https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.034

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CORROSIVAS EM ARMADURAS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Bárbara Mitraud Falcone Lara Resende[1]*, Adriano de Paula e Silva[2], Júlia Souza Dumont Porto[3], Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco[4]

*Bárbara Mitraud: barbaramitraud@hotmail.com

[1] Graduada em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

[2] Professor do Departamento de Engenharia de Materiais de Construção (DEMC), Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

[3]Pós-graduada em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

[4]Professor do Departamento de Engenharia de Materiais de Construção (DEMC), Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

RESUMO

A corrosão em armaduras é uma manifestação patológica muito recorrente nas edificações, e pode originar em diversas outras anomalias. Sua terapia deve ser cuidadosa, a fim de não ser mais agressiva à estrutura, e realizada sempre por profissionais especializados. Para garantir que estas manifestações não ocorram em curtos períodos de tempo e/ou não sejam tão danosas, é ideal que o projetista preveja medidas preventivas, além de garantir que durante a execução da construção tais prevenções sejam executadas. Além das ações humanas que podem diminuir a durabilidade e vida útil da edificação, os agentes agressivos, encontrados na atmosfera, possuem grande peso em sua deterioração, principalmente quando referido às manifestações patológicas corrosivas em armaduras. O presente artigo contempla um estudo de caso com foco nas manifestações patológicas corrosivas em armaduras de uma edificação em Belo Horizonte. Além da identificação das anomalias, foram propostas medidas corretivas e preventivas para as corrosões em armaduras além das identificadas na edificação.

Palavras-chave: concreto armado; manifestações patológicas; corrosão de armaduras; medidas corretivas; medidas preventivas.

ABSTRACT

Corrosion in reinforcement is a very recurrent pathological manifestation in buildings and can lead to several other anomalies. Its therapy must be careful, in order not to be more aggressive to the structure, and always performed by specialized professionals. To ensure that these manifestations do not occur in short periods of time and/or are not so harmful, it is ideal that the designer foresees preventive measures, in addition to ensuring that during the execution of the construction such preventions are carried out. In addition to human actions that can reduce the durability and useful life of the building, the aggressive agents found in the atmosphere have great weight in its deterioration, especially when referring to corrosive pathological manifestations in reinforcements. This article contemplates a case study focusing on corrosive pathological manifestations in reinforcements of a building in Belo Horizonte. In addition to the identification of anomalies, corrective and preventive measures were proposed for corrosion in reinforcement in addition to those identified in the building.

Keywords: reinforced concrete; pathological manifestations; armor corrosion; corrective measures; Preventive measures.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos e com o crescente avanço da tecnologia, uma das maiores demandas na construção civil é a solução de técnicas construtivas que deem maior eficiência ao trabalho, gerando principalmente uma economia de gastos ao longo de toda a vida útil da edificação, além de um menor tempo da realização da construção. Desta forma, algumas etapas necessárias à realização e manutenção das obras podem ser negligenciadas, gerando defeitos construtivos e consequentemente, impactos estruturais, sociais e até mesmo ambientais. Apesar de algumas construções estarem em condições íntegras, toda estrutura possui vida útil e devem ser feitos reparos e manutenções ao longo dos anos.

Patologia nas edificações é, portanto, o "estudo de anomalias ou problemas (possíveis doenças) do edifício" (NAZÁRIO e ZANCAN, 2011) ou de acordo com HELENE (1992) "sintomas, mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema". Isto posto, encontra-se em diversas obras e/ou edificações manifestações patológicas advindas do descuido dos profissionais responsáveis ou do próprio ambiente, que se torna cada dia mais hostil, potencializando anomalias estruturais.

Dentre as principais anomalias em estruturas de concreto armado tem-se a corrosão da armaduras de aço, presente nos principais elementos estruturais (pilares, lajes, vigas e fundações), os quais geram maiores impactos negativos na estabilidade e na longevidade das edificações. É esta ocorrência que mais causa perda de desempenho estrutural nas construções, causando maiores gastos, durante e após a realização da obra, e possíveis perdas materiais e humanas (colapso da estrutura).

Dessa forma, o presente trabalho possui como objetivo principal apresentar manifestações patológicas corrosivas em armaduras nas estruturas de concreto armado, evidenciando suas diversas causas e efeitos imediatos ou ao longo de sua vida útil. Ademais, por meio de um estudo de caso, tem como propósito propor soluções corretivas e preventivas para as anomalias relatadas.

2. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), as estruturas de concreto armado são aquelas em que sua performance estrutural depende da aderência entre o concreto e o aço (armadura). Os requisitos mínimos de qualidade são em relação a sua capacidade resistente, no que tange a resistência da estrutura contra a sua ruptura; o desempenho em serviço, garantindo condições de boa aparência e sua plena utilização; e sua durabilidade, resistindo às influências ambientais. Por ser um material não inerte, o concreto armado está sujeito a alterações ao longo de sua vida útil, devido a interações entre os elementos que o compõe e principalmente aos agentes externos, como seus usuários ou fenômenos físicos.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014, p. 13) a durabilidade das estruturas "consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto". Já a vida útil de um projeto define-se como "o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor [...], bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais" – NBR 6118 (ABNT, 2014, p. 15).

“As estruturas de concreto devem ser projetadas, construídas e utilizadas de modo que sob as condições ambientais previstas e respeitadas as condições de manutenção preventiva especificadas no projeto, conservem sua segurança, estabilidade, aptidão em serviço e aparência aceitável, durante um período pré-fixado de tempo, sem exigir medidas extras de manutenção e reparo” (HELENE, 1983). Dessa forma, fica claro que cabe aos devidos responsáveis definirem medidas de inspeção, monitoramento e manutenção, além de medidas preventivas, assegurando a vida útil da estrutura.

Como as manifestações não ocorrem de forma isolada e estão relacionadas em, no mínimo, uma das fases do processo de construção de uma edificação (projeto, execução e edificação), as anomalias podem se originar em quaisquer uma dessas, além de outros fatores, vide Tabela 1.

Tabela 1 - Origem de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado.

ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES	**%**
Projetos	60
Execução	26,4
Equipamentos	2,1
Outros	11,5

Fonte: Adaptado de Roscoe (2008) apud Barros (2019).

Nota-se que as principais causas das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado são provenientes principalmente da má elaboração do projeto estrutural e da execução da obra. Porém, apesar destes, ainda existem outras causas e estas devem ser analisadas precisamente, a fim de se determinar a tratativa mais adequada para a anomalia encontrada, haja vista que uma ocorrência pode causar muitas outras, como é o caso da corrosão em armaduras, podendo causar fissuras, desplacamento do concreto e possíveis infiltrações.

Na Figura 1, por exemplo, a manifestação patológica pode ter sido causada por falha no lançamento e adensamento do concreto (má execução), traço incorreto do concreto (material de baixa qualidade) ou por alguma má definição do projeto (falha no projeto).

Figura 1 - Corrosão das armaduras em decorrência da carbonatação.



Fonte: Acervo da autora, 2022.

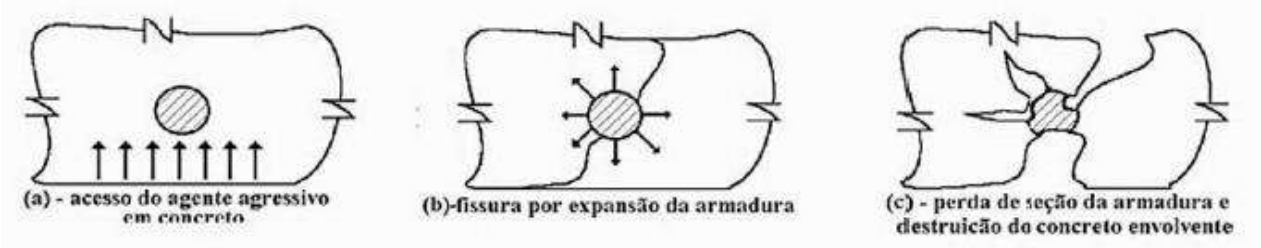
2.1 Corrosão de Armaduras

O concreto é naturalmente um meio alcalino. Esta alcalinidade auxilia na proteção da armadura em seu interior, formando uma camada passivadora que impede a sua corrosão. A corrosão das armaduras é a ocorrência mais agressiva para a saúde da edificação, ocorrendo geralmente pela formação de cloreto no concreto ou devido a diminuição do pH do concreto, deixando a armadura desprotegida pelo rompimento da camada passivadora. Segundo o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnologias), é a anomalia mais frequente em edificações expostas a ambientes agressivos, principalmente aquelas presentes próximas a regiões marítimas.

