas de construções.

Tabela 1 – Vantagens do uso da estrutura metálica em construções.

VANTAGEM	DESCRIÇÃO
Liberdade	O metal pode deliberar maior liberdade ao projeto.
Leveza	As colunas e vigas demonstram ser menos pesadas e finas.
Alívio de carga	A estrutura metálica pode promover o alívio de carga nas fundações.
Reformas de projetos	Geralmente são indicadas para reformas.
Resistência	Comumente os metais nobres apresentam alta resistência.
Compatibilidade	O sistema construtivo em metal é adaptável a todo tipo de material que serve para fechamento, isto é, tijolos, bloco, lajes, painéis de concreto.
Sustentabilidade	Diferente da alvenaria, a estrutura metálica garante 100% de reaproveitamento e permite o desmonte e reaproveitamento.

Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Para Sacchi (2016) o metal é fabricado em uma gama de variedades de tipos e formas, aprovando eficazmente diferentes aplicações. Essa variedade provém da precisão de consecutiva adaptação do produto às requisições de aplicações específicas que vão aparecendo no mercado, seja pelo domínio químico ou características exclusivas.

Diante disso, uma das formas de utilização do aço na construção civil e na arquitetura é a utilização das estruturas metálicas em situações distintas. Estão se investindo muito nas grandes estruturas metálicas nas mais diversas construções. Estas estruturas podem aparecer em diversos tipos como em forma de acabamentos, o aço, o alumínio e o zinco para conferir funcionalidade a edificação (SACCHI, 2016).

É notória a versatilidade da utilização do metal em suas variadas formas, pois poderá trazer a comodidade e a segurança para os usuários. Vale ressaltar que além das placas metálicas utilizadas nas construções, existem ainda os telhados de aço que, além de oferecer a praticidade, poderá também agregar o conforto e o baixo custo.

PRINCIPAIS TIPOS DE AÇO

O aço laminado a quente, de acordo com Costa (2018), pode ser compreendido como um processo no qual o próprio aço é laminado em uma temperatura mais elevada que a de recristalização, podendo exceder os 1100°C. Nesse processo o aço se torna mais maleável e pode ser devidamente moldado.

Por ser mais maleável, o aço a quente pode ser aplicado em diversos segmentos, a exemplo de trilho de trem; vigas, equipamento agrícola, chapa de metal, esquadrias e outros.

O aço laminado a frio, por sua vez, também é bastante utilizado na construção civil (vide Quadro 3), é fabricado a partir de um aumento de 20% na resistência através do uso de endurecimento por deformação (COSTA, 2018).

No que concerne ao aço galvanizado, o portal Abinox (2016)¹ mostra que é produzido por meio de um processo de revestimento de uma camada fina de zinco, tendo a função de impedir a corrosão, por este motivo é comumente utilizado na construção civil, pois impede a ação do tempo diretamente na estrutura metálica.

Segundo Coni (2020), o aço galvalume é o resultado do revestimento de galvalume e da combinação do alumínio e zinco, numa estrutura metálica. Geralmente é aplicado por meio de um processo de mergulho de tiras a quente em uma série de galvanização consecutiva. Comumente é utilizado em telhas para fachadas cobertas, rufos, calhas e outros.

Silva e Marabito (2021) mostram que os aços inoxidáveis compreendem aqueles que expõem pelo menos 10,5% de cromo, menos de 1,2% de carbono e outros subsídios de liga. É importante salientar que apresentam também uma grande resistência à corrosão e as características físicas podem ser aperfeiçoadas com o acréscimo de outros elementos.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

As estruturas metálicas podem apresentar algumas manifestações patológicas que podem variar de causas, no entanto, a mais comum são as pela ação do tempo e o lugar onde as estruturas encontram-se expostas. Sacchi e Souza (2019) mostram que no Brasil as edificações de pequena e grande dimensão, como, por exemplo, as pontes, os viadutos, os túneis, as construções residenciais e comerciais e outras sofrem, inevitavelmente, pela ação do clima.

O Quadro 1 apresenta as classe de agressividade ambiental.

