Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2024
ISSN 2178-6925

ESTUDO COMPARATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO

COMPARATIVE STUDY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN STEEL AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Amin Ali Bucar Amorim
Acadêmico em Engenharia Civil, IESC/FAG – Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: aminbucar20@gmail.com

Paloma Noronha Da Silva
Acadêmica em Engenharia Civil, IESC/FAG – Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: paloma12claranoronha@gmail.com

Karla Cristina Bentes Moreira
Mestra em Engenharia Civil, UFSCar;
Docente IESC/FAG – Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: kaarlamoreira@gmail.com

RESUMO

O estudo comparativo das manifestações patológicas em estruturas de aço e concreto armado é fundamental para compreender as diferenças no comportamento desses materiais, visando à melhoria da durabilidade e segurança das edificações. Ambos são essenciais na construção civil, porém apresentam manifestações patológicas, ou seja, defeitos específicos devido às suas características inerentes. Em estruturas de aço, as principais manifestações patológicas incluem corrosão, deformações plásticas e problemas de fadiga. A corrosão é provocada pela exposição do aço à umidade e ao oxigênio, resultando na oxidação e consequente redução da seção transversal, comprometendo a capacidade estrutural. Além disso, carregamentos cíclicos podem levar à fadiga, causando fissuras e, eventualmente, falhas estruturais. Métodos de proteção como pintura, galvanização e monitoramento contínuo são essenciais para mitigar esses problemas. No concreto armado, os problemas mais comuns são fissuração, desagregação e corrosão das armaduras. As fissuras podem surgir devido à retração, variações térmicas, sobrecargas ou falhas de projeto e execução. A desagregação resulta da perda de aderência entre os componentes do concreto, frequentemente causada por reações químicas, como a reação álcali-agregado. A corrosão das armaduras ocorre pela penetração de cloretos e dióxido de carbono, que rompem a camada passiva do aço, iniciando o processo corrosivo. Comparativamente, as estruturas de aço demandam medidas contínuas de proteção contra a corrosão e monitoramento de fadiga, enquanto as de concreto armado necessitam de controle rigoroso da qualidade dos materiais, cobertura adequada das armaduras e manutenção preventiva para evitar a infiltração de agentes agressivos. Inspeções regulares e manutenção preventiva são essenciais para ambos os tipos de estruturas, visando prolongar a vida útil e assegurar a segurança estrutural. Este estudo ressalta a importância de abordagens específicas para cada material, buscando a mitigação eficaz das anomalias e a sustentabilidade das construções.

Palavras-chave: Patologia; Construção Civil; Concreto Armado; Manifestações Patológicas; Aço.

Abstract

Comparative studies of pathological manifestations in steel and reinforced concrete structures are essential to understanding the differences in the behavior of these materials, which can help improve the durability and safety of buildings. Both are essential in civil construction, but they present pathological manifestations, i.e., specific defects due to their inherent characteristics. In steel structures, the main pathological manifestations include corrosion, plastic deformations, and fatigue problems. Corrosion is caused by the exposure of steel to moisture and oxygen, resulting in oxidation and consequent reduction of the cross-section, compromising the structural capacity. In addition, cyclic loading can lead to fatigue, causing cracks and, eventually, structural failures. Protection methods such as painting, galvanizing, and continuous monitoring are essential to mitigate these problems. In reinforced concrete, the most common problems are cracking, disintegration, and corrosion of reinforcement. Cracks can arise due to shrinkage, thermal variations, overloads, or design and execution flaws. Disintegration results from the loss of adhesion between concrete components, often caused by chemical reactions, such as alkali-aggregate occurrence. Reinforcement corrosion occurs due to the formation of chlorides and carbon dioxide, which break down the passive layer of the steel, initiating the corrosive process. In comparison, steel structures require continuous measures of corrosion protection and fatigue monitoring, while reinforced concrete structures require specific control of material quality, adequate reinforcement coverage and preventive maintenance to prevent the infiltration of aggressive agents. Regular inspections and preventive maintenance are essential for both types of structures, extending service life and ensuring structural safety. This study highlights the importance of specific approaches for each material, seeking effective mitigation of anomalies and sustainability of buildings.

Keywords: Pathologies; Civil Construction; Reinforced Concrete; Pathological Manifestations; Steel.

