

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

QUEREN HAPUQUE DE OLIVEIRA¹
LETÍCIA REIS BATISTA ROSAS²

RESUMO: O estudo das manifestações patológicas em estruturas metálicas visa discutir as principais causas de patologias no aço, desde suas origens até aos métodos de prevenção e proteção. A manifestação patológica causa a deterioração do aço fazendo com que o material passe a não atender às necessidades para qual foi projetado. A principal patologia do aço é a corrosão, em contato com meios corrosivos propaga-se pela superfície causando a destruição do metal. Através de estudos bibliográficos, normas e visitas técnicas, foi possível analisar as manifestações patológicas de quatro estruturas metálicas, identificar os tipos de patologias encontradas e suas causas e também propor medidas de recuperação e manutenção adequada das estruturas analisadas. A falta de medidas de prevenção e reparação do aço reduz o seu desempenho podendo trazer graves riscos à segurança, sendo necessário o cuidado com as estruturas metálicas desde a fase inicial de projeto. A utilização de materiais de qualidade, o uso correto da estrutura de acordo com sua finalidade, a utilização de revestimentos protetores e a inspeção correta da estrutura, são medidas que visam diminuir o surgimento de patologias no aço e garantir a vida útil da estrutura.

Palavras-chave: Aço. Corrosão. Patologias

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS AND METALLIC STRUCTURES

ABSTRACT: The study of pathological manifestation in metallic structure aims to discuss the main causes of pathologies in steel, from its origins to methods of prevention and protection. The pathological manifestation causes the steel to deteriorate, causing the material to no longer meet the needs for which it was designed. The main pathology of steel is corrosion, in contact with corrosive media it spreads across the surface causing the destruction of the metal. Through bibliographic studies, norms and technical visits, it was possible to analyze the pathological manifestations of four metallic structures, identify the types of of pathologies found and their causes and also propose measures of recovery and adequate maintenance of the analyzed structures. The lack of prevention and repair measures for steel reduce its performance and can bring serious risks to safety, requiring care with metallic structures from the initial design phase. The use of quality materials, the correct use of the structure according to its purpose, the use of protective coatings and the correct inspection of the structure, are measures that aim to reduce the emergence pf pathologies in the steel and guarantee the useful life of the structure.

Keywords: Steel. Corrosion. Pathologies

¹Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: queren_holiveira@hotmail.com

²Professora Mestre em Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: eng.leticiarosas@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O aço é uma liga metálica composta de ferro e carbono que possui resistência a tração e a compressão iguais, variando entre 300 e 1200 Mpa e ductilidade elevada comparado à maior parte dos materiais utilizados na construção civil (BELLEI; PINHO; F.; PINHO, M., 2008).

De acordo com Andrade (2009), as estruturas metálicas começaram a ser cada vez mais utilizadas por conta de suas inumeráveis vantagens, tais como menor custo, maior rapidez em sua construção e menor impacto ambiental. Ademais, por ser um material fabricado em indústrias o aço possui um severo controle de qualidade o que diminui possíveis defeitos e um maior padrão das peças além proporcionar seções mais esbeltas.

Além disso, é um material leve comparado ao concreto, permitindo que as peças sejam desmontadas e remontadas, sem que suas características sejam perdidas, o que contribui para a reciclagem do material. Por essas e tantas outras vantagens, essa tecnologia de construção tem aumentado muito nos últimos tempos.

Como todo sistema construtivo, as estruturas metálicas também necessitam de manutenção para garantir seu perfeito desempenho durante toda sua vida útil, em especial para prevenir a corrosão, principal patologia que acontece nas estruturas metálicas. A corrosão causa a deterioração do aço alterando suas características como a resistência mecânica, prejudicando a sua utilização (GENTIL 1996).

A corrosão ocorre principalmente onde a ação atmosférica é mais agressiva, como em zonas tropicais, em ambientes com elevadas temperaturas, grandes volumes de chuvas, enchentes, poluições, que acabam contribuindo para o surgimento de patologias (SACCHI e SOUZA, 2017).

