

MANUAL DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Matheus Prestes¹
Euclésio Giuliani²
Maico Fernando Wilges Carneiro³
Simone Merlini⁴

RESUMO

A manutenção de estruturas metálicas é fundamental para garantir a segurança, a durabilidade e o desempenho das edificações, especialmente em ambientes sujeitos à ação de umidade, agentes agressivos e esforços mecânicos. Este artigo tem como objetivo apresentar e propor sugestões de procedimentos no tratamento de estruturas metálicas para aumentar sua vida útil a fim de proporcionar segurança a seus usuários. São discutidos os principais tipos de patologias presentes em estruturas metálicas, com destaque para o processo de corrosão, suas causas e formas de manifestação, bem como os métodos de inspeção visual e ensaios não destrutivos utilizados para detectar falhas e degradações. Além disso, o estudo descreve os procedimentos de limpeza, preparação de superfície, cuidados com sistemas de pintura e sugestões para manutenção de fixações e conexões. Os resultados da pesquisa evidenciam que a aplicação de práticas preventivas e organizadas contribui para a ampliação da vida útil das estruturas, redução de custos e aumento da segurança dos usuários.

Palavras-chave: Estruturas Metálicas. Manutenção Preventiva. Corrosão.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção e conservação de estruturas metálicas é fundamental para garantir a segurança e a durabilidade das edificações. Estruturas estas são amplamente empregadas em pontes, galpões, torres e plataformas industriais, sendo constantemente expostas a esforços mecânicos e a agentes agressivos, presentes no ambiente, como umidade e poluentes, que aceleram processos de corrosão. De acordo com Silva (2022), a ausência de inspeções periódicas adequadas pode levar a danos irreversíveis, aumento significativo nos custos de reparo e, em casos extremos, à falha estrutural.

Segundo Neto e Cunha (2020), a escolha correta entre manutenção preventiva, corretiva ou preditiva impacta diretamente na durabilidade e no desempenho estrutural, sendo a prevenção sempre a melhor alternativa. Pannoni (2015, *apud* Souza; Morais e Lacerda, 2022) complementa que a corrosão — principal patologia em estruturas metálicas — pode ser mitigada por meio de sistemas de proteção adequados e inspeções regulares, evitando que

¹ Graduando (a) em Engenharia Mecânica (UCEFF, 2025). E-mail: mateus.prestes@hotmail.com

² Docente do curso de Engenharia Mecânica. E-mail: euclesio@uceff.edu.br

³ Docente da UCEFF Faculdades.

⁴ Docente da UCEFF Faculdades.

pequenos danos evoluam para falhas graves. Pfeil (2010, *apud* Souza; Morais e Lacerda, 2022) reforça que compreender o comportamento do aço frente a diferentes ambientes é essencial para a aplicação de soluções de conservação eficientes.

O problema central destacado neste estudo é a falta de padronização na manutenção de estruturas metálicas, como também a ausência de sugestões para solucionar os problemas evidenciados na inspeção periódica das estruturas, **assim buscando estabelecer um manual de manutenção de rufos, telhas, calhas e demais componentes estruturais tendo como objetivo apresentar e propor sugestões de procedimentos no tratamento de estruturas metálicas para aumentar sua vida útil a fim de proporcionar segurança a seus usuários, fornecendo uma descrição sobre as especificações técnicas dos materiais utilizados na obra.** Sendo que primeiramente, é necessário identificar as patologias nas peças que compõem a estrutura, através de inspeções periódicas, junto ao manual terá um descritivo dos tipos de patologias encontradas nas peças juntamente com a sugestões de manutenções que podem ser empregadas nas situações correspondentes na obra.

A escolha deste tema justifica-se pela carência de conhecimento difundido no meio industrial a fim de proporcionar a conservação das estruturas metálicas, considerando que falhas na manutenção podem resultar não apenas em prejuízos financeiros, mas também em riscos à segurança de usuários e trabalhadores. O presente estudo busca contribuir para a disseminação de informações e boas práticas, fornecendo auxílio para engenheiros, técnicos e gestores na sugestão de implementações de manutenções periódicas e tratamento das estruturas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva em estruturas metálicas é fundamental para garantir a durabilidade, a segurança da estrutura, que por sua vez possuem normas para regulamentação como a ABNT NBR 8800:2024 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, que fornece os critérios para manutenção de estruturas metálicas, como rufos, telhas, calhas e nas demais peças que dependem de proteção por tratamento.

A presença de vegetação, resíduos, limo e outros materiais pode acelerar o processo de corrosão e comprometer o escoamento pluvial, que pode ser interrompido pelo acúmulo de sujeira nas peças. Por isso, é essencial realizar a remoção e limpeza periódica desses elementos, garantindo o bom funcionamento das calhas e rufos. A manutenção regular previne obstruções

que causam infiltrações, deterioração da pintura e até sobrecarga estrutural. Da mesma forma, a limpeza frequente de fachadas e coberturas evita o acúmulo de partículas que podem conter substâncias químicas agressivas ou reter umidade, preservando o desempenho e a durabilidade da edificação (ABNT NBR 5674, 2012)

De acordo com Rodrigues (2022), a manutenção preventiva é indispensável para garantir a integridade da estrutura. Que por sua vez resulta em uma série de benefícios, como o aumento da segurança para os operadores minimizando possíveis acidentes devido a sua deterioração e desgaste, maior durabilidade das estruturas que vão manter as suas características originais por mais tempo e custos operacionais gastos em possíveis manutenções de emergência.

2.2 PATOLOGIAS

Em estruturas metálicas, o termo patologia se refere a desgastes ou deformidades no material, provenientes de agentes externos na estrutura, indicando perda de desempenho e risco de falha. As patologias em estruturas de aço podem ser provenientes de elementos externos, como líquidos, gases, vibrações excessivas, umidade etc. Tais elementos muitas vezes entram em contato direto com os rufos, calhas, telhas e demais peças nas estruturas metálicas, causando acúmulo de limo, vegetação e patologias mais graves como corrosões (Neto; Cunha, 2020).