"A corrosão das armaduras é um processo que avança de sua periferia para o seu interior, havendo troca de seção de aço resistente por ferrugem" (SOUZA e RIPPER, 2007). Logo, a diminuição da capacidade resistente da armadura e, a consequente diminuição da área de sua seção, é um dos primeiros aspectos patológicos da corrosão. Como representado na Figura 2, a corrosão pode causar outros mecanismos de degradação da estrutura, como:

- perda de aderência entre aço e o concreto, com alteração da resistência da peça estrutural frente às solicitações as quais está submetida;
- desagregação da camada de concreto envolvente da armadura;
- fissuração, também devido a desagregação do concreto.

Figura 2 - Fases da instalação do processo de corrosão em uma barra de armadura.

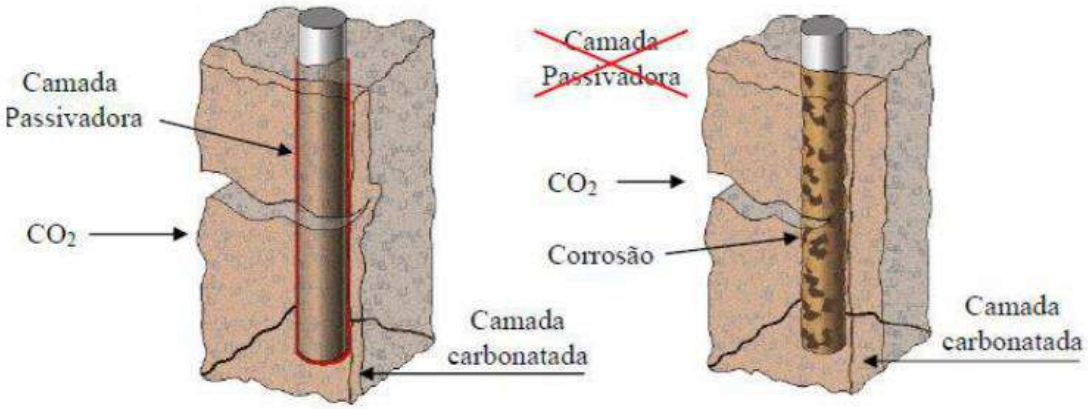


Fonte: Souza e Ripper, 2007.

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene, 2019 em uma edificação de concreto armado, pensando tanto na armação quanto no concreto, os principais agentes agressivos à armadura, o gás carbônico (CO_2) e o cloreto (Cl^-), não são agressivos ao concreto. Porém a premissa contrária não é verdadeira, logo, os agentes agressivos ao concreto, como os ácidos e os sulfatos, atuam de forma dupla, atacando primeiramente o concreto e secundariamente a armadura (HELENE, 1997). Convém lembrar que conforme Sena, Nascimento e Nabut Neto, o processo de corrosão de armaduras avança da superfície do concreto até o interior da peça estrutural onde se encontra a armadura.

Dentre as principais causas da corrosão em armaduras nas estruturas de concreto armado relativas aos projetos e a má execução da obra (60% e 26,4%, respectivamente – Tabela 1), tem-se: falha na concretagem (lançamento, adensamento e cura do concreto), cobrimento da armadura, destacamento do concreto ou demais anomalias, carbonatação e alto teor de cloreto. Maiores detalhes podem ser encontrados em HELENE, 1992.

Figura 3 - Processo de carbonatação no concreto.



Fonte: TULA apud BARZAN (2000).

3. METODOLOGIA

A metodologia neste trabalho foi um Estudo de Caso apoiado em revisão bibliográfica, a fim de buscar subsídios teóricos. A análise da obra tem como objetivo exemplificar principalmente as manifestações patológicas corrosivas em armaduras, apresentando suas causas, procedimentos preventivos e de recuperação.

4. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso foi escolhida uma edificação residencial, que já passou por diversas etapas de manutenção e deterioração. Através de ensaios realizados pela empresa contratada para o Laudo Técnico em agosto de 2021, foi possível constatar algumas das manifestações patológicas mais comuns, sendo a corrosão em armaduras a mais presente delas. O estudo em análise foi realizado em um condomínio localizado no Bairro Santa Inês, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Todas os dados de análise e imagens presentes neste documento foram fornecidos pela empresa contratada, esta com seu nome e direitos preservados.

4.1 Manifestações Patológicas Corrosivas em Armaduras

No pavimento da garagem foi possível identificar algumas patologias “a olho nu”, como as presentes nos pilares presentes na Figura 4. Mas para uma análise das manifestações patológicas mais eficaz, foi necessária a realização de ensaios laboratoriais.