Entre os maiores problemas relacionados às patologias estão as falhas de projeto, falhas de execução, erros de fabricação e o mau uso da estrutura (HELENE, 2003). Para impedir o surgimento das patologias é necessário fazer o estudo detalhado delas, analisar, identificar, saber a origem e propor métodos para a recuperação ou manutenção da estrutura (NAZARIO; ZANCAN, 2011).

Através de visitas técnicas foram feitas inspeções em obras de estruturas metálicas com a presença de patologias, foram analisadas as categorias das anomalias encontradas e elaborado medidas para trata-las de acordo com a sua necessidade, além de propor medidas de proteção e a manutenção periódica dessas estruturas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O aço é uma liga metálica composta de ferro e carbono, adquirido pelo refino do ferro gusa ou apenas gusa que é o produto da primeira fusão do minério de ferro, contendo cerca de 3,5 a 4,0% de carbono (MATOS DIAS, 1997).

De acordo com Ferraz (2003), as propriedades térmicas e mecânicas que o aço aponta como elasticidade, maleabilidade, durabilidade, boa resistência e condutividade térmica, tornam o aço um dos materiais de maior importância na engenharia. Os aços se diferenciam entre si pela sua uniformidade, pelo tamanho, forma, e por sua composição química. A composição química do aço pode ser modificada de acordo com o interesse de sua aplicação final, e através da adição de certos elementos químicos se obtém aços com diversos graus de resistência a corrosão, resistência mecânica, ductilidade, entre outros.

Conforme Bellei (1998), destacam-se como as vantagens das estruturas de aço, a alta resistência do material quando estão submetidos a tensões de tração, flexão e compressão, permitindo que os elementos estruturais sejam capazes de suportar grandes esforços mesmo com a área consideravelmente pequena das suas seções. Mesmo com a sua grande densidade (7.850kg/m^3), os elementos de aço são mais leves comparados aos elementos de concreto armado. Os elementos de aço são fabricados em série em grandes quantidades e sua montagem é mecanizada, o que permite a redução do prazo final da obra. Esses elementos podem ser substituídos e desmontados com facilidade, permitindo também a possibilidade de reaproveitar o material quando ele não é mais necessário à construção.

Entretanto, um dos grandes problemas dos materiais feitos de ferro é que com o tempo, eles têm tendência a sofrer com os fenômenos de corrosão, acarretando grandes prejuízos econômicos e ambientais (QUIMATIC, 2017).

A corrosão é um processo espontâneo e natural de reações químicas ou eletroquímicas que passam na região de separação entre o meio corrosivo e o metal. A corrosão é um modo de destruição do metal, onde propaga-se pela superfície agindo em todos os metais sujeitos ao a corrosão, caso o meio for suficientemente agressivo (GENTIL, 2011).

No Brasil, as construções de estruturas metálicas sofrem muito pela ação do clima, porque há uma grande variação climática, com grandes picos de temperatura alta e baixa, muitas vezes no mesmo dia, bem como grandes volumes de chuvas e poluição, em um ambiente agressivo e potencialmente causador de muitas patologias nessas estruturas (SACCHI e SOUZA, 2017).

Para mostrar os problemas que ocorrem durante a produção de uma estrutura ou edifício, é adotado o termo patologia, essa denominação pode ser utilizada tanto para problema físico-constructivo ou não, e o termo “falha” é considerado como causa (BAUERMAN, 2002).

Os problemas físico-constructivos são motivados por falhas que podem acontecer nas etapas de concepção, execução ou manutenção da estrutura (SOUZA e RIPPER, 2009).

2.1 Classificação das Patologias

De acordo com Silva Neto (2006) Apud Dal’ Bó e Sartorti (2012), as patologias das estruturas são classificadas quanto a sua origem e podem ser divididas em adquiridas, transmitidas e atávicas.

As patologias adquiridas são patologias estruturais que acontecem através de atuação do meio externo, como umidade, líquidos ou gases corrosivos, poluição atmosférica e vibrações excessivas geradas pelo uso inapropriado da estrutura.

As patologias transmitidas, são transmitidas de obra para obra, como os casos de falta de prumo nas estruturas, além de soldadores que não dão importância em fazer a retirada da pintura dos pontos de solda, fazendo com que a carbonização da tinta prejudique a qualidade do serviço.