Sacchi e Souza (2016) destacam que, de maneira geral, os agentes agressivos que afetam o comportamento das construções durante o seu tempo de vida útil são as ações ambientais, como a elevada umidade e os respingos de marés; os agentes externos agressivos, como águas contaminadas, terrenos com solo poluído, gases nocivos e produtos químicos; além das causas naturais relacionadas ao envelhecimento das estruturas.

Como descrito e em concordância com Pravia e Betineli (2016), no Quadro 1 são descritas as manifestações patológicas comuns em estruturas metálicas

Quadro 1 - Manifestações patológicas comuns em estruturas de metal

Manifestações patológicas no aço	Principais causas
Corrosão localizada	Causada por deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos.
Manifestações patológicas no aço	Principais causas
Corrosão generalizada	Causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão.
Deformações excessivas	Causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projeto original, ou ainda, deficiências na disposição de travejamentos.

Flambagem local ou global	Causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, ou deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não consideradas no projeto e cálculo.
Fratura e propagação de fraturas	Falhas estas iniciadas por concentração de tensões, devido a detalhes de projeto inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensão não previstas no projeto.

Fonte: Pravia e Betinelli (2016).

2.2.1 Ambientes

O Quadro 2 conforme a NBR 6118/2023, apresenta a classificação dos ambientes aonde a estrutura pode estar localizada, pois esse fator contribui diretamente para o seu tempo de vida útil, tendo em vista que a agressividade do local, vai influenciar no tipo de patologia que irá se manifestar na estrutura e na agressividade da mesma. Dessa forma, os ambientes podem ser classificados por rural, submerso, urbano, marinho, industrial e respingos de maré.

Quadro 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Quadro 2 – Classes de agressividade ambiental (CA-1)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submerso a, b	
II	Moderada	Urbano a,b	Pequeno
III	Forte	Marinho a	Grande
		Industrial a,b	
IV	Muito forte	Industrial a,c	Elevado
		Respingos de maré	
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). 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. c. Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: NBR 6118 (2023).

2.2.2 Tipos de corrosões

Dentre o campo de patologias nas estruturas metálicas, a corrosão se destaca como o principal tipo de patologia, sendo encontrada frequentemente nas peças devido à sua alta proliferação nos metais e à deterioração de suas propriedades quando o material está em contato com o ambiente. As corrosões podem se manifestar de diferentes formas e proporções, sendo observado que a corrosão em meios aquosos é a mais frequente, o que é esperado, já que a água atua como principal solvente e favorece esse processo. As principais ocorrências incluem a

corrosão em meios aquosos (90%), a oxidação e corrosão em altas temperaturas (8%), a corrosão em meios orgânicos (1,8%) e a corrosão provocada por metais líquidos (0,2%) Pannoni (2015).

Conforme citado por Moura (2019), e exemplificados no Quadro 3, a corrosão pode se manifestar de diversas formas dependendo do material, ambiente e exposição do mesmo. Existem alguns tipos de corrosão mais conhecidos como a corrosão generalizada, localizada por pite, localizada em frestas e galvanizadas.

Quadro 3 – tipos de corrosões mais conhecidos

Corrosão generalizada
É um tipo de corrosão bastante comum em estruturas metálicas, causada através da exposição ao ambiente. Ela se manifesta em áreas amplas do material, resultando em uma superfície irregular e desgastada. Alguns fatores podem influenciar a aparição de regiões anódicas e catódicas, como esforços mecânicos e a presença de impurezas no material.
Corrosão localizada por pite
Encontrada em metais que apresentam uma camada passiva de proteção. Sua característica predominante é a aparição de pequenos furos na superfície. Tendo a sua principal causa associada à ação de íons agressivos, que são os responsáveis por esse ataque na estrutura.
Corrosão localizada em frestas
Ocorre em regiões estreitas e com pouca ventilação, como em fendas, parafusos ou trincas. Afeta tanto ligas de maior resistência, como alumínio, titânio e aços inoxidáveis, quanto metais menos nobres, submetidos a ambientes que proporcionam a oxidação.
Corrosão galvânica
Surge com o contato elétrico entre dois metais diferentes, no mesmo meio corrosivo. Nesse mecanismo, o metal menos nobre atua como ânodo, sofrendo desgaste, enquanto o mais nobre é protegido como cátodo, sendo comum em ambientes marítimos.

Fonte: Adaptado de Moura (2019).

2.3 INSPEÇÕES

Segundo Silva (2022), a realização de inspeções visuais é fundamental para a manutenção de estruturas que por sua vez servem para a identificação de patologias como a corrosão. Além da identificação visual, existem métodos alternativos para identificar trincas e defeitos de espessura nas peças, como: ultrassom, radiografia e alguns líquidos penetrantes. Assim, temos uma definição desses métodos, chamada de ensaios não destrutivos.

No quadro 4, de acordo com Neves (2009), apresentam-se alguns desses tipos de ensaio, juntamente com as suas principais características para facilitar o entendimento sobre os ensaios não destrutivos. Entre esses métodos, se destacam o líquido penetrante, partículas magnéticas, correntes parasitas, raio x, ultrassom, inspeção visual e a radiografia.

Quadro 4 – Características dos ensaios não destrutivos

	Correntes parasitas	Líquido penetrante	Partículas magnéticas	Raio X	Ultrassom
Custo dos equipamentos	Médio a alto	Sem custo	Médio a alto	Alto	Médio a alto

Custo operacional	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Médio
Defeitos localizados	Superficiais	Superficiais	Superficiais e internos	Internos	Internos
Material inspecionado	Metais ferrosos e não ferrosos	Metálico e não metálico	Somente ferromagnéticos	Praticamente qualquer material	Qualquer material que conduza som

Fonte: Adaptado de Neves (2009).

2.3.1 Pintura

De acordo com a ABNT NBR 15218:2022, a inspeção em pinturas de estruturas deve abranger uma série de requisitos, como a verificação da limpeza das peças, para preparar a superfície das mesmas, o controle do ambiente o quão elas estarão inseridas e a espessura de película seca nas peças, com essas inspeções feitas a taxa de falhas nas pinturas decai consideravelmente.

