

ANÁLISE SOBRE OXIDAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

ANALYSIS ON OXIDATION IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

James Camilo da Silva¹, José Carlos Guerra Junior², Gustavo Barbosa Tavares³, Cristina Silveira Melo⁴

Resumo: Este trabalho objetiva a abordagem de problema frequentemente enfrentado pelo engenheiro civil. As manifestações patológicas, a oxidação das armaduras em estruturas de concreto armado. O termo patologia é empregado na engenharia civil, quando a uma queda de desempenho de um produto ou componente de uma estrutura. Será analisada a origem envolvida no processo de corrosão, os mecanismos deste fenômeno, sugerindo algumas medidas preventivas, reparação contra tais processos deteriorantes. No estudo de caso será analisado e executado a restauração de uma caixa d'água do tipo torre, a estrutura da mesma foi construída em concreto armado e apresenta deterioração causada pelo tempo de vida útil, localizada em uma indústria de Guarulhos, será executado a sua recuperação do aço exposto, recobrimento de paredes e impermeabilização. A realização do estudo de caso é uma tentativa de ampliar os registros existentes e, desta forma, ampliar o conhecimento e o desenvolvimento a respeito da oxidação em estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Concreto armado. Estruturas. Corrosão. Recuperação.

Abstract: *This paper aims to address a problem often faced by civil engineers. The pathological manifestations, the oxidation of reinforcement in reinforced concrete structures. The term pathology is used in civil engineering when there is a drop in the performance of a product or component of a structure. It will analyze the origin involved in the corrosion process, the mechanisms of this phenomenon, suggesting some preventive measures, repairing*

against such deteriorating processes. The case study will analyze and execute the restoration of a tower-type water tank, the structure of which was built in reinforced concrete and presents deterioration caused by the service life, located in an industry Guarulhos, will be executed its recovery of the exposed steel, covering walls and waterproofing, The realization of the case study is an attempt to expand existing records and thus expand the knowledge and development regarding the oxidation in reinforced concrete structures.

Keywords: Reinforced concrete. Structures. Corrosion. Recovery.

I. INTRODUÇÃO

Concreto armado é o material estrutural mais utilizado no mundo. Seu consumo anual é da ordem de uma tonelada por habitante. Entre eles, os mais utilizados pelo homem, o concreto perde apenas para a água. (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2004).

Por se tratar de processos construtivos bem conhecidos e bem difundidos em quase todo o país, tem como benefício, a facilidade e rapidez de execução, principalmente se forem utilizadas peças pré-moldadas. Quando instalado ou alocado, apresenta-se em estruturas de forma revestida ou aparente. Mesmo sendo um material sólido, robusto, sofre ações malélicas ao longo dos anos, ocasionando assim a degradação, tem crescido nos últimos anos a ocorrência de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, devido ao envelhecimento

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário ENIAC. e-mail: jamescds9249@gmail.com

²Professor Mestre em Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário ENIAC. e-mail: jose.guerra@eniac.edu.br

³Professor Especialista em Engenharia Civil no Centro Universitário ENIAC. e-mail: gustavo.barbosa@eniac.edu.br

⁴Professora Mestre em Arquitetura e Urbanismo e Pesquisadora do NUPA no Centro Universitário ENIAC. e-mail: cristina.melo@eniac.edu.br

precoce das construções (HELENE, 2001). Segundo Neeville (1997), o concreto é considerado durável quando desempenha as funções que lhe foram atribuídas, mantendo a resistência e a utilidade esperada, durante um período previsto.

Aborda ainda que, a durabilidade do concreto não implica em uma vida indefinida. Seguindo esta linha de raciocínio, Metha e Monteiro (1994), relataram, que nenhum material essencialmente durável, justificando que, com as interações com o meio ambiente, as propriedades e as microestruturas dos materiais modificam ao longo do tempo.

A pasta de cimento hidratada contém vários tipos de vazios que têm significativa influência em suas propriedades. O volume total dos vazios capilares é conhecido como porosidade. De acordo com Siebeert (ANO), o tamanho dos poros na pasta de cimento varia dentro de diversas ordens de grandeza e eles podem ser classificados em poros de ar aprisionado (decorrentes dos processos de adensamento do concreto), poros de ar incorporado (obtidos quando do emprego de aditivos incorporadores de ar), poros capilares (oriundos da saída de água livre do concreto) e poros de gel (devidos à água de gel), tendo os três primeiros tipos maior relevância na durabilidade.

A corrosão e a deterioração observada no concreto podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos, biológicos ou químicos. A corrosão de armaduras em concreto, como lembra Cascudo (1997, p.39), é um caso específico de corrosão eletroquímica em meio aquoso, em que o eletrólito (concreto) apresenta características de resistividade elétrica consideravelmente mais altas do que as dos eletrólitos típicos, meio aquoso comum, não confinado em uma rede de poros, como é o caso do concreto.