1. Introdução

Na construção civil, o termo "manifestações patológicas" refere-se a um conjunto de irregularidades ou defeitos que surgem em estruturas construídas ao longo do tempo, comprometendo sua estabilidade, funcionalidade ou aparência. Essas falhas podem decorrer de uma variedade de causas, como erros no projeto, utilização de materiais de baixa qualidade, mão de obra não especializada e interferência de agentes externos. Este projeto de pesquisa foca na comparação de manifestações patológicas entre estruturas de aço e estruturas de concreto armado (SAVA, 2020).

As estruturas são os componentes mais robustos de uma edificação, responsáveis por suportar e transferir as forças que atuam sobre a construção, assegurando sua estabilidade e segurança. Elas são compostas por diferentes elementos que, quando combinados, formam os sistemas estruturais. A função de uma estrutura é suportar as cargas e direcioná-las ao solo. Para isso, são utilizados materiais que não são completamente rígidos, conhecidos como materiais

estruturais. Qualquer obra, independentemente de seu tamanho, exige a construção de uma estrutura de suporte, que precisa de um projeto específico, além de um planejamento e execução adequados. Dessa forma, a estrutura de uma edificação tem como objetivo manter a forma planejada, garantindo a integridade da construção pelo período necessário (SOUZA, 2008).

As estruturas de aço são sistemas construtivos feitos de metais, como ferro ou alumínio. Este método é apreciado devido à sua resistência, durabilidade e capacidade de suportar grandes cargas. Essas estruturas representam uma grande parte da engenharia civil, sendo utilizadas em muitos projetos de construção devido à sua versatilidade e rapidez no âmbito construtivo. No entanto, se não forem construídas de forma adequada e não houver manutenções ao longo do tempo, essas estruturas estão sujeitas a uma série de problemas, sendo um deles o surgimento de anomalias (SACCHI, 2016).

As estruturas de concreto armado são elementos construtivos compostos por concreto e barras de aço. São pilares essenciais da engenharia civil, oferecendo sustentação e constância a uma diversidade de construções, desde edifícios até pontes. Contudo, ao longo do tempo, essas estruturas estão sujeitas a uma série de anomalias. Estas surgem devido a uma variedade de razões, incluindo erros no projeto, qualidade dos materiais, técnicas de construção inexperientes, exposição a ambientes agressivos ou incorreções na manutenção. Compreender as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado e estruturas metálicas é crucial para garantir a segurança e a durabilidade das construções, exigindo conhecimentos técnicos e medidas preventivas apropriadas (MATILDES, 2022).

Desse modo, o conhecimento é vital para engenheiros civis e profissionais da construção, pois permite uma abordagem mais eficaz para minimizar problemas estruturais e garantir a segurança. Embora ambos os materiais sejam amplamente utilizados, suas características específicas resultam em diferentes tipos de extensão ao longo do tempo (EVANGELISTA, 2019).

O estudo comparativo entre anomalias em estruturas de concreto armado e estruturas de aço é crucial devido à complexidade, às particularidades e aos desafios únicos de cada tipo de construção. Tanto os materiais quanto os métodos

de construção podem influenciar a ocorrência e a gravidade de problemas estruturais ao longo do tempo, variando significativamente (Rodrigues, 2017). Compreender e diferenciar esses sintomas é fundamental para práticas eficazes de manutenção, reparo e prevenção, garantindo a segurança e durabilidade das edificações (RIBEIRO, 2024).

No Brasil, o concreto armado é amplamente utilizado devido à sua economia e rapidez na construção, mas também é mais suscetível a manifestações patológicas como fissuras, corrosão das armaduras, carbonatação, delaminação e desplacamento (BOLINA, 2019).

A comparação dos problemas entre estruturas de aço e concreto armado leva em conta diferentes aspectos como peso, tempo de execução e adequação ao projeto. O aço é mais leve e permite uma montagem mais rápida, além de proporcionar maior flexibilidade arquitetônica e possibilidade de reutilização dos componentes. Já o concreto armado, que combina aço e concreto, destaca-se pela elevada resistência à compressão e durabilidade, sendo comumente mais acessível em termos de custo inicial. Estruturas de aço são vantajosas em projetos que exigem agilidade e facilidade de adaptação, enquanto o concreto armado é mais indicado para construções que necessitam de maior robustez e inércia térmica. A escolha do material ideal depende das necessidades específicas da obra, como tipo de edificação, prazo e condições do local (FIGUEIRA FILHO, 2023).