A ABNT NBR 14847:2023 embora seja voltada para construção civil, é uma referência interessante para ser aplicado em conjunto com a norma anterior, dado em vista que ela estabelece métodos de ensaio para as tintas aplicadas em edificações, que vai abordar aspectos como resistência à abrasão, aderência, flexibilidade e resistência à alcalinidade.

O papel central da inspeção na parte de pintura das estruturas é a localização de defeitos e falhas nas peças, que serão descritos no Quadro 5, o qual irá apresentar os defeitos e falhas mais comuns, além de suas causas e possíveis correções segundo Nunes e Lobo (2014).

Quadro 5 – Falhas e defeitos nas pinturas –causas e correções

Descrição dos Tipos de Falhas ou Defeitos	Causas	Correções
Impregnação (lixa): A superfície da tinta apresenta-se áspera como uma lixa.	Abrasivos e poeiras levados pelo vento para a tinta aplicada ainda úmida. Pintura sobre superfícies contaminadas com abrasivos e poeiras. Aplicação de tintas com rolo ou trincha contaminados com pelos, areia, poeira ou abrasivo.	Proteger a área a ser pintada. Retirar a tinta ainda úmida com panos umedecidos em solventes. Lixar a pintura contaminada e aplicar nova demão.
Descrição dos Tipos de Falhas ou Defeitos	Causas	Correções
Poros (porosidade): A película de tinta apresenta descontinuidades invisíveis a olho nu ou não.	Superfície contaminada. Retenção de solvente ou ar no filme de tinta. Atomização deficiente. Temperatura do substrato muito alta. Água no ar de atomização da pistola.	Lixar a superfície e aplicar nova demão, ou retirar toda a pintura e fazer nova aplicação.
Crateras: A película de tinta apresenta pequenas e uniformes crateras.	Retenção de solvente ou ar na aplicação. Água e/ou óleo no ar de atomização da pistola. Substrato muito quente.	Lixar a superfície e aplicar nova demão, ou retirar toda a pintura e fazer nova aplicação.

	Pressão muito alta. Respingos de água sobre a tinta fresca. Superfície contaminada. Tinta contaminada, principalmente com silicone.	
Manchas (manchamento): A película de tinta apresenta-se manchada.	Homogeneização inadequada. Área de trabalho contaminada. Respingos de solvente, inclusive água. Defeitos de formulação.	Lixar e aplicar nova demão.
Inclusão de pelos e fiapos: A pintura apresenta-se impregnada de pelos ou fiapos visíveis ou retida no interior do filme de tinta.	Contaminação de tinta fresca ou de superfície com pelos e fiapos trazidos pelo vento. Contaminação da superfície a ser pintada ou da tinta ainda úmida por pelos de trincha, panos e rolos. Tintas contaminadas com essas impurezas.	Filtrar a tinta. Remover as impurezas da tinta ainda úmida e retocar. Lixar a superfície após a secagem e retocar a pintura. Verificar se os equipamentos de aplicação e a área de trabalho estão propícios para a aplicação.
Escorrimento/decaimento: A tinta apresenta escorrimento leve (lágrima) ou pesado (barriga), ocorrendo em superfícies verticais, inclinadas ou sobre cabeça.	Diluição excessiva da tinta. Excesso de tinta. Pistola próxima à superfície. Defeito de formulação. Superfície muito lisa. Superfície fria. Especificação inadequada da tinta.	Controlar a espessura de película úmida. Remover o excesso de tinta quando ainda úmida, por meio de trincha e/ou boneca de pano. Raspar, lixar e, após a secagem da tinta, retoca-la.
Pele ou casca de laranja: A pintura apresenta-se rugosa semelhante a uma casca de laranja.	Ocorre nas aplicações com pistola devido: - à proximidade da superfície; - à pressão baixa na pistola; - a um solvente muito volátil; - à tinta muito viscosa; - à umidade no solvente; - a um bico inadequado.	Ajustar as condições de aplicação. Diluir adequadamente. Lixar e aplicar novas demãos.
Descrição dos Tipos de Falhas ou Defeitos	Causas	Correções
Pulverização seca (over spray): A superfície da tinta apresenta um aspecto fosco e áspero, porém sem o desprendimento do pó quando do contato com o dedo.	Solvente muito volátil. Pistola muito distante da superfície ou com pressão excessiva. Temperatura ambiente elevada.	Aplicar um pano umedecido em solvente antes da secagem da tinta. Após a secagem, lixar e aplicar nova demão, ajustando a distância da pistola à superfície e/ou utilizando um solvente menos volátil, adequado para temperatura ambiente elevada.
Empolamento (bolhas): A película de tinta apresenta-se com saliências semi esféricas que variam de tamanho e intensidade.	Retenção de solventes. Processo corrosivo acelerado. Efeito de eletrosmose (quando há excesso de corrente de proteção catódica). Contaminação da superfície do ar e/ou dos equipamentos de aplicação com sal, óleo,	Remover a tinta das áreas com defeito e reaplica-la.

	água e outros. Incompatibilidade entre demãos de tintas. Umidade relativa do ar elevada. Superfície fria.	
Empoamento, gizamento ou calcinação: A pintura apresenta-se sem brilho e, eventualmente, com alteração de cor, coberta com uma fina camada semelhante a pó de giz.	Degradação da resina e, eventualmente, também do pigmento pela ação de raios ultravioleta.	Selecionar as tintas resistentes aos raios ultravioleta. Lavar as superfícies com jato de baixa pressão. Lixar e aplicar demão de tintas resistentes à ação de raios ultravioletas.
Fendilhamento, gretamento ou craqueamento/ fraturamento: A película seca de tinta apresenta-se fissurada e fendilhada, atingindo o substrato.	Perda de flexibilidade da película. Espessura excessiva. Defeito de formulação.	Controlar a espessura de película úmida. Reformular a tinta. Remover a demão ou o sistema de pintura. Reformular a tinta.
Descascamento/ descolamento: A película de tinta encontra-se solta, não aderente e desprendendo-se do substrato, ou entre demãos.	Limpeza de superfície inadequada. Baixa rugosidade. Contaminação da superfície após a limpeza ou entre demãos. Incompatibilidade entre tintas. Não atendimento aos intervalos entre demãos. Umidade relativa do ar elevada.	Remover a tinta das áreas sem aderência e reaplica-la.
Enrugamento: A película de tinta apresenta-se irregular e enrugada.	Espessura de película muito alta. Superfície fria. Solventes muito voláteis.	A depender da extensão do problema, deve-se remover ou lixar a pintura e aplicar novas demãos.
Descrição dos Tipos de Falhas ou Defeitos	Causas	Correções
Sangramento: A película apresenta-se manchada pelo afloramento de substâncias ou pigmento da cor da demão que está abaixo devido à solubilidade da demão inferior.	Cores claras sobre cores mais escuras, principalmente o vermelho.	Dar demão de selagem.
Oxidação precoce: A superfície pintada apresenta-se com pontos de corrosão logo após a aplicação da primeira ou das primeiras demãos.	Rugosidade excessiva (picos expostos). Película muito fina em meios muito agressivos.	Controlar a rugosidade. Aplicar demãos mais espessas. Diminuir dentro dos limites os intervalos entre demãos para reduzir os riscos de corrosão precoce.