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante

¹ Informação retirada do portal Abinox, disponível em:
<https://www.abinox.org.br/site/agenda-inox-noticias-detalhes.php?cod=5646&g=>

		Submersa	
II	Moderada	Urbana a, b	Pequeno
III	Forte	Marinha a	Grande
		Industrial a, b	
IV	Muito forte	Industrial a, c	Elevado
		Respingos de maré	
<p>a. Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).</p> <p>b. Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.</p> <p>c. Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.</p>			

Fonte: NBR 6118 (2014)

De acordo com a NBR 6118/2014, a agressividade do meio ambiente encontra-se associada aos fenômenos físicos e químicos que operam sobre as composições de concreto, involuntariamente das atuações físicas, das transformações no volume de procedência termal, da pressão hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas.

Segundo Bispo e Reis (2019), alguns fenômenos podem acometer as estruturas metálicas e lhes causar detrimientos, são os fenômenos físicos e químicos. Os físicos estão basicamente relacionados ao aspecto do material, isto é, à estrutura física metálica, podendo alterar a sua identidade. No que concerne ao fenômeno químico, Bispo e Rei (2019) mostram que são aqueles que promovem uma alteração química na estrutura metálica. Ocorre, pois separam as substâncias que a constituíam inicialmente e um rearranjo dos átomos faz com que novas substâncias sejam produzidas, ocasionando detrimento nas estruturas metálicas.

É importante ressaltar que essas manifestações em estruturas metálicas ainda são, na grande maioria, implicações de falhas de projetos, equívocos na produção e instalação das próprias estruturas ocasionadas por descuido ou inexistência de controle de qualidade, ou também da ausência de manutenção (SACCHI; SOUZA, 2019)

De acordo com Bispo e Reis (2019), o metal é um ótimo material para estruturas construtivas, todavia, existem alguns aspectos negativos. Os autores

chama atenção para a ação do tempo, visto que o metal é propenso a sofrer com os processos de corrosão.

Bispo e Reis (2019) mostram que uma das mais comuns manifestações que acometem o metal é a corrosão que, por sua vez, consiste em um processo natural presente nas mais distintas atividades. É importante perceber que este processo pode ser determinado enquanto um fenômeno que é o resultado da ação química ou eletroquímica de um ambiente sobre um determinado material (BISPO; REIS, 2019).

De acordo com Pravia e Betinelli (2016), as principais manifestações patológicas em estruturas de metal podem ser determinadas em seis tipos principais, a saber, corrosão localizada, corrosão generalizada, deformações excessivas, flambagem local ou global e fraturas ou propagação de faturas.

O Quadro 2 mostra a classificação dada por Pravia e Betinelli (2016).

Quadro 2 - Manifestações patológicas comuns em estruturas de metal

PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE METAL	
Manifestações patológicas	Principais causas
Corrosão localizada	Ocasionada por ausência de drenagem e carências de detalhes construtivos.
Corrosão generalizada	Determinada pela falta de assistência contra ação de corrosão.
Deformações excessivas	Ocasionadas por sobrecargas ou decorrências térmicas imprevistas no projeto original.
Flambagem local ou global	Determinadas pela utilização de padrões estruturais defeituosos para averiguação da constância, ou ausências no enrijecimento local de chapas.
Fratura e propagação de fraturas	Falhas principiadas por agrupamento de conflitos, por causa de detalhes de projeto inadequados.

Fonte: Pravia e Betinelli (2016).

Figura 2 - Processo de oxidação de estrutura metálica. Corrosão generalizada.



Fonte: Salomão et al. (2019)

Para Sacchi e Souza (2019) a corrosão é compreendida como uma degradação de origem natural, localizada em estruturas metálicas e se distingue como uma patologia muito comum. O metal oxida quando se relaciona com gases danosos ou umidade, precisando de cuidados para delongar sua resistência.

A deterioração ocasionada pela influência físico-química entre o material e o seu meio funcional provoca alterações danosas e indesejáveis, tais como deterioração, transformações químicas ou mudanças estruturais, tornando inadequado o uso do material (BISPO; REIS, 2019).

O Quadro 2 mostra as principais manifestações patológicas causadas pelas corrosões que podem acontecer nas estruturas metálicas.

Além dos agentes acima citados, Gregório et al. (2019) mostram que existem também a flambagem. Silva (2018) afirma que a flambagem é caracterizado como um fenômeno que ocorre em peças esbeltas. Ocorre também quando a peça é flexionada na transversal, devido à compressão axial.