As patologias atávicas são patologias que resultam de erros de projeto e de cálculo, uso de classes de aço com resistência diferente das que foram consideradas no projeto, escolhas inadequadas de perfilados ou chapas de espessuras.

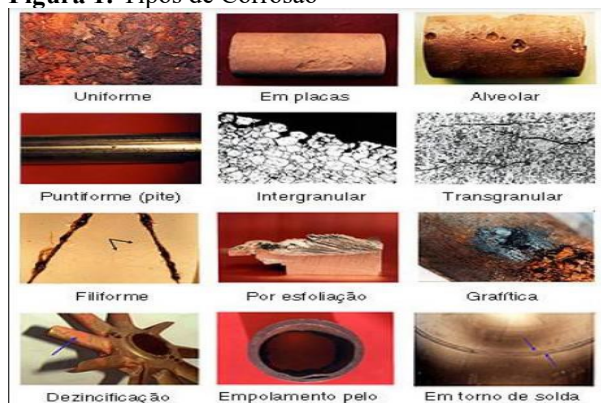
Além disso, Sacchi e Souza (2017) citam como os principais tipos de patologias em estruturas metálicas, a corrosão localizada: causada pela falta de detalhes constructivos e pela deficiência de drenagem das águas pluviais, ocasionando no acúmulo de umidade e de agentes agressivos. Corrosão generalizada: causada pela falta de proteção contra o processo corrosivo. Deformações excessivas: causadas por sobrecargas não previstas no projeto original, efeitos térmicos ou causadas por deficiências na estruturação de travejamentos. Flambagem local ou global: causadas por falhas no enrijecimento local das chapas de aço, pelo uso incorreto de modelos estruturais para verificação da estabilidade, ou irregularidades de imperfeições geométricas não consideradas em cálculo e no projeto. Fratura e propagação de fraturas: são falhas iniciadas por defeitos de solda, alterações de tensão não previstas no projeto ou por concentração de tensões resultantes de detalhes de projeto que não atendem o que foi previsto.

2.3 Tipos de Corrosão

A corrosão é um dos maiores impactos a nível econômico, ambiental e de segurança na sociedade, quando se trabalha com materiais metálicos. Os custos diretos atribuídos ao uso desse material incluem a necessidade de se procurar materiais mais resistentes e aumentos de espessuras, a necessidade de utilização de revestimentos, inibidores de corrosão e técnicas eletroquímicas, necessidade de inspeções, manutenção e reparação constante, além da necessidade de se controlar as condições ambientais. Já os custos indiretos são, impacto no meio ambiente, na qualidade da água e do ar; preservação de monumentos, segurança das pessoas e bens, saúde pública, e sustentabilidade dos recursos naturais (MANUEL; CARRAQUICO, 2015).

Conforme Gentil (2011), a corrosão pode ocorrer segundo a sua morfologia e localização onde ocorre o ataque e o meio corrosivo, e as mais comuns são: Corrosão Uniforme Processada: acontece em toda extensão da superfície, perdendo espessura, é também chamada de corrosão generalizada. Corrosão por Placas: localizada em partes da superfície metálica, formando placas com escavações. Corrosão alveolar: processada na superfície, produzindo sulcos ou escavações análogas a alvéolos. Corrosão por Esfoliação: processada de forma paralela à superfície do metal, ocorrendo em componentes extrudados ou chapas e, desintegrando o material em forma de placas paralelas. Corrosão Grafítica: processada em temperatura ambiente, no ferro fundido cinzento e deixando a área corroída com aspecto escuro (grafite intacta). Corrosão por Dezincificação: a dezincificação acontece nas ligas de cobre-zinco (latões), com o aparecimento de regiões avermelhadas. Corrosão em torno do cordão de solda: processada intergranularmente em volta do cordão de solda de aços inoxidáveis com teor de carbono maior que 0,03% ou instabilizados.

Figura 1: Tipos de Corrosão



Fonte: ARAUJO (2003)

2.4 Métodos de Prevenção e Tratamento das Estruturas Metálicas

Atualmente existem diversos sistemas e modos de proteger ou minimizar a ação da corrosão nos metais, todas as proteções surgiram para garantir condições favoráveis no tempo de serviço destas, principalmente nos setores industriais. Os tipos de proteção mais utilizadas são os inibidores de corrosão, utilizados comercialmente para melhorar a performance do metal em relação a corrosão. Os inibidores retardam a corrosão formando uma fina película por adsorção, e formam precipitados maiores que fazem a proteção do metal.