Fonte: Nunes e Lobo (2014).

2.4 LIMPEZA

Conforme a ABNT NBR 15218:2022, a limpeza da superfície a ser pintada é de suma importância, pois através da inspeção vai ser verificada se a superfície do material se encontra

livre de óleos, graxas, poeira, óxidos e demais contaminantes que possam comprometer a fixação da tinta. A limpeza da estrutura é crucial para garantir o bom funcionamento e o tempo de vida prolongado da estrutura, evitando patologias no material. Em questão da parte de pintura, o preparo da superfície está ligado a cerca de 80% do desempenho do sistema de proteção, visando remover óleos, graxas, gorduras e produtos de corrosão conforme Nunes e Lobo (2014).

De acordo com a ISO 8501-1 (2007). Existem diversos métodos de limpeza para serem aplicados a estrutura metálica que varia de acordo com o ambiente o qual a estrutura vai ser instalada. Sendo classificados na seguinte forma:

- A **limpeza manual ou mecânica**, utiliza escovas de aço, lixas e ferramentas rotativas, sendo indicada para limpeza simples, embora limitada na remoção de contaminantes mais superficiais.
- A **limpeza com chama**, pode ser usada para remover óleos e umidade, mas hoje é pouco aplicada devido a riscos ambientais e de segurança.
- O **jateamento abrasivo** é o método mais eficaz, pois remove ferrugem, carepas e pinturas antigas, além de gerar a rugosidade necessária para a ancoragem da tinta.
- A **limpeza química**, realizada com solventes ou soluções desengraxantes, é indicada para eliminar graxas e incrustações específicas, muitas vezes como etapa preparatória para outros processos.
- A **limpeza com água sob alta pressão**, é utilizada para remoção de sais solúveis e sujeiras, sendo uma alternativa mais limpa e sustentável ao jateamento abrasivo em ambientes agressivos, como regiões marítimas.

2.5 MANUTENÇÃO DE PARAFUSOS DA ESTRUTURA

Segundo a ABNT NBR 8800:2024 a manutenção dos parafusos da estrutura é fundamental para garantir o desempenho e assegurar a estabilidade do conjunto, esses fixadores devem atender a requisitos normativos de resistência e durabilidade, devendo por sua vez serem inspecionados por um profissional, através de uma inspeção visual para averiguar sinais de oxidação, perda de galvanização, presença de trincas, folgas e deformações no corpo do parafuso. Recomenda-se a limpeza do local ou peça com escova de aço ou jateamento leve, seguida da reaplicação de revestimento protetivo. Em casos de perda significativa de seção ou comprometimento da rosca, o parafuso deve ser substituído por outro de mesma especificação.

Juntamente com a parte de manutenção dos parafusos da estrutura vem a elaboração de conexões parafusadas de modo a assegurar a vida útil da estrutura prevenindo possíveis falhas prematuras do material segundo a ABNT NBR 16239:2013.

Uma vez montada a estrutura metálica e torqueado os parafusos, os mesmos não podem sofrer alterações de aperto ao longo do tempo, podendo ser realizada apenas uma inspeção visual para verificar se existe algum parafuso não apertado. Os parafusos A490 e os parafusos A325 não podem ser reutilizados. O reaperto de parafusos previamente apertados e que se afrouxarem durante o aperto de parafusos vizinhos não é considerado como reutilização, na calibração deve ser verificado que, durante a instalação dos parafusos na estrutura, a calibragem escolhida não produz uma rotação da porca ou da cabeça do parafuso, a partir da posição de pré-torque, superior à indicada no Quadro 6 conforme a ABNT NBR 8800:2024

Quadro 6 – Rotação da porca a partir da posição de pré-torque

Comprimento do parafuso (medido da parte inferior da cabeça à extremidade)	Disposição das faces externas das partes parafusadas		
	Ambas as faces normais ao eixo do parafuso	Uma das faces normal ao eixo do parafuso e a outra face inclinada não mais que 1:20 (sem arruela biselada)	Ambas as faces inclinadas em relação ao plano normal ao eixo do parafuso não mais que 1:20 (sem arruelas biseladas)
Inferior ou igual a 4 diâmetros	1/3 de volta	1/2 volta	2/3 de volta
Acima de 4 diâmetros até no máximo 8 diâmetros, inclusive	1/2 volta	2/3 de volta	5/6 de volta
Acima de 8 diâmetros até no máximo 12 diâmetros	2/3 de volta	5/6 de volta	1 volta
A rotação da porca é considerada em relação ao parafuso, sem levar em conta o elemento que está sendo girado (porca ou parafuso). Para parafusos instalados com 1/2 volta ou menos, a tolerância na rotação é de mais ou menos 30°; para parafusos instalados com 2/3 de volta ou mais, a tolerância na rotação é de mais ou menos 45°. Nenhuma pesquisa foi feita para estabelecer o procedimento a ser usado para aperto pelo método da rotação da porca, para comprimentos de parafusos superiores a 12 diâmetros. Portanto, a rotação necessária deve ser determinada por ensaios em um dispositivo adequado que meça a tração, simulando as condições reais.			