Figura 3 - Flambagem



Fonte: Silva (2018)

A figura 4 mostra manifestação patológica causada pela oxidação em metal exposto ao tempo.

Figura 4 - Corrosão de estrutura metálica provocada pela oxidação. Ação atmosférica.



Fonte: Portal Asope (2019)

De acordo com Bispo e Reis (2019), quando ocorre a deterioração do metal a partir do fenômeno de oxidação, inicia-se o processo de corrosão. Assim sendo, pode acontecer um amplo desprendimento do metal mais exposto aos detrimientos originados pela relação com o ambiente, ocasionando a ferrugem.

MÉTODOS EXECUTIVOS

Embora o metal esteja predisposto a ações do tempo e assim causar algumas manifestações patológicas que podem prejudicar a sua estrutura, é possível observar a existência de métodos de prevenção e recuperação dessas estruturas. Dessa forma, a seção a seguir está destinada à apresentação desses métodos.

De acordo com Pereira (2018), uma estrutura metálica para ser executada demanda alguns passos diferentes. De modo geral, utiliza-se, por exemplo, as treliças de telhado ou aquelas que possam assumir outra função, normalmente são encontradas nas empresas de serralheria.

Pereira (2018) afirma ainda que a execução desse método construtivo consiste na demarcação das peças e a fundação. Assim, todos os elementos da estrutura como as estacas, as vigas ou sapatas precisam já ter sido corretamente postas, produzidas e finalizadas ser o suporte.

De acordo com Toledo e Gomes (2021) para executar uma estrutura em metal é preciso pensar em algumas etapas. A primeira é o projeto arquitetônico que deve saber exatamente a altura que obra deverá apresentar. É importante observar as cargas que irão atuar sobre a estrutura e compreender seus efeitos positivos.

A execução demanda um tempo de execução que, de acordo com Toledo e Gomes (2021) pode ser até 30% menor que a estrutura em alvenaria. Os autores afirmam que a acepção do princípio estrutural precisa iniciar com uma análise do projeto arquitetônico, que precisa indicar as principais características, como a dimensões da construção, o telhado, as aberturas, indicando as portas e as janelas, bem como indicar as normas que precisam ser cumpridas no ato da execução.

“Estas informações são utilizadas para definir o sistema de construção. Nesta fase, são definidos os tipos, características e localização dos elementos que

compõem a estrutura: colunas, vigas, vigas de teto, treliças e outros” (TOLEDO; GOMES, 2021 p. 14).

Pereira (2018) assegura que na execução de tal método, precisam ser utilizadas nas ligações, solda ou parafusos, no entanto para fixar as vigas e os pilares metálicos, não é preciso realizar o cimbramento por longos períodos, todavia é necessária a estabilização de cada peça até que estejam ligadas de forma correta e em suas posições definitivas.

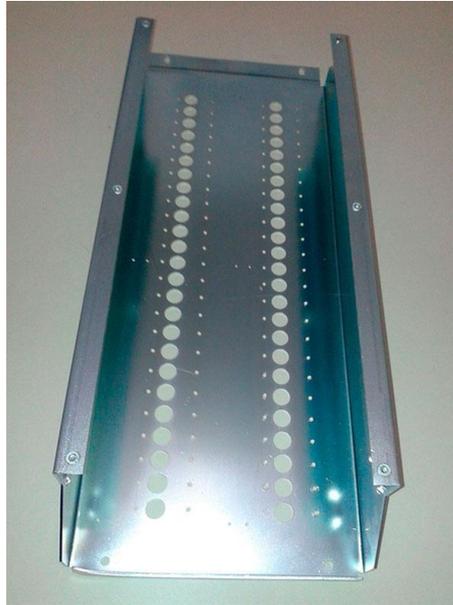
A fim de corroborar com tais estudos, Pernetta et al (2018) mostra que não podem ficar de fora as disposições previstas na NBR 8800:2008, aplicadas às intervenções estruturais. Assim, ressalta-se que as cargas constantes concebem o peso da própria estrutura e de seus elementos integrados. A massa da própria estrutura é calculada automaticamente usando programas desenvolvidos para esta finalidade.