1.1 Objetivos Gerais

Este estudo tem como objetivo principal realizar uma análise comparativa das manifestações patológicas observadas em estruturas de concreto armado e estruturas de aço. Apresentando os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e relatar as principais manifestações patológicas que afetam estruturas de aço e que afetam estruturas de concreto armado;
- Investigar as causas relevantes das doenças em cada tipo de estrutura, considerando fatores como ambiente, materiais e métodos construtivos.
- Realizar um estudo comparativo das características dos problemas encontrados em estruturas de concreto armado e estruturas de aço;

2. Revisão da Literatura

2.1 Patologia das estruturas de concreto armado

Segundo Bolina (2019) o concreto armado é amplamente adotado na construção civil no Brasil e em muitos outros países como a solução estrutural padrão. Sua popularidade se deve principalmente aos custos relativamente baixos associados à sua produção, que são influenciados pelos materiais utilizados, pela mão de obra na fase de construção e pelo tempo de projeto geralmente mais curto em comparação com estruturas de aço.

Conforme Matildes (2022) as principais manifestações patológicas da estrutura de concreto armado são: fissuras, manchas, carbonatação e eflorescência. Sendo descritas a seguir neste capítulo.

2.1.1 Fissuras

Matildes (2022) aponta que as fissuras geralmente surgem devido a uma variedade de causas, como assentamento desigual da estrutura, ausência de reforço adequado, deformação excessiva das estruturas, sobrecargas, pontos de tensão técnicos ou mudanças químicas nos materiais de construção.

Oliveira (2019) As fissuras podem ter diferentes origens, e o tratamento eficaz requer uma identificação precisa da causa. Dentre os motivos mais comuns estão: assentamento plástico, retração durante o processo de secagem, variações de temperatura, falhas na execução, sobrecarga, recalques das fundações, entre outras possíveis razões.

Pinheiro (2022) afirma genericamente que para corrigir as fissuras, é necessário iniciar com a limpeza da área afetada, seguido da aplicação de uma tela e, a seguir, da aplicação de massa acrílica para nivelar a superfície com o acabamento da parede.

Figura 1: Fissuras



Fonte: PINHEIRO, 2022.

2.1.2 Manchas

Nascimento (2023) explica que as manchas são problemas comuns decorrentes principalmente da presença de umidade, que podem resultar da ausência de impermeabilização adequada, falhas na execução, vazamentos, infiltrações ou até mesmo condensação de umidade. Essas manchas se manifestam em diversos elementos, como pisos, paredes e fachadas. Conforme Pinheiro (2022), para resolver esse problema, é crucial abordar profundamente as causas das manchas, removendo os revestimentos ou pinturas afetadas e realizando uma limpeza completa da área afetada. Depois de eliminar toda sujeira e microrganismos, é essencial aplicar um sistema de impermeabilização adequado ao local, utilizando tintas ou produtos específicos (MATILDES, 2022).

Figura 2: Manchas ocasionadas por chuva.



Fonte: PINHEIRO, 2022.

2.1.3 Carbonatação do concreto

De acordo com Ferronato (2020) descreve que a carbonatação do concreto é um processo físico-químico em que ocorre uma ocorrência entre os componentes químicos do cimento e o dióxido de carbono (CO_2) presentes na atmosfera. Isso resulta na formação de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) na superfície do concreto, criando uma camada com uma menor alcalinidade em comparação com o restante do material. Ao avançar gradualmente para o interior do concreto, a carbonatação atinge cada vez maior profundidade, eventualmente alcançando as armaduras e dando início ao processo de corrosão.

Gama (2021) justifica que para lidar com a carbonatação do concreto, uma abordagem viável é empregar o método de realcalinização. Esse processo envolve a restauração da alcalinidade do concreto por meio do aumento do seu pH. Outro processo que pode ser aderido é aplicar anticorrosivos na barra de aço (Messias, 2022).

Figura 3: Carbonatação do concreto, armadura exposta.



Fonte: PINHEIRO, 2022.

2.1.4 Eflorescência

Ribeiro et. al (2018) define a eflorescência sendo o surgimento de manchas brancas na superfície de concretos e alvenarias. Essas manchas são resultado da presença de cal livre em materiais que contêm cimento em sua composição.