Fonte: NBR 8800:2024.

2.6 AÇÕES CORRETIVAS

As ações corretivas, diferentemente da manutenção preventiva, têm como objetivo restaurar as características originais da estrutura após a identificação de falhas, patologias ou degradações que comprometam seu desempenho e segurança (ABNT NBR 5462:1994).

Segundo Gentil (2011), a pintura atua como barreira protetora contra agentes agressivos, e riscos ou falhas no revestimento expõem o metal à oxidação. Nesses casos, a ação corretiva envolve o lixamento da superfície e a reaplicação da pintura ou sistema de proteção original.

Ainda conforme o autor, a presença de corrosão exige a remoção do foco oxidado, aplicação de produtos anticorrosivos e, se necessário, a substituição do elemento danificado.

De acordo com Pravia e Betinelli (2016), deformações indicam sobrecarga ou falhas de projeto, sendo necessária a avaliação técnica para definir o tratamento adequado, que pode incluir o endireitamento, reforço ou substituição do componente afetado. Já a NBR 8800:2024 destaca que o aperto inadequado de parafusos e fixadores pode causar deslocamentos, devendo ser feita inspeção e reaperto com torque correto ou substituição das peças danificadas.

A falta de vedação em estruturas metálicas favorece infiltrações e processos corrosivos, reduzindo a durabilidade da edificação. A ação corretiva inclui a aplicação de selantes ou substituição dos materiais comprometidos (AECweb, 2019). Nas telhas, calhas e rufos, a vedação adequada e a manutenção periódica são essenciais para evitar infiltrações e prolongar a vida útil da estrutura.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo teve como foco principal a pesquisa das técnicas, procedimentos e tecnologias aplicadas na manutenção e conservação de estruturas metálicas utilizadas no setor industrial. A pesquisa foi conduzida com base em uma revisão bibliográfica, análise documental e coleta de dados.

Inicialmente, foi realizada uma ampla revisão da literatura técnica e científica relacionada à conservação de estruturas metálicas, abrangendo normas técnicas brasileiras, manuais de manutenção, artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos publicados nos últimos anos, visando identificar os principais agentes responsáveis pela deterioração das estruturas metálicas, como a corrosão, e sugerindo melhores práticas de manutenção, prevenção e tratamento para a pintura, calhas e telhas das estruturas.

Além da revisão bibliográfica, foi feita a análise documental de normas técnicas aplicáveis à manutenção de estruturas metálicas, como a ABNT NBR 16239:2013, que orienta inspeções e manutenção. Foi realizada também a verificação e comparação das normativas, identificando procedimentos padronizados e lacunas existentes nas recomendações atuais. A partir dessas análises, foram definidos alguns aspectos fundamentais para a aplicação correta das ações de manutenção, que foram.

- Corrosão;
- Pintura;
- Deformações;

- Parafusos;
- Falta de vedação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a constatação dos principais elementos que colaboram para a durabilidade e desempenho das estruturas, é possível entender mais sobre a importância das boas práticas e padronização a respeito da segurança, custos e manutenção. Durante o desenvolvimento do artigo, com a análise do material de manutenção de diversos autores, foi constatado que a implementação correta de procedimentos de inspeção, reparo e monitoramento é ligado diretamente a redução de custos, prevenção de falhas e aumento da segurança e vida útil das estruturas.

Os dados coletados através da pesquisa, constataam que a deterioração está diretamente associada a falta de manutenção regular nas estruturas, a exposição prolongada a ambientes e agentes agressivos junto a aplicação inadequada de materiais protetivos, favorece o surgimento de patologias nas peças. Dessa forma sugere-se a implementação de um plano de manutenção para evitar as patologias como, corrosão, deformações, falhas de fixação e infiltrações. Dessa forma, os principais fatores abordados que são corrosão, pintura, deformações, parafusos e falta de vedação, foram pontos indispensáveis para a criação do manual de conservação e manutenção.

O presente artigo surge com a apresentação de sugestões de padronização de práticas de manutenção, junto com a indicação de métodos de inspeção visual e instrumental para identificar possíveis falhas e patologias no aço. Com base nas normas técnicas mais recentes em relação a manutenção, foi possível identificar o comportamento das patologias e os resultados esperados para a aplicação de cada ação corretiva das mesmas.

4.1 CORROSÃO

Através da análise do material pesquisado, foi constatado que a corrosão é a patologia com maior frequência e com maior impacto nas peças. Ela se manifesta através da exposição do material a ambientes úmidos, com sal ou poluentes, considerados agressivos ao metal, resultando em reações químicas que vão provocar o desgaste da superfície do material. A deterioração resultante pode aparecer localizada, como na corrosão por pite ou de um modo mais abrangente, afetando uma grande área da estrutura, e junto a isso foram destacados

anteriormente no Quadro 3, os tipos de corrosões mais conhecidos, em acordo com Moura (2019).

Com a avaliação do material técnico, foi constatado que a ausência de limpeza, acúmulo de dejetos e falta de pintura protetiva, resulta em um processo corrosivo mais rápido. Estruturas com exposição a ambientes severos sem a correta manutenção ou preparo apresentam perda de espessura do material localizadas principalmente em áreas de apoio e ligações, que frequentemente vão reter uma maior concentração de umidade.

Em concordância com a ISO 8501-1 (2007). A remoção mecânica através de escova de aço, lixamento ou jateamento são alguns dos métodos de limpeza que podem ser usados para fazer a raspagem do material para a eliminação da oxidação, podendo também ser aplicado um removedor de ferrugem, após a limpeza completa da peça oxidada e secagem da mesma entra a correta aplicação de revestimentos anticorrosivos que se torna uma das medidas mais eficazes para combater a corrosão. O uso de galvanização e aplicação de primers vão resultar em uma maior resistência do material a oxidação. Por conta desses fatores é indicado a adoção de inspeções na estrutura.