Além dos inibidores se utiliza a proteção catódica que reduz as reações anódicas na estrutura e força os anodos a se unirem aos catodos limitando as células de corrosão, é muito utilizada em estruturas marítimas. A proteção anódica também pode ser utilizada como método de prevenção, ela forma uma película protetora nos metais pela aplicação externa de correntes anódicas. São utilizadas em ambientes muito agressivos. Já os revestimentos orgânicos criam uma barreira entre o metal e o ambiente corrosivo.

Os revestimentos inorgânicos são revestimentos que alteram a superfície do material e essa alteração forma uma película protetora no metal, garantindo uma boa aplicação para outros revestimentos, como a pintura. E os revestimentos metálicos, utilizados onde o metal tem contato com altas temperaturas, grandes impactos e abrasão. Possuem durabilidade muito superior ao da pintura, levando a manutenções programadas em zonas danificadas a curto ou médio prazo para garantir um bom desempenho (PESTANA, 2018).

Os revestimentos orgânicos compreendem os vernizes, lacas, esmaltes, tintas, resinas, emulsões e dispersões. São chamados de forma geral de “tintas” e podem adotar esta designação a qualquer composição pigmentada, líquida ou pastosa que quando aplicada sobre uma superfície em finas camadas, formam uma película sólida e aderente permitem a alteração completa da cor e da aparência do elemento tratado, o que resulta, além da proteção, em um elemento mais agradável esteticamente (SILVA, 1963).

De acordo com Silva (1963), os revestimentos mistos possuem grandes vantagens, não só pela estética, visto que é feito a aplicação de mais de um tipo de revestimento, isso garante uma proteção adicional a estrutura, principalmente em locais mais agressivos como zonas industriais. Porém, nesse caso, a manutenção deve ter um período menor do que dos demais revestimentos.

O revestimento por pintura é método de proteção anticorrosão que apresenta melhores resultados quando feito de forma correta, pois, além da redução de custo, produz consequentemente o aumento da segurança operacional (Cardoso, 2013).

Segundo Andel Lima (2007), os tipos de tintas mais utilizadas para a proteção do aço carbono são: Tintas Epoxídicas, são tintas bicomponentes de secagem ao ar. A cura da tinta epoxídica ocorre pela reação química entre os dois componentes. São mais resistentes aos agentes químicos, umidade e quando imersas em água doce ou salgada, também são muito impermeáveis e resistentes. Tintas Acrílicas, tintas à base de solventes orgânicos indicadas para a pintura de acabamento. São bastante resistentes à ação do sol, são utilizadas para a proteção dos aços estruturais. Tintas Poliuretânicas., por serem tintas resistentes ao intemperismo, são utilizadas na pintura de acabamento em estruturas expostas ao tempo, funcionam bem com primers epoxídicos, e resistem por muito tempo com pouca perda de cor e brilho original.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho é uma pesquisa exploratória descritiva que teve como objetivo principal desenvolver conceitos sobre as manifestações patológicas em estruturas metálicas.

Através das visitas técnicas, inspeções e registros fotográficos pôde ser feita a coleta de informações com base nos levantamentos bibliográficos e normas, como a ABNT NBR 8800 (2008) (Projeto de Estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios).

As inspeções ocorreram na cidade de Nova Bandeirantes-MT, com visitas realizadas em dois barracões de estruturas metálicas, um dos barracões era utilizado como oficina mecânica de máquinas pesadas, o outro barracão era utilizado para armazenamento de materiais para drenagem de águas pluviais, já na cidade de Sinop-MT, foi inspecionado um posto de combustível que se encontra desativado e uma estrutura de tanque de água desmineralizada de uma indústria agroquímica, todas as obras vistoriadas encontravam-se com grande incidência de patologias. A avaliação das estruturas foi feita por meio de registros fotográficos e da inspeção visual dos componentes metálicos deteriorados.