Para solucionar o problema de eflorescência, é necessário identificar a origem da infiltração ou umidade. Se não for viável corrigir essa origem, é recomendado impermeabilizar a área afetada. Isso impedirá que os sais se dissolvam na água e, consequentemente, evitará a formação de depósitos salinos na superfície das estruturas (NEVES, 2019).

Figura 4: Eflorescência.



Fonte: PINHEIRO, 2022.

2.2 Patologias em estruturas de aço

Para Bolina (2019), as estruturas construídas com perfis de aço estão sujeitas a diversas formas de agressões devido ao ambiente de construção, o que pode afetar seu desempenho ao longo do tempo. Diferentes tipos de mecanismos, como a corrosão metálica, podem surgir e comprometer a integridade do aço.

2.2.1 Corrosão localizada e generalizada

A corrosão é especialmente comum nesses sistemas estruturais e nas diretrizes para garantir sua durabilidade evoluem à medida que esses mecanismos se manifestam ao longo do tempo (GASPARONI, 2020).

A corrosão localizada geralmente é devida problemas de escoamento inadequado das águas da chuva e falhas nos detalhes construtivos. Tem como consequência acúmulo de agentes agressivos e de umidade na peça estrutural

(SACHI, 2016). Enquanto, a corrosão generalizada é devido à falta de um sistema de proteção contra a corrosão tendo como consequência o processo de corrosão (VALE *et. al.*, 2021).

Figura 5: Corrosão de estrutura metálica.



Fonte: ASOPE ENGENHARIA, 2012.

2.2.2 Deformações excessivas

Deformações excessivas são originadas por excesso de carga, variações térmicas não consideradas no projeto inicial ou problemas na disposição dos elementos de suporte, e tem como consequência instabilidade na estrutura (PRAVIA, 2016).

Figura 6: Deformações excessivas.



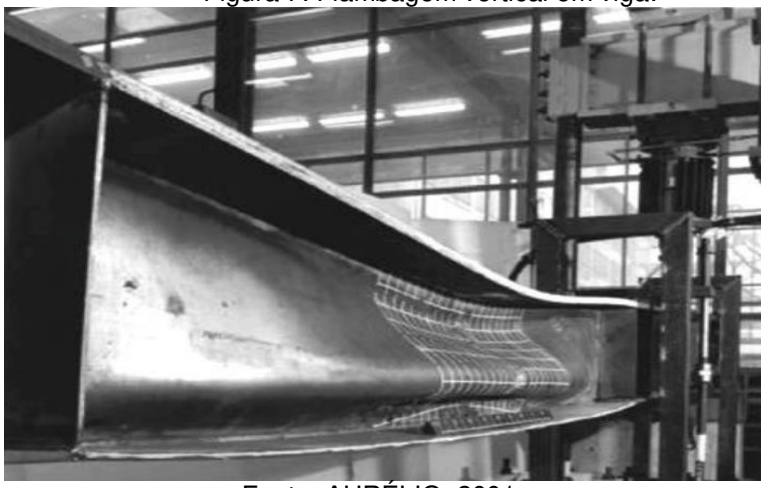
Fonte: VIANA, 2018.

2.2.3 Flambagem local ou global

Relacionado a erros no cálculo das dimensões, resultando em modelos estruturais inadequados, falhas na instabilidade local das placas ou influências de

irregularidades geométricas não previstas durante o projeto, tem como consequência instabilidade na estrutura (BETINELLI, 2016).

Figura 7: Flambagem vertical em viga.