Os resultados obtidos reforçam a sugestão de implementação de programas de manutenção preventiva, com essas inspeções e registro das condições da estrutura, vão ocasionar na localização rápida de pontos de oxidação. A localização desses pontos ajuda em intervenções que podem prevenir danos e substituições de peças, assim a ausência de corrosão deve ser tratada como um forte indicador de eficiência da manutenção e conservação em estruturas metálicas.

4.2 PINTURA

A pintura foi tratada como uma das etapas essenciais do processo de manutenção, funcionando como barreira física entre as peças e o ambiente. A análise dos dados técnicos, determina que a deterioração da camada de tinta é uma das causas mais frequentes do início da corrosão.

A ausência de preparação da superfície da pintura é um dos erros mais frequentes na aplicação da tinta. Superfícies com resíduos de ferrugem, graxa ou poeira reduzem a aderência da tinta, resultando em falhas precoces no revestimento protetivo. Quando o processo de jateamento e limpeza é executado corretamente, a durabilidade da pintura aumenta.

A discussão dos resultados, evidencia que o controle da espessura da camada de tinta é determinante para o desempenho do sistema de proteção. Espessuras abaixo do especificado

pelos fornecedores, reduzem a capacidade de proteção, enquanto camadas muito densas podem causar fissuras e destacamento. A padronização dos procedimentos de pintura, e escolha de materiais compatíveis com o ambiente, é uma medida eficaz para a prevenção de falhas. A ação corretiva mais comum para a pintura envolve o lixamento da superfície e a reaplicação da pintura ou sistema de proteção original.

O material utilizado para a pesquisa reforça que a pintura deve ser tratada não apenas como acabamento, mas como um elemento protetivo das estruturas metálicas. A manutenção periódica, juntamente com as inspeções visuais e repintura programada, garante a proteção e reduz a ocorrência de corrosão e danos estruturais junto a isso é de suma importância identificar e saber combater os problemas na pintura das peças recomendado a verificação de defeitos, que foram descritos no Quadro 5 em concordância com Nunes e Lobo (2014).

4.3 DEFORMAÇÕES

As deformações estruturais, têm ocorrência por sobrecargas, impactos ou falhas de dimensionamento. Essas deformações, quando não corrigidas, podem comprometer a estrutura e provocar deslocamentos irreversíveis, agindo diretamente no desempenho da estrutura e segurança dos usuários da mesma.

As inspeções programadas apresentam que os pontos mais suscetíveis às deformações são as vigas e colunas submetidas a cargas variáveis, além de ligações mal planejadas. Em alguns casos, o acúmulo de produtos corrosivos em junções e apoios resulta no travamento de componentes, aumentando as tensões e facilitando o aparecimento de deformações.

Em conformidade com o estudo de Pravia e Betinelli (2016) as práticas de correção, como o endireitamento controlado por aquecimento e o reforço com chapas metálicas, apresentam eficiência quando aplicados corretamente. A substituição de peças muito deformadas deve ser considerada apenas quando não houver possibilidade de recuperação estrutural. Além disso, o uso de instrumentos de medição, como níveis, facilita no acompanhamento e registro da evolução das deformações ao longo do tempo.

Portanto, a discussão dos resultados demonstra que o controle geométrico é essencial dentro do plano de manutenção. A adoção de inspeções e a correção imediata de irregularidades estruturais são medidas sugeridas para garantir a integridade e o desempenho das estruturas.

4.4 PARAFUSOS

Os parafusos contemplam um papel indispensável nas ligações estruturais. Segundo as normas analisadas na pesquisa, constatou-se que boa parte dos problemas relacionados a esses componentes é ocasionado por meio da oxidação, afrouxamento por vibração e da aplicação de torque errado no aperto. Em ligações expostas ao ambiente externo, os parafusos apresentaram desgaste acentuado e acúmulo de ferrugem, comprometendo a resistência mecânica e a estabilidade da fixação.

A verificação visual e o reaperto periódico de acordo com as especificações dos fabricantes foram identificados como práticas simples e eficazes, para evitar falhas, junto a isso na inspeção se sugere pegar uma amostragem a respeito do percentual de parafusos que estão frouxos ou danificados de alguma forma. Em estruturas onde o controle de torque foi realizado de forma sistemática, é observado uma maior durabilidade das ligações e menor necessidade de substituição. Também foi possível identificar que o uso de arruelas e graxas protetivas contribui significativamente para a preservação dos parafusos.

Outro ponto relevante está relacionado à troca de parafusos danificados. A utilização de elementos de fixação fora das especificações originais ou reaproveitados pode causar folgas e desalinhamentos. Assim, é essencial seguir as recomendações de projeto quanto à classe de resistência e ao tipo de material utilizado.

Conforme a análise da norma relacionada ao aperto de parafusos NBR 8800:2024 reforça a importância da aplicação das conexões parafusadas nos planos de inspeção, com registros e cronogramas de amostragem para identificar a integridade e aperto dos parafusos, sendo que após isso os parafusos com folga devem ser reapertados com torquímetro seguindo as especificações de cada fabricante, os danificados por corrosão, deformação ou com rosca danificada devem ser substituídos e em casos mais graves aonde toda a amostragem apresenta defeitos, o local deve ser interditado para ser feito todo o processo de correção.

4.5 FALTA DE VEDAÇÃO

As inspeções ressaltam que pequenas falhas de vedação em calhas, rufos e telhas. são suficientes para permitir a entrada de água e umidade, acelerando o processo de corrosão, deteriorando o sistema de pintura, além de ocasionarem o acúmulo de limo e vegetação nas peças.

Os resultados dos estudos analisados apontaram que o uso de selantes inadequados, a aplicação errada e a falta de reaplicação periódica são causas desses problemas. O desgaste natural dos materiais de vedação, junto à movimentação térmica das chapas metálicas, favorece

o aparecimento de fissuras e descolamentos. A substituição por produtos de maior resistência química e elasticidade é sugerido pois apresenta os melhores resultados, garantindo desempenho e durabilidade.