Costa (2018) mostra que existem revestimentos capazes de proporcionar maior durabilidade do aço e, sobretudo, a proteção das estruturas metálicas. Um desses recursos é o revestimento de zinco que, segundo Costa (2018) é largamente utilizado contra a corrosão do aço as estruturas metálicas, visto que age simultaneamente como barreira física e proteção catódica².

Os estudos de Costa (2018) mostram que outro revestimento muito utilizado é a cromatização. Nesse processo as camadas de conversão são formadas por processos químicos em que o revestimento é produzido por ions cromato, capazes de intervir na ação do tempo, assim, protegendo a estrutura metálica de manifestações patológicas.

² Método de proteção contra a corrosão de estruturas em metal.

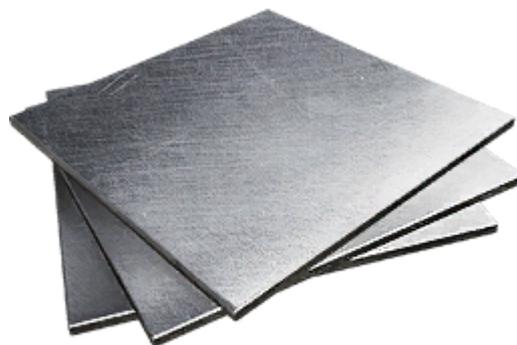
Figura 5 - Revestimento de zinco



Fonte: Artec (2019)

De acordo com o portal Infomet (2013), há ainda a aplicação de estanho nas referidas estruturas para protegê-las. Pode ser executado por imersão a quente, que é empregado em aparelhamento de manejo e embalagem de alimentos e leite, proporcionando proteção não tóxica e decorativa.

Figura 6 - Placas de aço com revestimento de estanho



Fonte: Artec (2019)

É interessante citar ainda o revestimento terne que, de acordo com Costa (2018), é capaz de fornecer resistência à corrosão, tendo uma boa soldabilidade e aptidão para receber pinturas diversas, assim, essa técnica une à estética e a prevenção.

Figura 7 - Aplicação de revestimento Armatec ZN e Primer em estrutura metálica



Fonte: Portal Vedacit (2018)

Embora o aço seja vastamente utilizado na construção civil, é importante destacar que existem tipos desse material e que há uma especificidade de uso, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 – Utilização do aço em ambientes.

UTILIZAÇÃO DO AÇO	
Tipos de aço	Aplicações
Aço laminado a quente e a frio	À quente: produção de canos de metal, autopeças, rodas. A frio: produção de esquadrias, automóveis, e outros.
Aço Galvanizado	Produção de tubos, vigas, entre outras aplicações.
Aço Galvalume	Geralmente é utilizado em ambientes mais agressivos. Apresenta uma estética maior, e tem grande aplicabilidade na construção civil.
Aço Inox	Utilizado na construção civil, em tubos e outros.



Fonte: Portal grupo cearense (2019)

MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA

As estruturas metálicas são eficientes em tempo de execução, energia e recursos naturais, no entanto, se não houver manutenção de forma correta poderá acarretar em algumas implicações negativas, como o aparecimento de manifestações patológicas. Para evitar que isso aconteça é preciso a aplicação de métodos de prevenção e correção.

Segundo Rosa e Pravia (2019) e Costa (2018), falar em manutenção e perceber esta se caracteriza como toda a ação de monitoramento e domínio da ocorrência funcional de uma estrutura com a finalidade de assegurar a permanência do seu papel antecipadamente estipulado durante a sua percepção.

Para Costa (2018) a falta de manutenção e correção de uma estrutura metálica poderá proceder em situações de detrimientos financeiros e sociais, o que faz com que as atuações implantadas neste contexto adquiram especial importância, visto que permitem conseguir informação atual do desempenho da estrutura.

De acordo com Dias et al. (2018), a ausência de manutenção preventiva e da correção ocasiona falhas das estruturas metálicas decorrentes muitas vezes da corrosão, esta pode ser uma das principais causas de colapso das estruturas.

A NBR 5674 de setembro de 2012 reforça que a conservação de edificações é uma questão em que sua estima tem aumentado no setor da construção, excedendo, gradativamente, a tradição de ponderar o procedimento de edificação restrito até o período quando a construção é entregue e passa a ser usada (BRASIL, 2012).