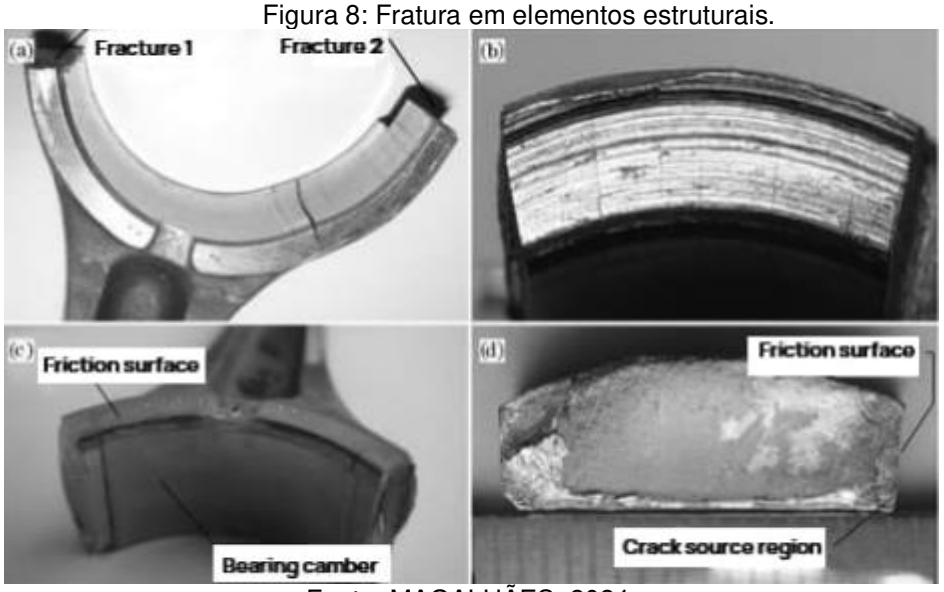


Fonte: AURÉLIO, 2001.

2.2.4 Fratura e propagação de fraturas

Peixoto (2012) confirma que elementos de projeto mal concebidos que causam pontos de alta tensão, falhas de soldagem ou variações de tensão não antecipadas, tem como consequência instabilidade na estrutura

Figura 8: Fratura em elementos estruturais.

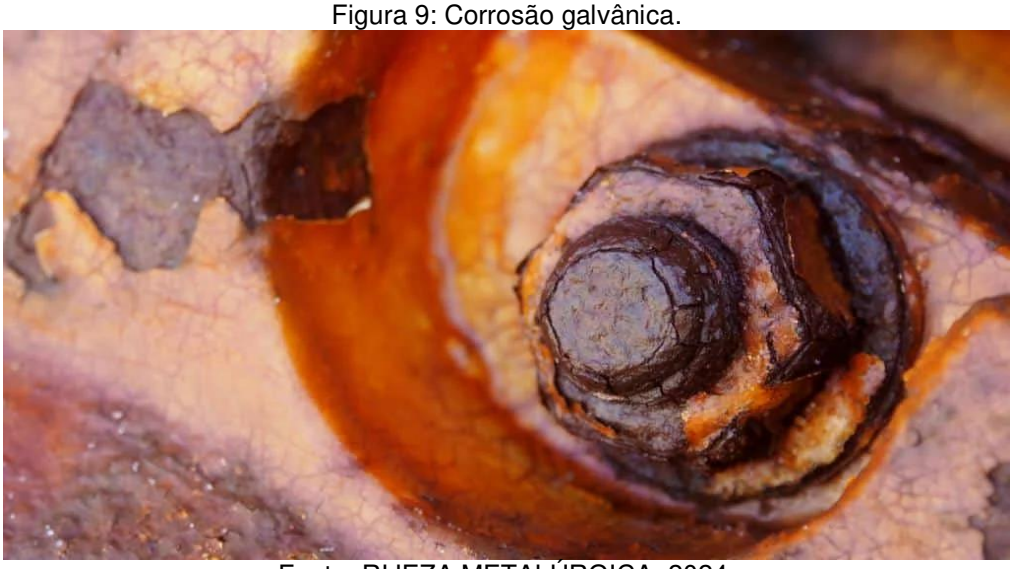


Fonte: MAGALHÃES, 2024.

2.2.5 Corrosão galvânica

Corrosão galvânica é uma aparência de corrosão amplamente observada é a corrosão galvânica, que surge quando metais ou ligas com propriedades eletroquímicas separadas são conectadas entre si (PEIXOTO, 2012).

Figura 9: Corrosão galvânica.



Fonte: RIJEZA METALÚRGICA, 2024.

2.2.6 Prevenção e correção

Maringoni (2018) descreve que prevenir todos os tipos de corrosão, é essencial que o aço, assim como qualquer outro componente estrutural, seja submetido a um programa de manutenção e medidas preventivas para combater os danos decorrentes do uso e da exposição ao ambiente ao longo do tempo.

Para preservar o aço contra as adversidades ambientais, é fundamental considerar diversos fatores, como a seleção do material protegido, a aplicação de técnicas de pintura e galvanização, e, especialmente, os detalhes específicos relacionados à composição das peças, métodos de fixação e suas interações com outros elementos estruturais (MARINHO FILHO, 2022).