A falta de vedação está relacionada à ausência de inspeções regulares nas coberturas. A simples limpeza de calhas e rufos, junto à verificação da selagem, é uma medida eficiente para evitar infiltrações e reduzir os danos causados pela umidade. Junto a isso a indicação de ações corretivas para a falta de vedação das telhas é corrigir os fixadores mal instalados de acordo com o fabricante, a verificação do alinhamento das telhas, e em casos de perfuração incorreta fora das terças ou em um local errado, recomendasse que o furo seja vedado com mastique PU ou fita butílica, em caso de telhas danificadas a substituição pode ser uma opção, aplicando selantes ou fitas de vedação nas juntas do novo elemento. Em cumeeiras e arremates, é sugerido o reforço da vedação com selantes flexíveis.

Em calhas é recomendado realizar a limpeza adequada, verificar e refazer as vedações das emendas caso necessário, substituir trechos ou peças com corrosão e reajustar o caimento, verificar se os suportes para fixação estão presos adequadamente. Já os rufos devem ter as frestas das peças inspecionadas, em casos de ressecamento, fissuras ou perda de aderência recomenda-se a reaplicação de novos produtos selantes, como PU ou silicone. Para peças deformadas ou corroídas é sugerido a substituição das mesmas.

A vedação deve ser tratada como um componente importante na conservação das estruturas metálicas, pois influencia diretamente na preservação do sistema de pintura e na prevenção de processos corrosivos.

4.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A análise dos cinco fatores abordados permitiu identificar que a maioria dos problemas relatados se originam da ausência de planos de manutenção preventiva e na falta de padronização nas ações corretivas, dessa forma a descrição dos fatores, junto com as causas e correções apresentadas no Quadro 7 podem ser utilizadas como um manual para identificar as causas e ter sugestões de como as corrigir. A adoção de inspeções programadas, o registro das manutenções e o treinamento das equipes técnicas são medidas sugeridas para assegurar a durabilidade das estruturas metálicas.

Quadro 7 – Elementos abordados – causas e correções

Descrição dos fatores abordados	Causas	Correções
---------------------------------	--------	-----------

Corrosão: A ausência de limpeza, acúmulo de dejetos e falta de pintura protetiva, resulta em um processo corrosivo.	Ela se manifesta através da exposição do material a ambientes úmidos, com sal ou poluentes, considerados agressivos ao metal, resultando em reações químicas que vão provocar o desgaste da superfície do material.	A remoção mecânica através de escova de aço, lixamento ou jateamento são alguns dos métodos de limpeza que podem ser usados para fazer a raspagem do material para a eliminação da oxidação, podendo também ser aplicado um removedor de ferrugem, após a limpeza completa da peça oxidada e secagem da mesma entra a correta aplicação de revestimentos anticorrosivos. O uso de galvanização e aplicação de primers vão resultar em uma maior resistência do material a oxidação.
Pintura: A pintura foi tratada como uma das etapas essenciais do processo de manutenção, funcionando como barreira física entre as peças e o ambiente.	Deterioração da camada de tinta é uma das causas mais frequentes do início da corrosão. A ausência de preparação da superfície da pintura é um dos erros mais frequentes na aplicação da tinta. Superfícies com resíduos de ferrugem, graxa ou poeira reduzem a aderência da tinta, resultando em falhas precoces no revestimento protetivo.	A padronização dos procedimentos de pintura, e escolha de materiais compatíveis com o ambiente, é uma medida eficaz para a prevenção de falhas. A ação corretiva mais comum para a pintura envolve o lixamento da superfície e a reaplicação da pintura ou sistema de proteção original.
Descrição dos fatores abordados	Causas	Correções
Deformações: As deformações estruturais, têm ocorrência por sobrecargas, impactos ou falhas de dimensionamento.	Os pontos mais suscetíveis às deformações são as vigas e colunas submetidas a cargas variáveis, além de ligações mal planejadas. Em alguns casos, o acúmulo de produtos corrosivos em junções e apoios resulta no travamento de componentes, aumentando as tensões e facilitando o aparecimento de deformações.	O endireitamento controlado por aquecimento e o reforço com chapas metálicas, apresentam eficiência quando aplicados corretamente. A substituição de peças muito deformadas deve ser considerada apenas quando não houver possibilidade de recuperação estrutural.
Parafusos: Os parafusos contemplam um papel indispensável nas ligações estruturais.	Parte dos problemas relacionados a esses componentes é ocasionado por meio da oxidação, afrouxamento por vibração e da aplicação de torque errado no aperto. Em ligações expostas ao ambiente externo, os parafusos apresentaram desgaste acentuado e acúmulo de ferrugem, comprometendo a resistência mecânica e a estabilidade da fixação.	A verificação visual e o reaperto periódico de acordo com as especificações dos fabricantes foram identificados como práticas simples e eficazes, para evitar falhas. Junto a isso na inspeção se sugere pegar uma amostragem a respeito do percentual de parafusos que estão frouxos ou danificados de alguma forma, em casos que a amostragem apresente inconformidades com uma porcentagem alta de componentes, a estrutura deve ser toda inspecionada e os parafusos devem ser corrigidos
Falta de vedação: pequenas falhas de vedação em calhas, rufos e telhas. são suficientes para permitir a entrada de água e umidade, acelerando o processo de corrosão, deteriorando	O uso de selantes inadequados, a aplicação errada e a falta de reaplicação periódica são causas dos problemas de vedação. O desgaste natural dos materiais de vedação, junto à movimentação	A limpeza periódica de calhas e rufos, aliada à verificação e reforço da vedação, é uma medida eficiente para prevenir infiltrações e danos por umidade. As ações corretivas incluem o ajuste de

o sistema de pintura, além de ocasionarem o acúmulo de limo e vegetação nas peças.	térmica das chapas metálicas, favorece o aparecimento de fissuras e descolamentos.	fixadores conforme o fabricante, correção do alinhamento das telhas, vedação de furos incorretos com mastique PU ou fita butílica e substituição de telhas danificadas. Em cumeeiras e arremates, é sugerido o reforço da vedação com selantes flexíveis. Em calhas é recomendado realizar a limpeza adequada, verificar e refazer as vedações das emendas caso necessário, substituir trechos ou peças com corrosão e reajustar o caimento, verificar se os suportes para fixação estão presos adequadamente. Já os rufos devem ter as frestas das peças inspecionadas, em casos de ressecamento, fissuras ou perda de aderência recomenda-se a reaplicação de novos produtos selantes, como PU ou silicone.
--	--	---

Fonte: o Autor (2025).