Diante disso, a mesma Norma estabelece que a manutenção e correção precisem ser feita e compreendida, na Construção Civil, como um unido de atividades que precisam ser concretizadas para manter ou readquirir a funcionalidade da construção (BRASIL, 2012).

A NBR 5674 de setembro de 2012 no item 6 dispõe sobre a coordenação do princípio de conservação e que deve levar em consideração determinadas

características do universo de edificações, como o tipo de uso das edificações; dimensão e funcionalidade dos edifícios; quantidade e disseminação geográfica das construções e semelhanças particulares de adjacência e efeitos no entorno.

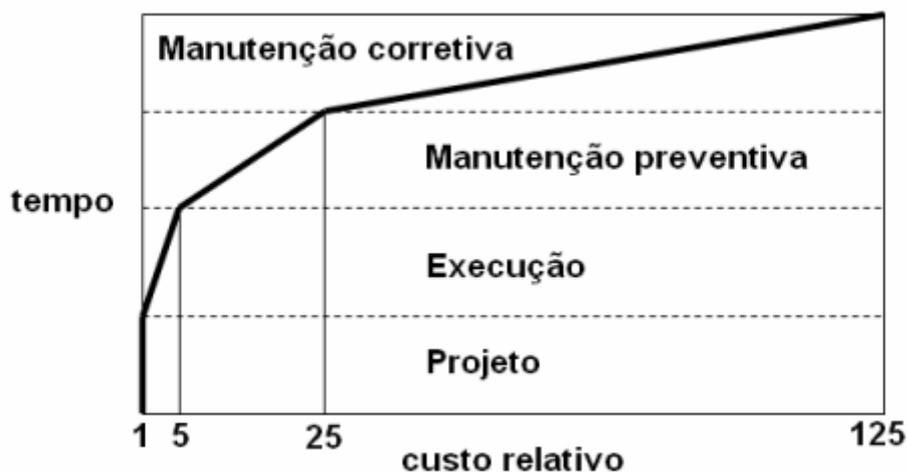
Dispõe também que o sistema de manutenção precisa ser norteado por um conjunto de normas que definam os padrões de operação, fluxo de informações, bem como as atribuições e responsabilidades (BRASIL, 2012).

No que se refere à organização do sistema de manutenção, a NBR 5674 de setembro de 2012 mostra que deve ser: a) manutenção rotineira; b) manutenção planejada e; c) manutenção não planejada (BRASIL, 2012).

Assim sendo, a NBR estabelece as principais normas para manutenção e possíveis correções das manifestações patológicas encontradas nas estruturas metálicas. A manutenção, portanto, é uma forma não somente de prevenir, mas ainda de identificar e corrigir os futuros problemas de uma estrutura.

A Figura 8 mostra a relação de custo relativo quando se trata de manutenção corretiva.

Figura 8 - Custo relativo - manutenção corretiva



Fonte: Portal Clube do concreto (2016)

A figura mostra que a manutenção quando é preventiva tende a sustentar uma maior durabilidade da obra, bem como um custo relativamente baixo, se

comprado com a com manutenção corretiva. Assim, é importante salientar que, como afirma Lima (2021), a manutenção preventiva é mais efetiva, mais fácil de executar e de baixo custo financeiramente quando for executada mais cedo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado conclui-se que as estruturas metálicas têm ganhado força no mercado da engenharia civil, visto que há uma relação custo-benefício bastante interessante para uma construção, isto é, há um benefício no que se refere economia, tempo de execução e, sobretudo, na racionalização de resíduos construtivos.

Foi possível perceber ainda que, no que se refere aos métodos executivos, são de extrema importância que sejam efetivados de maneira correta, pois quando contrário poderá ocasionar detrimientos, como aparecimento de manifestações patológicas, capazes de colocar em risco a construção.

Por fim, é preciso que haja a manutenção preventiva da obra de acordo com o que preconiza a Norma Técnica, assim, poderão ser identificadas as possíveis manifestações patológicas que futuramente poderão aparecer nas estruturas metálicas e, assim, impedi-las com a manutenção preventiva.

REFERÊNCIAS

BISPO, Vagner Minoro Shiguematsu et al. O entendimento do aço: do desenvolvimento a suas patologias. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498**, v. 15, n. 15, 2019.

BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5674. Rio de Janeiro, 2012.