Além disso, para protegê-lo contra danos em caso de incêndio, é crucial que o aço seja revestido com materiais que retardam a proteção sob altas temperaturas, seja através de revestimentos inertes ao fogo ou de pinturas intumescentes. Existem várias estratégias para proteger e controlar a corrosão do aço, porém quatro métodos são particularmente eficazes e, em algumas situações, recomendados: Substituir o metal por um tipo mais resistente; alterar o ambiente

em que o metal está exposto; Utilização de barreiras entre o ambiente e o metal; aplicar um potencial externo, como proteção catódica (VARGAS, 2005).

2.3 Comparativo estrutura de concreto armado e aço

Portanto, atualmente, com o aumento significativo da construção civil e a constante expansão das edificações, é crucial considerar cuidadosamente a escolha da estrutura a ser utilizada em um projeto. Esses projetos desempenham um papel vital na criação de empregos, têm um impacto significativo na economia e influenciam diretamente a satisfação dos usuários (EVANGELISTA, 2019).

No entanto, as vantagens oferecidas pelas estruturas de aço, como rapidez e eficiência na construção, limpeza no local de trabalho, precisão na execução, otimização do espaço, redução da carga sobre as fundações e minimização dos resíduos finais de construção, ainda não justificam, de modo geral, sua utilização em larga escala no Brasil. Em comparação com as estruturas de concreto armado em edifícios convencionais, o custo total dessa opção pode ser elevado, embora não necessariamente sempre mais alto, seja devido aos altos custos de equipamentos de montagem e mão de obra danificada, ao transporte da usina siderúrgica até o local da obra ou ao custo da matéria-prima em si. A adoção desse método requer ainda uma análise técnico-econômica cuidadosa e uma mudança cultural para uma abordagem menos imediatista em termos de resultados, o que pode, inclusive, torná-lo mais econômico do que a utilização de estruturas de concreto armado (HELENE, 2019).

Os sistemas construtivos de concreto armado e aço possuem vários fatores que influenciam a escolha de um em detrimento do outro, como tempo, custo, conforto e segurança. Em geral, para edificações de pequeno e médio porte, especialmente residenciais, o concreto armado é a opção mais econômica. Estruturas metálicas, por sua vez, são mais vantajosas em projetos que exigem grandes vãos ou que necessitam de um tempo de construção mais curto, sendo preferíveis em obras de grande porte e construções comerciais que buscam retorno financeiro rápido. Apesar da flexibilidade oferecida pelo aço, o concreto armado é capaz de atender à maioria das demandas do setor. Quando se considera segurança e durabilidade, ambos os materiais são igualmente eficazes, desde que

sejam adequadamente projetados e mantidos. A estrutura de aço se destaca por possibilitar vãos maiores e acelerar o processo construtivo, o que é especialmente importante em casos de reforços estruturais em prédios já ocupados. Portanto, a escolha final deve levar em conta as especificidades arquitetônicas e os prazos do projeto, justificando, quando necessário, o custo adicional das estruturas metálicas (COSTA JÚNIOR, et al. 2022).

Figura 10: Estrutura metálica



Fonte: Structuraço, 2021.

Figura 11: Estrutura de concreto armado



Fonte: Projetual, 2017.

3. Considerações Finais

Constata-se que, as patologias em estruturas de concreto armado surgem principalmente devido à corrosão das armaduras internas, infiltrações, fissuras por retração, falhas na execução, como uma má compactação ou cura inadequada do concreto. Esses problemas podem reduzir a durabilidade da estrutura e comprometer sua integridade ao longo do tempo. Fatores ambientais, como umidade elevada e a presença de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, também aceleram o processo de deterioração (SENA, 2020)

Contudo, nas estruturas de aço, a principal patologia está relacionada à corrosão, que ocorre principalmente em ambientes expostos à umidade e à poluição. A oxidação enfraquece os componentes estruturais, levando à redução da resistência e à possível falha estrutural. Além disso, as estruturas de aço podem sofrer com fissuras por fadiga, principalmente em pontos de solda ou áreas de concentração de tensões, o que requer inspeção e manutenção regulares (GONÇALVES, 2019).