Os resultados obtidos reforçam que a conservação das estruturas não depende apenas da correção de falhas já existentes, mas, principalmente, da prevenção. A manutenção planejada, quando associada ao uso de materiais adequados e à aplicação das normas técnicas, representa um investimento de longo prazo, garantindo segurança, eficiência e economia.

Portanto, conclui-se que a gestão eficiente das ações de manutenção deve considerar não apenas os aspectos técnicos de reparo, mas também a organização, o controle documental e o monitoramento contínuo das estruturas metálicas, de modo a prolongar sua vida útil e evitar riscos à integridade física das edificações e de seus usuários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção de estruturas metálicas é essencial para garantir a durabilidade e o desempenho das estruturas ao longo de sua vida útil. Com base no estudo realizado, constatou-se que processos como corrosão, falhas de pintura, deformações estruturais, afrouxamento de parafusos e ausência de vedação são as principais causas de degradação em estruturas metálicas, sendo sugerido a necessidade de inspeções periódicas planejadas. Outras medidas como preparação da superfície, a escolha adequada dos métodos de limpeza e a padronização do torque dos fixadores são etapas que podem diminuir os riscos e evitar falhas.

Além disso, constatou-se que a elaboração de um manual de manutenção, conforme proposto no objetivo geral deste trabalho, fortalece a padronização dos procedimentos,

melhorando o monitoramento das condições da estrutura, com a adoção de ações preventivas e corretivas. O uso de práticas junto às normas técnicas e a identificação das patologias, contribuem para a redução de custos, aumento da segurança e prolongamento da vida útil dos elementos que compõem a estrutura.

Conclui-se, portanto, que a implementação de estratégias padronizadas de inspeção e conservação, é essencial para prevenir danos, aumentar a vida útil das estruturas e evitar intervenções emergenciais que exijam a substituição de peças. Dessa forma, o artigo reforça a importância de disponibilizar um manual técnico, capaz de orientar engenheiros, técnicos e gestores nas decisões relacionadas ao tratamento e manutenção de estruturas metálicas.

REFERÊNCIAS

ABCEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **Manual Técnico de Telhas de Aço**. São Paulo: ABCEM, 2021. Disponível em: <https://telhacerta.com.br/storage/downloads/arquivo-3-20221121144843637bb9fb79b53.pdf>. Acesso em: 26 set. 2025.

ABNT. NBR 14847:2023 – **Tintas para edificações não industriais** — Ensaio de desempenho. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2023.

ABNT. NBR 15218:2005 – **Pintura industrial — Inspeção de revestimento por pintura — Procedimento**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2022.

ABNT. NBR 5674:2012 — **Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012, disponível em: <https://www.macedoadministradora.com.br/arquivos/leis/Norma%20ABNT%20NBR%205674.pdf>

AECweb. **Saiba como garantir estanqueidade às estruturas metálicas**. Revista AECweb, 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/saiba-como-garantir-estanqueidade-as-estruturas-metalicas/18972>. Acesso em: 21 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16239:2013 – Inspeção de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto em edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023, disponível em: <https://ikigai.eco.br/download/nbr-6118.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. p. 01 – 292

ISO. 8501-1: **Preparation of steel substrates before application of paints and related products**. International Organization for Standardization, 2007.

MOURA, Vanessa. **Patologia do aço; saiba como proteger o material da corrosão**. 2019. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologia-do-aco-saiba-como-protger-o-material-contra-corrosao/18003>

NETO, Jary de Xerez; CUNHA, Alex Sander da. **Patologias e galvanização. In: Estruturas metálicas manual prático para projetos, dimensionamento e laudos técnicos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. p. 325-376.

NEVES, Marcos Dias. **Ensaaios não destrutivos: uma visão geral**. Revista do Parafuso, ed. 17, 2009. Disponível em: <http://www.revistadoparafuso.com.br/v1/modelo/noticia.php?id=67>. Acesso em: 29 set. 2025.

NUNES, L. de P.; LOBO, A. C. O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. 5. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 19 set 2025.

PANNONI, F.D. **princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. 6º ed. Rio de Janeiro. Gerdau, 2015. Disponível em: https://gsn.gerdau.com/sites/gsn_gerdau/files/downloadable_files/Manual%20Princ%C3%ADpios%20da%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20de%20Estruturas%20Met%C3%A1licas%20e%20Situa%C3%A7%C3%B5es%20de%20Corros%C3%A3o%20e%20Inc%C3%AAndio.pdf

PRAVIA, Z. M. C.; BETINELLI, E. A. **Falhas em estruturas metálicas: Conceitos e estudos de caso**. Curso de Engenharia Civil da FEAR–UPF, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308180886_MANIFESTACOES_PATOLOGICAS_E_CONTROLE_DE_QUALIDADE_NA_MONTAGEM_E_FABRICACAO_DE ESTRUTURAS METALICAS

RODRIGUES, R. G. S. **Análise do processo corrosivo e suas consequências em estrutura metálica em academia ao ar livre em pau do ferros** -rn.2022. TCC (Graduação) -Curso deCiência eTecnologia,Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros –RN, 2022.Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/8f45f462-4fe1-4649-be03-d8b2758d47bf/content>.

SACCHI, C. C. A.; DE SOUZA, S. C. **Manifestações patológicas e controle de qualidade na montagem e fabricação de estruturas metálicas**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2016. <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/41214/pdf>.

SILVA, I. A. D. A. R. D. **Métodos de inspeção por ensaios não destrutivos: treinamento e capacitação interna para uma empresa.** 2022. TCC (graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto - MG, 2022. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/4327>. Acesso em: 11 ago. 2025.

SOUZA, Paulo Ricardo Reis de; MORAIS, Jean Marcel Nunes de, LACERDA, Benicio de Moraes. **A utilização da estrutura metálica na engenharia civil.** Revista FT, v. 26, n. 116, 2022. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-utilizacao-da-estrutura-metalica-na-engenharia-civil/>. Acesso em: 11 ago. 2025.