Foram identificados os tipos de patologias encontradas e como acometeram as estruturas de aço, como erros de projeto, falta de proteção adequada, falta de manutenção das estruturas, além disso foram analisadas as etapas fundamentais para recupera-las e garantir que voltem a atender as necessidades a quais foram projetadas.

Por fim, foi elaborado um relatório evidenciando as manifestações patológicas existentes nas quatro obras que foram vistoriadas. Nesse sentido, foi possível identificar a origem das anomalias, como surgiram e quais os métodos viáveis utilizados para tratá-las, tal como propor um rigoroso controle de qualidade dessas estruturas e a manutenção regular delas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados obtidos através das inspeções foi possível analisar e diagnosticar as estruturas das obras abaixo:

Obra 1: A primeira obra visitada foi um barracão de estrutura metálica utilizado como oficina mecânica, localizado na Rodovia MT-417 na cidade de Nova Bandeirantes-MT. As patologias que foram encontradas nas estruturas da obra 1 são classificadas como patologias adquiridas (Figuras 06, 07), que acontecem por conta de ações do meio externo como poluição atmosférica, umidade, gases e líquidos corrosivos.

Depois das análises, foi visto que as estruturas estão em processo de corrosão, causadas pela falta de proteção. Nota-se também que se trata de uma estrutura antiga que não teve nenhum tratamento de prevenção até o momento, o que facilitou a deterioração da peça. Podemos classificar o tipo de corrosão encontrada nas estruturas como corrosão generalizada (Figuras 02, 03, 04, 05) ou também conhecida como corrosão uniforme, quando acontece praticamente em toda a superfície da peça de forma generalizada fazendo com que a peça perca até mesmo a espessura.

Figura 02: Corrosão generalizada



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 03: Corrosão generalizada



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 04:Corrosão generalizada



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 05:Corrosão generalizada



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 06: Patologias Adquiridas



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 07: Patologias adquiridas



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Obra 2: A segunda obra visitada também é um barracão de estrutura metálica, porém é utilizado como depósito para armazenamento de materiais para drenagem de águas pluviais, localizado na Rua Amazonas na cidade de Nova Bandeirantes-MT.

Nessa obra também foram encontradas patologias adquiridas (Figuras 11, 12), causadas pelo contato com o meio ambiente, oxigênio, umidade e corrosão generalizada (Figura 14), causada pela falta de proteção da estrutura. Essa obra possui idade menor que a obra 1, porém até o momento não foi feito nenhum tipo de manutenção. A estrutura possui coloração alaranjada causada pela corrosão por dezincificação (Figuras 08, 09, 10, 13).

Figura 08: Corrosão por dezincificação **Figura 09:** Corrosão por dezincificação



Fonte: Acervo pessoal (2021)



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 10: Corrosão por dezincificação **Figura 11:** Patologias Adquiridas



Fonte: Acervo pessoal (2021)



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Obra 3: A terceira obra visitada foi um posto de combustível localizado na Rodovia BR-163 no município de Sinop-MT. Nessa obra foram analisadas as vigas e a estrutura da cobertura metálica. Nessa obra, a estrutura possui revestimento em pintura, porém como não houve manutenção a pintura começou a se desfazer. A corrosão se deu por toda a estrutura por exposição ao oxigênio e a agentes químicos (Figuras 15, 17, 18). Também foi encontrado corrosão por dezincificação (Figura 16), esse tipo de corrosão faz com que apareçam manchas alaranjadas ou avermelhadas na estrutura além de reduzir a resistência mecânica do aço.