Como não havia projeto ou memória de cálculo estrutural da edificação em questão, a fim de se identificar as propriedades e o desempenho do concreto, e se estas atendem às características do meio onde o prédio se localiza, foi realizado, primeiramente, um **estudo laboratorial do concreto** e em sequência um **estudo laboratorial do aço**.

Em relação ao concreto, através dos resultados obtidos, as manifestações patológicas corrosivas nas armaduras – e sua consequente exposição –, não ocorreram pela má qualidade do material e do projeto, haja vista que o adensamento do concreto foi realizado corretamente; não foram identificadas manifestações patológicas como o desplacamento do concreto, que poderiam expor e

causar damos às armaduras, e o projeto foi realizado com os parâmetros mínimos a serem adotados, de acordo com a ABNT NBR 6118.

Figura 4 - Manifestações patológicas presentes nos pilares do pavimento garagem.



Fonte: Laudo Técnico, Empresa de Engenharia – nome preservado (2021).

Já em relação ao aço, através da análise dos pilares e lajes, concluiu-se que, em sua maioria, estes atenderam a norma em relação aos cobrimentos e espaçamentos mínimos. O ambiente agressivo (devido aos gases emitidos pelo escapamento dos carros em decorrência da queima do combustível) e o não atendimento da norma em alguns elementos estruturais em relação ao cobrimentos mínimo (dada a época da construção) , fez com que a despassivação e a consequente corrosão da armadura ocorressem mais fácil e mais rapidamente, já que estas estão mais próximas ao contato com o ambiente.

Com o cobrimento insuficiente da armadura, esta fica exposta e pode comprometer a durabilidade e o desempenho da estrutura, causando a corrosão nas armaduras e consequente desplacamento do concreto (por ser um processo expansivo).

4.2 Medidas Corretivas

De acordo com PIANCASTELLI (1997), “são chamados de reparos as intervenções que visam corrigir pequenos danos ocorridos em elementos estruturais”. Sendo os *pequenos danos*, aqueles que não comprometem o desempenho estrutural do elemento. Já recuperações são “intervenções que visam desenvolver o desempenho original da estrutura”.

“As inspeções técnicas e a estratégia de manutenção visam definir como e a que razão uma determinada estrutura está a degradar-se, de forma a estabelecer a necessidade dos eventuais reparos, e quando estes devem suplantar o desempenho inicialmente esperado para a estrutura, e, por fim, para que se mantenha ou até se estenda a vida útil da mesma” (Souza e Ripper, 2007). Caso seja optado pela realização do reparo, para que este se inicie, e garanta um consequente bom

desempenho, é imprescindível que haja o tratamento das superfícies de concreto e aço. Duas ações básicas deste tratamento envolvem:

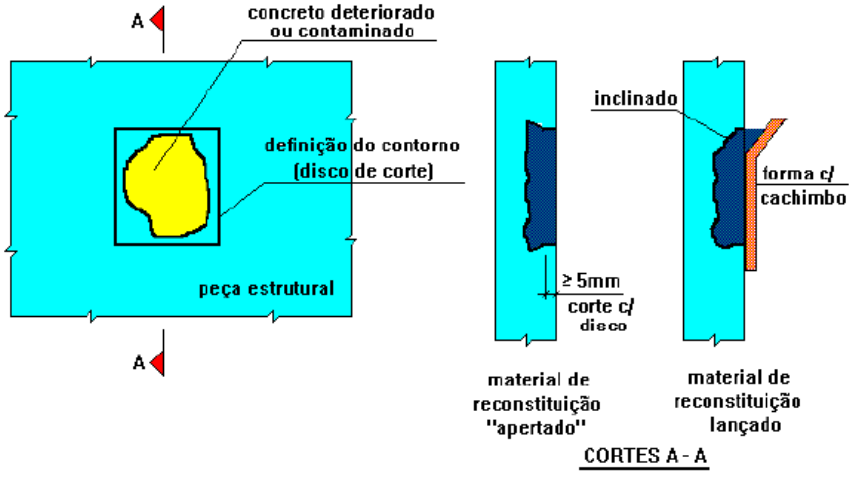
- retirar todo o material deteriorado ou contaminado (vide Figura 5);
- propiciar as melhores condições de aderência entre a superfície do concreto e/ou do aço e o material utilizado para o reparo/recuperação.