CONI, Nicodemos Henrique da Silva. **Estudo das propriedades mecânicas do aço zincado por imersão a quente e a galvalume produzidos na CSN-PR.** 98f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Área de Concentração: Engenharia e Ciências dos Materiais. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

COSTA, F. G. Manutenção das estruturas metálicas com utilização dos ensaios não destrutivos. In: **Construmetal**, São Paulo, 2021.

COSTA, Josiane Soares. Avaliação do revestimento de conversão à base de zircônio e tanino sobre aço zincado por eletrodeposição. **Porto Alegre: UFRGS**, 2018.

DA SILVA, Elcio Gomes; MACEDO, Danilo Matoso. Estruturas metálicas no concreto de Brasília. **Revista Thésis**, v. 2, n. 5, 2018.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. **Revista eletrônica de ciências. São Paulo**, n. 22, 2019.

FRANSOZO, Hélder Luis; SOUZA, Henor Artur de; FREITAS, Marcílio Sousa da Rocha. Eficiência térmica de habitação de baixo custo estruturada em aço. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 58, n. 2, p. 127-132, 2019.

GREGORIO, Mauricio da Silva et al. Patologias do aço na construção: falhas no processo construtivo e recomendações. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 15, p. 271-282, 2020.

INFOMET. Revestimentos de chapas de aço. **Portal Infomet**, 13 de maio de 2013, São Paulo, 2013. Disponível em:
<https://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo-ler.php?Codconteudo=31>. Acesso em 20 jun. 2022.

LIMA, Leandro da Silva. **Uma abordagem sobre a manutenção preventiva como meio para diminuir a manutenção corretiva**. Jornal Tribuna, Faculdade Pitágoras, São Paulo, 2021. Disponível em:
<https://jornaltribuna.com.br/wp-content/uploads/2022/06/TCC-ARTIGO-LEANDRO-D-A-SILVA-LIMA-Copia.pdf>. Acesso em 20 jun. 2022.

NEVES, Osias Ribeiro; CAMISASCA, Marina Mesquita. Aço Brasil: uma viagem pela indústria do aço. **Belo Horizonte: Escritório de Histórias**, 2013.

PEREIRA, Caio. **Estrutura Metálica: Processo executivo, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em:
<https://www.escolaengenharia.com.br/estrutura-metalica/>. Acesso em: 12 de junho de 2022.

PERNETA, Hugo et al. Reparação de estruturas metálicas. **REHABILITAR2010, June**, 2018.

PRAVIA, Z. M. C.; BETINELLI, E. A. Falhas em estruturas metálicas: Conceitos e estudos de caso. **Curso de Engenharia Civil da FEAR-UPF**, 2016.

REGONE, WILIAM. Simulação da laminação a quente de um aço livre de intersticiais (if) através de ensaios de torção. **São Paulo: UFSCAR**, 2001.

ROSA, G.; PRAVIA, Z. Planos de Manutenção para Empreendimentos em Estruturas de Aço. **Revista Construção Metálica-Ed**, 2019, 103.

SACCHI, Caio César. **Avaliação de desempenho estrutural e manifestações patológicas em estruturas metálicas**. 2016.



SACCHI, Caio César; SOUZA, Alex Sander Clemente. Manifestações patológicas e controle de qualidade na montagem e fabricação de estruturas metálicas. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, 2019.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador et al. Estudo de proteção contra corrosão em armaduras de aço da construção civil. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 1, p. e181504-e181504, 2019.

SILVA, Alexander Herbert Salles. **Patologias das interfaces: aço estrutural e sistema**. 2018. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SILVA, Douglas Evangelista. Estruturas Metálicas em Residências. **e-RAC**, v. 5, n. 1, 2018.

SILVA, Raida de Jesus; MORABITO, Reinaldo. Otimização da programação de cargas de forno em uma fábrica de fundição em aço-inox. **Gestao & produção**, v. 11, p. 135-151, 2018.

SOUZA, Arnaldo Nascimento de. **Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SURUCEANU, Iulia. **Métodos de análise em estruturas metálicas**. 2015. Tese de Doutorado.

TOLEDO, Elves Ananias de; GOMES, Geisla Aparecida Maia. Estruturas metálicas em residências unifamiliares de alto padrão. **Estruturas metálicas em residências unifamiliares de alto padrão**, 2021.