Figura 12: Corrosão por exposição a agentes químicos **Figura 13:** Corrosão por dezincificação



Fonte: Acervo pessoal (2021)



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 14: Corrosão por exposição á agentes químicos



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 15: Corrosão por exposição á agentes químicos



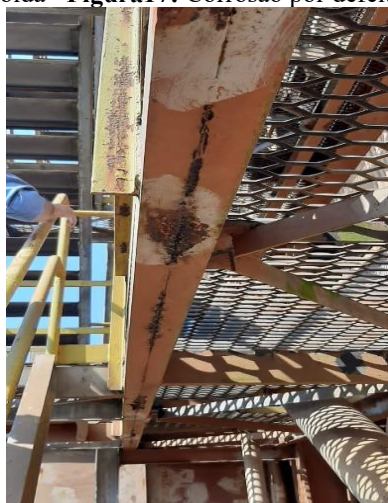
Fonte: Acervo pessoal (2021),

Obra 4: A quarta obra inspecionada é composta por estruturas de tanques de água desmineralizada, localizado na Rodovia BR-163, no pátio da antiga indústria Agroquímica S.A, na cidade de Sinop-MT. Na obra 4, existe corrosão por toda a estrutura, foi feito manutenção durante o funcionamento da indústria, porém agora se encontra desativada. A obra possui patologias causadas por defeitos de solda (Figuras 19, 20, 25,26), patologias causadas pelo acúmulo de umidade nas extremidades (Figura 23), corrosão generalizada (Figuras 21, 22, 24), e corrosão por exposição á agentes químicos, alguns pontos apresentam também corrosão por dezincificação (Figuras 21, 22).

Figura 16: Corrosão por defeitos de solda **Figura17:** Corrosão por defeitos de solda



Fonte: Acervo pessoal (2021)



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 18: Corrosão generalizada e dezincificação



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 19: Corrosão generalizada e dezincificação



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 20: Corrosão por acumulo de umidade



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Figura 21: Corrosão por defeitos de solda



Fonte: Acervo pessoal (2021)

O revestimento protetor é o tipo de proteção anticorrosiva mais utilizado, o aço pode ser revestido por revestimentos metálicos, a base de zinco, ou alumínio, também podem ser utilizados revestimentos orgânicos como tintas e vernizes, ou revestimentos mistos, respeitando o tempo correto de manutenção. Os revestimentos mistos compostos por metais e revestimentos orgânicos tem uma durabilidade maior comparado aos revestimentos separados (PESTANA 2018).

No entanto os revestimentos por pintura não são o meio mais eficiente de evitar a corrosão, essa deve ser prevista ainda na fase de projeto, utilizar materiais de ótima qualidade e mão de obra qualificada para evitar erros na execução da estrutura. (GREGORIO; MOREIRA; FARIAS; PIRES. 2020).

Na obra 1, é necessário fazer a reparação de toda a estrutura, através de revestimentos por pintura. Podendo utilizar a pintura poliuretânica como revestimento protetor por ser uma pintura bastante resistente ao intemperismo, são ideias para estruturas expostas ao tempo (LIMA 2007).

Na obra 2, também podemos utilizar proteção por pintura poliuretânica, pois as duas obras possuem grandes similaridades tanto estrutural quanto nas patologias existentes, e esse tipo de proteção é ideal para o caso em si.

Na obra 3, por se tratar de um posto de combustível, é necessário usar um revestimento com uma proteção maior devido aos agentes químicos ali presentes.

Nesta obra podemos utilizar o revestimento por pintura epoxídica, são revestimentos protetores impermeáveis e bastante resistentes a agentes químicos, combustíveis e a umidade. (LIMA 2007).

Na obra 4, por se tratar de uma indústria química podemos utilizar a proteção por revestimento metálico, ele é capaz suporta altas temperaturas, grandes impactos e abrasão, e por ser mais resistente que os outros revestimentos são mais indicados para esse tipo de estrutura (LIMA 2007).

É importante fazer a limpeza correta dessas estruturas antes de a aplicação dos revestimentos protetores, para que as camadas fiquem uniformes garantindo uma boa aderência ao material, evitando fissuras no revestimento e impedindo que o aço entre em contato com meio e cause o surgimento de patologias (ISO 8501, 2007).

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se através da pesquisa realizada, que as estruturas metálicas que foram inspecionadas podem ser reparadas garantindo que atenda às necessidades para quais foram projetadas.

Para evitar que as estruturas metálicas sofram com a presença de manifestações patológicas é preciso na fase inicial de projeto considerar um detalhamento anticorrosivo que permita acesso aos componentes do aço para fazer inspeções e manutenções das estruturas, fazer as soldas corretamente, utilizar materiais dentro das especificações, evitar perfis que acumulem umidade e manter um rigoroso controle de qualidade são medidas preventivas para evitar o processo de corrosão.