Para executar um reparo é importante saber sua extensão e profundidade, além da enfermidade, da causa ou sintoma, do elemento estrutural e por fim, sua localização. Vide abaixo alguns destes:

- *Localizados Superficiais:* aqueles que não ultrapassam a espessura da camada de cobrimento das armaduras;
- *Localizados Profundos:* aqueles que ultrapassam a camada de cobrimento das armaduras;
- *Superficiais de Grandes Áreas:* aqueles que atingem grandes áreas do concreto de cobrimento das armaduras;
- *Devidos a Corrosão de Armaduras:* aqueles que atingem as armaduras, etc.

No caso de um reparo devido a corrosão em armaduras, "para que seja possível executar, com eficiência, reparos que visem interromper o processo de corrosão das armaduras, é importante analisar como funciona o sistema de proteção do aço dentro da massa de concreto. Para tanto, é necessário verificar as relações existentes entre o pH do concreto e o potencial de corrosão (potencial eletroquímico) do aço" (PIANCASTELLI, 1997).

Figura 5 - Retirada do concreto deteriorado ou contaminado. Geometria do contorno e das faces das aberturas.



Fonte: Patologia e Terapia das Estruturas Intervenção de Reparo (Restaurações) – 1997.

A intervenção da corrosão por despassivação da armadura é menos invasiva do que outros tipos de reparo. Portanto, para o estudo de caso analisado, esta será a melhor opção, de modo a causar menos danos na estrutura. A despassivação da armadura ocorre em função da diminuição do pH do concreto.

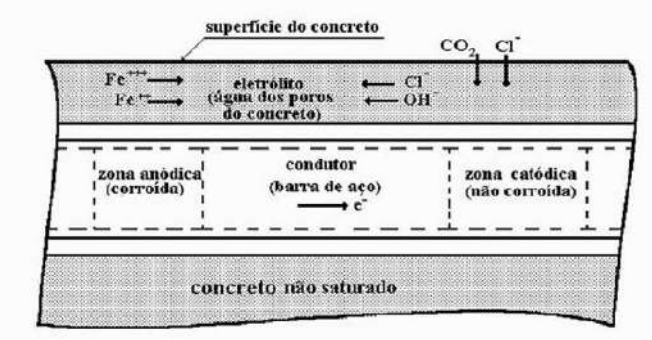
Após o tratamento do substrato e marcação das áreas a serem recuperadas, deve-se realizar as seguintes etapas:

- aplicar, sobre as barrar, polímeros inibidores de corrosão – impermeabilizante e anticorrosivo (Sika Top 108, por exemplo);

- realizar o reparo conforme sua profundidade e a extensão da área afetada (para mais detalhes consultar PIANCASTELLI, 1997;
    - *a fim de evitar o início ou a continuidade* da corrosão, deve-se realizar o tratamento desta através do uso de inibidores, aplicados por impregnação do concreto, repassivando as armaduras;
    - caso o tratamento seja apenas para *impedir o avanço da carbonatação*, a aplicação de tinta ou verniz, por exemplo, pode ser adotada, de modo a impermeabilizar o elemento;
- realizar acabamento com argamassa, eliminando todos os espaços vazios e preenchendo a cavidade do reparo, mantendo a superfície nivelada com a estrutura;
- promover a cura.

Além dessa tratativa corretiva, há também uma intervenção tão eficiente quanto, que é a proteção catódica, que visa interromper o processo corrosivo, introduzindo corrente elétrica no circuito formado por todas as barras na superfície do concreto (vide Figura 6).

Figura 6 - Célula de corrosão no meio de concreto armado.



Fonte: Souza e Ripper, 2007.

4.3 Medidas Preventivas Convencionais

Mais importante do que tratar-se as manifestações patológicas, é prevenir-se para que a anomalia não afete a vida útil da estrutura. Isso se dá principalmente durante a realização do projeto, a execução da obra e a consequente qualidade dos materiais. O método mais econômico e eficaz para proteger a armadura e evitar que oxidação ocorra, é "projetar e executar uma dosagem de concreto associada a um cobrimento da armadura adequados à agressividade ambiental à qual a estrutura estará exposta" (MEIRA, 2017). Ademais, o estudo do traço do concreto, seu lançamento, adensamento e a sua correta cura durante a execução de uma obra é imprescindível para evitar não apenas manifestações patológicas corrosivas, mas também o destacamento do concreto, fissuras, dentre outras.