Desta forma, ao comparar as patologias entre concreto armado e aço,

percebe-se que ambos os materiais apresentam riscos de deterioração, mas de formas distintas. O concreto armado tende a apresentar problemas mais internos e relacionados à infiltração e à corrosão das armaduras, enquanto o aço sofre mais com a corrosão superficial e as fissuras por fadiga. A escolha do material deve considerar o ambiente de uso e os cuidados preventivos necessários para mitigar essas patologias, de forma a garantir a vida útil das estruturas (RODRIGUES, 2017).

No entanto, a considerar qual estrutura se sobressai, é crucial avaliar o tipo de ambiente e as exigências do projeto. O concreto armado, geralmente, se destaca pela sua durabilidade e resistência em ambientes mais agressivos, exigindo menos manutenções frequentes quando comparado ao aço. Contudo, as inspeções periódicas são fundamentais para detectar problemas internos, como a corrosão das armaduras. Por outro lado, as estruturas de aço, embora mais suscetíveis à corrosão em certos contextos, oferecem vantagens como maior leveza, rapidez na construção e versatilidade no design. Assim, o concreto armado se destaca em projetos que demandam maior resistência à deterioração ao longo do tempo, enquanto o aço é ideal para construções onde agilidade e flexibilidade são prioritárias (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2022).

REFERÊNCIAS

ASOPE ENGENHARIA. 8 Tipos De Corroão Em Estruturas Metálicas. 2012. Disponível em: https://www.asope.com.br/single-post/2018/03/20/8-tipos-de-corrosao-em-estruturas-metalicas. Acesso em: 10/10/2024.

AURÉLIO, C. **MECÂNICA E ESTRUTURAS GEODÉSICAS II**. Universidade Federal do Paraná UFPR, Departamento de Geomática, 2001. Disponível em: https://cartografica.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/09/aula-5-FLAMBAGEM.pdf. Acesso em: 17/10/2024.

BOLINA, F. **PATOLOGIA DE ESTRUTURAS.** São Paulo, 31 f. Oficina de textos, 2019. Acesso em: 10/10/2024.

COSTA JÚNIOR, M. **ESTUDO PRELIMINAR COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ESTRUTURAS METÁLICAS (AÇO).** Alagoas, v7, n2, p.11-24, maio, 2022. Acesso em: 10/10/2024.

EVANGELISTA, J. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO PARA VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE DE ESCOLHA E USO DE UMA DELAS PARA UMA MESMA FINALIDADE.** Paracatu-MG, 36 f. 2019. Acesso em: 09/10/2024.

FERRONATO, A. **ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS ESTRUTURAS EM HABITAÇÕES RESIDENCIAIS DE INTERESSE SOCIAL.** Criciúma-SC. 22 f. 2020. Acesso em 09/10/2024.

FIGUEIRA FILHO, E. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO**. Teófilo Otoni-MG, 19f. 2023. Acesso em: 10/10/2024.

GAMA, M. **CARBONATAÇÃO DO CONCRETO: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E TRATAMENTO.** Minas Gerais, 4ª edição congresso online de engenharia de materiais, 2021. Acesso em: 09/10/2024.

GASPARONI, A. **CORROSÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS EM ÁGUAS E SUA PROTEÇÃO.** Belém-PA, 1 ed. rfb editora, 58 f. 2020. Acesso em: 10/10/2024.

GONÇALVES, Q. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE AÇOS: ESTUDO DE CASO DA FEIRA DA 304 SUL EM PALMAS/TO.** Palmas-TO, revista construindo, v11, n01, p.72-77, jan-jun. 2019. Acesso em: 10/10/2024.

MAGALHÃES, R. Fratura por fadiga: tipos, características e soluções. **COMPRACO,** maio, 2024. Disponível em: https://compraco.com.br/blogs/industria/fratura-por-fadiga-tipos-caracteristicas-e-solucoes. Acesso em: 10/10/2024.

MARINHO FILHO, G. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTRUTURAS METÁLICAS: PRINCIPAIS MEDIDAS PREVENTIVAS.** Revista Facere Scientia, v.02, n.02, 22 f. dezembro, 2022. Acesso em: 10/10/2024.

MATILDES, C. **CONCRETO ARMADO E SUAS PATOLOGIAS.** Fortaleza-CE, v10, edição 225, 31 f. 2022. Acesso em: 10/10/2024.