Para as estruturas que foram estudadas, de início elas devem receber um tratamento de proteção através de revestimentos anticorrosivos. Com o passar do tempo essas estruturas devem ser inspecionadas para que se faça a manutenção adequada garantindo que não voltem a apresentar patologias, no caso de surgimento, integrar medidas para solucionar.

A manutenção periódica das estruturas é extremamente importante para garantir o desempenho a que foi projetada, a falta ou a demora de medidas de reparação nessas estruturas podem trazer graves riscos, como a redução de sua vida útil e o risco a segurança. Uma estrutura em degradação pode entrar em colapso e causar acidentes, trazendo consequências aos ocupantes.

Uma obra de estrutura metálica de qualidade depende de cuidados desde a fase de concepção de projeto até a manutenção preventiva correta. A aplicação dos métodos de prevenção e a fiscalização rígida das estruturas vai assegurar que ela tenha o desempenho para que foi projetada.

Por fim, conclui-se que todos os pontos analisados devem ser aplicados como medidas de prevenção, de forma a garantir as características das estruturas metálicas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Cristiano Torres; CORREIA, Martineli Priscila; PEREIRA, Paulo Tibúrcio. **Corrosão em Estruturas Metálicas: Uma breve Discussão Acerca da Prevenção em Torres de Telecomunicações.** Belo Horizonte. Disponível em:
<<https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/211/113>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 8800: **Projeto de Estruturas de Aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** p. 237. 2008.
<Disponível em: https://engcivil20142.files.wordpress.com/2018/03/nbr8800_2008_1.pdf>

BISPO, Vagner Minoro Shiguematsu; REIS, Elton Aparecido Prado. **O entendimento do aço: Do desenvolvimento a suas patologias.** Presidente Prudente SP. Disponível em:
<<http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7825/67648499>>

CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante. **Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica** Ouro Preto MG. 1999. Disponível em:
<https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6247/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_PatologiaEdif%C3%ADciosEstrutura.pdf>

CORTEZ, Lucas Azevedo Rocha; MACIEL, Carlos Alberto Santos; SANTOS, Poliane Borges; LIMA, Rodrigo Teixeira; SANTOS, Thaynara Maria Ferreira; NASCIMENTO, Monica Melo Gomes. **Uso Das Estruturas de Aço no Brasil.** Alagoas. 2017. Disponível em:
<<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5215>>

DAL'BO, Tânia Cristina Machado; SARTORTI, Artut Lenz. **Falhas e Patologias nas Estruturas Metálicas.** São Paulo. Disponível em:
<https://www.abcem.org.br/construmetal/2012/arquivos/Cont-tecnicas/apresentacoes/31_FALHAS-E-PATOLOGIAS-NAS-ESTRUTURAS-METALICAS.pdf>

FERRAZ, Henrique. **O aço na construção civil.** São Paulo. 2005. Disponível em:
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56082035/O_ACO_NA_CONSTRUCAO_CIVIL-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1638470447&Signature=DtgSkgr3SbA42NMM6xMAb8E1oI-azp5P2EHuPJ4nP0~6VYGBMMZctE4ixV4bHN9J4uC59KrMAy4DTqy42Jc6wKpCFCKPUL~9VW-08V-zkc020cXglw-s342KgHQfpEodfNrt4YHSu1hN5oe5qPXYvqH5X1Hqi5EBuPPv8ms5~qy68Hzb0hMjfkFkr4WxU6CiVzQOjYLRJktluj2H5Z1kJwJRbKw0CUm~1-T7T87Vbu3xl2qZyqMNFx27LQJ4Vc3uhPcklrANpg-slzroU58UP616Gm-ZrFQxxgXhge5j2YKy46Aas7En79L4QXt8Ki5CEUHjA1mETFHAg3m4w6w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>

GREGORIO, Mauricio da Silva; MOREIRA, Eloan Marlon dos Reis; FARIAS, Bruno Matos; PIRES, Rachel Cristina Santos. **Patologias do Aço na construção: Falhas no processo construtivo e recomendações.** Disponível em:
<<https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/108/73>>