4.3.1 Métodos de aplicação sobre o concreto

Há os *tratamentos superficiais*, que possuem como objetivo dificultar a entrada de agentes agressivos no interior do elemento estrutural. Neste tipo de tratamento o mais comum é utilização de pinturas e selantes, hidrofugantes e bloqueadores de poros. A pintura e os selantes são usados para reduzir ou bloquear o transporte de CO_2 e íons cloreto, formando uma camada impermeabilizante. Os hidrofugantes possuem objetivo de reduzir a absorção capilar e reduzir a

entrada de agentes dissolvidos na água. Já os bloqueadores de poros possuem o objetivo de bloquear os poros superficiais, reagindo quimicamente com compostos hidratados.

E há também os *inibidores de corrosão,* que possuem a propriedade de reduzir a corrosão sem alterar a concentração do agente agressivo. Estes podem ser adicionados à mistura de concreto fresco, prevenindo a corrosão (em ambientes de alta agressividade ambiental) ou, após a cura, na superfície do concreto já endurecido, também como medida preventiva, caso não haja corrosão ou também como medida corretiva. Em relação a sua classificação, podem ser definidos de acordo com a sua atuação: inibidores de adsorção, que atuam nas reações anódicas, catódicas ou ambas; inibidores de formação de película, que atuam bloqueando a superfície da armadura; e inibidores de passivação, que atuam favorecendo as reações de passivação da armadura.

4.3.2 Métodos de aplicação sobre a armadura

Há os *tratamentos superficiais*, como a pintura epóxi e a galvanização das armaduras como os mais comuns. A pintura epóxi é uma técnica que consistente na pintura de toda a armadura, uniformemente e com espessura adequada, garantindo a aderência entre o concreto e a armadura de forma eficaz, e ser flexível, a fim de permitir as dobras da armadura. Esse método é indicado principalmente para prevenir a corrosão em concreto submetido à carbonatação ou contaminação por íons cloreto. Já a galvanização da armadura consiste num processo de revestimento de zinco no aço, de modo a preservar as qualidades de proteção contra a corrosão. Uma vantagem desse método é que, mesmo que posteriormente ocorra a corrosão, a camada de zinco irá corroer a taxas menores do que o usual, garantindo uma vida útil mais longa para esta armadura, em relação a convencional.

Há também as *armaduras especiais,* como as de aço inoxidável, de fibra de vidro, carbono etc. Estas garantem maior vida útil a estrutura; não estão sujeitas à corrosão (as não metálicas) devido à ação dos íons cloreto ou devido à carbonatação; possuem maior resistência mecânica etc.

E por fim, também como uma medida corretiva, há a *proteção catódica,* evitando que o processo corrosivo ocorra. Essa técnica pode ser executada de duas maneiras: tanto por ânodos de sacrificio, quanto por correte impressa.

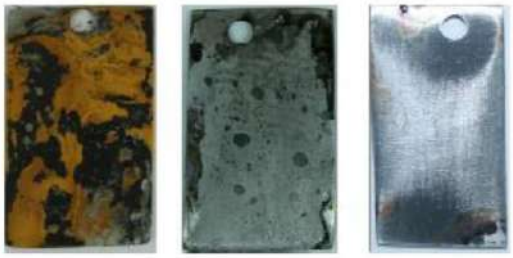
4.4 Medidas Preventivas Sustentáveis

Devido à falta de acessibilidade ainda não é tão usual métodos alternativos que visam a sustentabilidade no método corretivo de tratamento das corrosões em armaduras nas estruturas de concreto armado. Apesar disso, os constantes estudos e buscas por medidas menos agressivas ao meio ambiente são um avanço e projeta-se para o futuro utilizar-se de materiais cada vez mais ecológicos na construção civil.

Neste contexto, medidas como a utilização do limoneno extraída a partir da casca de laranja (*Citrus sinensis L.*) ou do chá branco como inibidores de corrosão vem sendo estudas e podem se aplicar em casos como o apresentado no estudo de caso. Ambas as medidas são de origem natural, o que alinha com uma política sustentável, além de possuírem baixo custo quando atrelados ao fator abundante e renovável.

No caso do método utilizando o limoneno como inibidor, temos os registros da sua ação na Figura 7, onde não há adição de limoneno (A), foram adicionados 5,0 mmol L^{-1} do composto (B) e 10,0 mmol L^{-1} (C), evidenciando sua eficácia.