NASCIMENTO, A. **MANIFESTAÇÕES PATOLOGICAS NAS PINTURAS OCASIONADAS PELAS INFILTRAÇÕES.** São Paulo, Faculdade Anhanguera, 12 f. 2023. Acesso em: 10/10/2024.

NEVES, A. Eflorescência: saiba tudo sobre essa manifestação patológica**. Blok. Souza Filho Impermeabilizantes.** 2019. Disponível em: https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia. Acesso em: 09/10/2024.

OLIVEIRA, I. **ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO SUJEITAS A PATOLOGIAS: métodos de prevenção e programação de manutenções.** Paracatu-MG, Centro Universitário Atenas, 43 f. novembro, 2019. Acesso em: 10/10/2024.

PEIXOTO, D. **PATOLOGIA EM ELEMENTOS DE LIGAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS.** Belo Horizonte, 79 f. agosto, 2012. Acesso em: 10/10/2024.

PINHEIRO, Igor. Manifestações Patológicas Nas Estruturas De Concreto. **Inovacivil**, fev. 2022. Disponível em: https://inovacivil.com.br/manifestacoes-patologicas-nas-estruturas-de-concreto/. Acesso em: 10/10/2024.

PRAVIA, Z. M. C.; BETINELLI, E. A. **Falhas em estruturas metálicas: Conceitos e estudos de caso.** Curso de C. C. SACCHI; A. S. C. DE SOUZA REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 13 - nº 1 (2016) 34 Engenharia Civil da FEAR –UPF/. Acesso em: 09/10/2024.

PROJETUAL. **Projeto de Estrutura de Concreto Armado**. 2017. Disponível em: https://www.projetualeng.com.br/tag/concreto-armado. Acesso em: 10/10/2024.

RIBEIRO, G. **LEVANTAMENTO A ANÁLISE DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO CENTRO DE CONTROLE ZOONOZES (CCZ) DE GUARAÍ-TO.** Guaraí-TO, revista multidisciplinar do nordeste mineiro, v.03, ISSN 2178-6925, 22 f. 2024. Acesso em: 10/10/2024.

RIBEIRO, I. **IMPLANTAÇÃO DE MÉTODOS DE TRATAMENTO PARA COMBATER AS EFLORESCÊNCIAS.** João Pessoa, revista principia, n38, 11 f. 2018. Acesso em 10/10/2024.

RIJEZA METALÚRGICA. Corrosão Galvânica: saiba como você pode prevenir. São Leopoldo-RS, 2024. Disponível em: https://rijeza.com.br/blog/corrosao-eletroquimica-voce-sabe-o-que-e/. Acesso em: 10/10/2024,

RODRIGUES, R. **O USO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** Pato de Minas-MG, 30 f. 2017. Acesso em: 09/10/2024.

Sacchi, C. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E CONTROLE DE QUALIDADE NA MONTAGEM E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS.** São Carlos-SP, v13, n1, p.20-34, 2016. Acesso em: 09/10/2024.

SAVA, P. **ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO.** Rio de Janeiro, editora epitaya, 2020, 213 f. Acesso em: 09/10/2024.

SENA, V. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** Otoni-MG, 20 f. 2020. Acesso em: 10/10/2024

SOUZA, M. **SISTEMAS ESTRUTURAIS DE EDIFICAÇÕES E EXEMPLOS.** Campinas-SP, DES, 93 f. Julho, 2008, Acesso em: 10/10/2024.

STRUCTURACO. **Estruturas metálicas para telhado: quando usar e quais são as vantagens?** Amazonas, 2021. Disponível em: https://www.structuraco.com/estruturas-metalicas-para-telhado-quando-usar-e-quais-sao-as-vantagens/. Acesso em: 10/10/2024.

VALE, F. **A PREVENÇÃO DE ALTERAÇÕES EM ESTRUTURAS METÁLICAS VISANDO A SUSTENTABILIDADE.** Curitiba, v3, n1, p.349-361, jan-mar. 2021. Acesso em: 10/10/2024.

VARGAS, M. **RESISTÊNCIA AO FOGO DAS ESTRUTURAS DE AÇO.** Rio de Janeiro, v297, 80 f. 2005. Acesso em: 10/10/2024.

VIANA, D. Estados Limites ELU e ELS: aprenda a diferença. **Guia da Engenharia,** jan.2018. Disponível em: https://www.guiadaengenharia.com/estados-limites/. Acesso em: 10/10/2024.