GUARNIER, Christiane Roberta Fernandes. **Metodologias de Detalhamento de Estruturas Metálicas**. Ouro Preto MG. 2009. Disponível em:

<file:///C:/Users/quere/Downloads/DISSERTA%C3%87%C3%82O_MetodologiasDetalhamentoEstruturas.pdf>

IMIANOWSKY, Guilherme Wanka; WALENDOWSKY, Marcos Alberto. **Os principais aços carbono utilizados na construção civil**. Santa Catarina. Disponível em:

<http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/a%C3%A7os%20carbono%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>

NARDIN, Fabiano Ângelo. **A importância da estrutura metálica na construção civil**. Itatiba. 2008. Disponível em:

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60197586/para_o_TCC_220190803-101727-1d59qib.pdf?1564875525=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDADE_SAO_FRANCISCO_A_Importancia.pdf&Expires=1623433779&Signature=MZ6au4HfPIvfhb674cHZ8D0xBa6EmDVdO39kUfPHwRXITgCQkNngu7uhdkrcHGpxIglsp9fpRFPZotHxkVeY4WTL5jUVWcArvEDK2PpFO9We4AE2z9sMHCVMAppdjUUJcXSLbsXnKdFMbQZsITVGxpRh-DDciXufhYwnyqQELY2rYC7P~G4STXhLvxRpZ4veqRjyC0L3UgS-TqvUONMpZ2Vh8EDo44~7X71phoB13fKYr6EFD6BAZj5x8XvIZhNXqADJKs4VNd~yYt98izIL8Izc-Hx4h-YBX3IT1iyv1fntKTpLsimYpLwhCXh5jKUm8C8nbJvz~MSluicEKcdaoJyg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>

NORMA PORTUGUESA., NP EN ISO 4628. **Avaliação da degradação de revestimentos**. 2005.

Disponível em:<https://pt.scribd.com/document/363870497/Norma-NP-EN-ISO-4628-pdf>

OLIVEIRA, Douglas Henrique; SOARES, Renato Alberto Brandão; SANTOS, Victor Hugo Diniz. **Comparação entre as vantagens da utilização de estrutura metálica e estrutura de concreto armado**. Goiás. 2020. Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8505/7521>

OLIVEIRA, Silva César. Influência da Modificação **Superficial por ataque químico sobre a resistência mecânica em estruturas metálicas**. Goiás. 2019. Disponível em:

<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1683/1/2019_1_SIILAS.pdf>

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. **ISSO 8501-1:Preparação de substrato de aço antes da aplicação de tintas e produtos similares – Avaliação visual de limpeza de superfície**.2007. Disponível em:

<https://abraco.org.br/src/uploads/2020/07/ISO-8501-1-FPI-2007-P-Preparacao-de-Superficie.pdf>

QUIMATIC. **Entender a diferença entre oxidação, ferrugem e corrosão garante melhor proteção aos metais**. 2017. Disponível em:

<https://www.quimatic.com.br/blog/2017/03/entender-a-diferenca-entre-oxidacao-ferrugem-e-corrosao-garante-melhor-protacao-aos-metais/>

SACCHI, Caio César; SOUZA, Alex Sander Clemente. **Manifestações Patológicas e Controle de Qualidade na Montagem e Fabricação de Estruturas Metálicas**. Goiás, 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/41214/pdf>>

SANTOS, Rodolfo Freitas Dos. **Análise Comparativa Entre Uma Edificação Com Estruturas de Aço - Carbono Com Perfis Laminados E Estruturas De Concreto Armado De Cimento Portland**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 100p.2017. Disponível em:
<<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8505/7521>>

SILVA, Rafael. **Manifestações Patológicas em Sistemas construtivos de aço - Algumas medidas preventivas**, 2012. Disponível em:
<<https://www.abcem.org.br/construmetal/2012/arquivos/Cont-tecnicas/33-Construmetal2012-manifestacoes-patologicas-em-sistemas-construtivos-de-aco.pdf>>

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da Construção Civil: Investigação Patológica em Edifício corporativo administrativo de administração pública no Vale do Taquari-RS**. 2015. Disponível em:
<<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/939/1/2015PedroAugustoBastianiZuchetti.pdf>>