Figura 7 – Registro comparativo da utilização do limoneno como inibidor.



Fonte: Grosser, 2015.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Irregularidades em diversas etapas de um projeto e ou de uma construção podem ocasionar no aparecimento de manifestações patológicas, sejam elas corrosivas em armaduras ou fissuras, por exemplo.

A partir do estudo de caso foi possível notar anomalias comuns de se ocorrerem principalmente devido a má execução do projeto e da obra, o que intensifica a importância de que ambos sejam realizados de forma efetiva, a fim de se evitar que danos ocorram e afetem a vida útil da estrutura, diminuindo-a. Ademais, é fundamental que inspeções prediais ocorram com frequência, para realização de reparos, visando prevenir maiores danos a estrutura da edificação. Estas devem ocorrer sempre com um profissional técnico especializado, a fim de garantir que a manutenção seja eficaz e não impacte negativamente na estrutura. Porém, nota-se que mais relevante do que os reparos, são as ações preventivas, principalmente durante a execução da obra, tornam menos necessários os tão requeridos reparos e podem garantir uma maior durabilidade a edificação.

As manifestações patológicas corrosivas em estruturas de concreto são muito frequentes e podem ser ocasionadas por diversos fatores, podendo causar diversas outras anomalias na estrutura, deixando-a cada vez mais vulnerável, diminuindo sua vida útil e sendo agente para impactos econômicos, causando custos para os residentes responsáveis por sanar tais danos.

Dessa forma, a fim de garantir a durabilidade e desempenho adequados da edificação, é importante investir em medidas preventivas, treinamentos e profissionais qualificados, desde a fase de projeto, passando pela fase de execução e finalizando nas manutenções periódicas. Assim, é possível ganhar tempo, minimizar o trabalho e os custos com recuperações e reparos.

Como no Brasil ainda não é levado tão à serio medidas preventivas e corretivas que visem o menor impacto ao meio ambiente em situações como a apresentada neste artigo, estas ainda são medidas de alto custo devido a sua falta de acessibilidade. Embora exista um longo caminho a ser percorrido para a sua utilização, deve-se pensar cada dia mais em sua adoção.

Em um cenário ideal, teríamos não apenas a minimização de tempo de trabalho, mas custos com recuperações, reparos e principalmente impacto de curto a longo prazo do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7480:2007: *Aço Destinado a Armaduras para Estruturas de Concreto Armado*. Rio de Janeiro, 2007.

NBR 16747:2020: *Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento*. Rio de Janeiro, 2020.

NBR 6118:2014: *Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2014.

BOLINA, F. B.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P.R.L.; *Patologia de Estruturas*. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2019

FERNANDES, F. G. F.; BARROS, G. C.; SILVA, N. C.; *Revisão sistemática: estudo da ação anticorrosiva do limoneno extraído a partir da casca da laranja (Citrus sinensis L.) em aço carbono para obtenção de um inibidor de corrosão*. Centro Paula Souza. São Paulo, 2021.

FIGUEIREDO, E.J.P.; O'REILLY, V. *Orientación para el diagnóstico. Capítulo 2. In: Manual de Rahabilitación de Estructuras de Hormigón: reaparación, refuerzo y protección*. CYTED – XV-F. cap. 2, p. 81, 2003.

HELENE, P. R. L. *Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concret*o. Ambiente Construído, v. 1, n. 2, p 45-57. São Paulo, 1997.

HELENE, P. R. L. *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. São Paulo: Editora Pini, 1992.

MEIRA, G. R. *Corrosão de armaduras em estruturas de concreto. Fundamentos, diagnóstico e prevenção*. João Pessoa: Editora IFPB, 2017.

OLIVEIRA, T.M. O.; CARDOSO, S. P.; *Avaliação do chá branco como potencial inibidor de corrosão.* Revista Matéria, v.24, n.1, 2019.

PIANCASTELLI, E.M. *Patologia e Terapia das Estruturas – Intervenções de Reparo (Restaurações)*. Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG. Minas Gerais, 1997.

SENA, G. O.; NASCIMENTO, L. M. N.; NABUT NETO, A. C.; *Patologia das Construções*. Editora 2B Educação. Salvador, 2020.

SOUZA, M. F. *Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações*. Monografia (Especialização em construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas gerais, 2008, 64f. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2021.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. São

Paulo: Editora Pini, 2007.