A qualidade das estruturas possui relação direta com a durabilidade da mesma, e para garanti-la deve-se tomar medidas apropriadas desde a fase de concepção do projeto. Devido a estes fatos, surgiu a necessidade, tanto por parte dos profissionais que projetam e executam as edificações, quanto dos usuários, de se obter intervenções nas edificações a fim de executar manutenção preventiva e, em alguns casos, reparar eventuais manifestações patológicas já

surgidas em função da referida degradação do concreto. Os principais agentes agressivos à armadura - Gás Carbônico (CO_2) e Cloreto (Cl^-) - não atacam diretamente ao concreto. Em contrapartida, os agentes agressivos ao concreto, como os ácidos, os sulfatos e as reações álcali-agregadas, atuam de forma duplamente agressiva, atacando a armadura em segundo plano (HELENE, 2001). No presente trabalho, será realizado o estudo de caso baseado em uma restauração executada na caixa d'água do tipo torre de 38 m na Indústria ALLIS em Guarulhos, a mesma apresenta partes de sua estrutura metálica exposta devido a oxidação da sua armadura durante 33 anos desde sua concepção, dentre as análises foi constatado que os pontos de corrosão afetaram sua parte externa gerando deslaque de sua cobertura e perda da sua impermeabilização interna.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Foi realizado ainda uma revisão da literatura, através de pesquisa bibliográfica, referente a algumas patologias que ocorrem nas estruturas de concreto as quais serão objeto deste artigo, a fim de criar uma base teórica para melhor conhecimento sobre o assunto e desenvolvimento do trabalho.

Portanto, abordaremos as principais definições que envolvem a corrosão das armaduras de aço, desde sua iniciação, propagação até a deterioração da estrutura, mostrando as formas de ocorrência, métodos de prevenção e recuperação, com o objetivo de se ter uma estrutura segura e durável.

Souza e Ripper (1998) enfatizam que a busca de soluções e o estabelecimento dos métodos a serem adotados para recuperar ou reforçar uma estrutura de concreto só serão bem-sucedidos, se forem cuidadosamente analisadas e estudadas, em conjunto, com as condições físicas, químicas, ambientais e mecânicas às quais a estrutura está submetida, com as causas da sua deterioração (que podem ser múltiplas) e com os seus efeitos (sintomas patológicos).

A corrosão e a oxidação nas armaduras do concreto vêm sendo muito divulgado em diversas literaturas (CASCUDO, 1997; HELENE, 1986;

SILVA, 1963), tanto em livros gerais e específicos de corrosão como em revistas, o assunto aqui será tratado de forma sucinta, apenas para contextualizar o fenômeno da corrosão dentro do universo aqui abordado.

Helene (1993) considera que a duração da fase no período de sua iniciação deve corresponder à estimativa da vida útil de projeto da estrutura no que diz respeito a sua corrosão.

Enquanto o período “propagação” pode se dizer que é o período em que ocorre a intensificação do processo de corrosão principalmente pela presença no meio de oxigênio, umidade relativa no ar e temperatura.

Helene (1993) já considera duas situações neste período:

O período que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o deslocamento do concreto de cobrimento. Pode-se dizer que este período corresponde à chamada vida útil de serviço ou de utilização.

Enquanto o período que vai até a ruptura e colapso parcial ou total da estrutura. Pode se dizer que este período corresponde ao período em que vem ocorrer a redução de secção e resistência da armadura ou ainda a perda da aderência da armadura/concreto, também conhecida de vida útil total.

Cánovas (1998) afirma que a corrosão pode ser considerada sob dois aspectos em função de sua natureza, o químico e o eletroquímico. Podendo dizer que a primeira é também conhecida por corrosão seca, ou oxidação direta, que se dá por uma reação gás metal, com formação de uma película de óxido uniforme em toda a superfície metálica. É um processo lento e não provoca deterioração substancial das superfícies metálicas. Enquanto a corrosão eletroquímica ou aquosa, é a que efetivamente traz problemas às obras de construção civil.

Segundo Neville apud Mattos (2002), o processo de corrosão eletroquímica basicamente se resume em: existindo uma diferença de potencial entre dois pontos

da armadura de aço no concreto, onde gera-se uma célula eletroquímica.

Desta forma temos uma região anódica e uma região catódica, ligadas pelo eletrólito na forma de água (H_2O), nos poros da pasta do cimento endurecida.

Os íons de ferro, Fe^{++} , com cargas elétricas positivas no anodo, passam para a solução (concreto), enquanto os elétrons livres, e, com carga elétrica negativa, passam pelo aço para o catodo.

No catodo, os elétrons são combinados com a água e o oxigênio e formam o íon de hidroxila (OH^-). Estes íons migram para o ânodo, através do eletrólito, onde vão combinar com os íons ferrosos, formando hidróxido ferroso, que por outra oxidação vai se transformar em hidróxido férrico (ferrugem).

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de conhecer a patologia e responder à problemática do presente artigo, foram utilizados como métodos para coleta de dados: a pesquisa bibliográfica e documental sobre o tema, utilizando como fontes livros, artigos científicos, as normas ABNT NBR 6118/2014; ABNT NBR 13572/1996; ABNT NBR 15575/2013, ABNT NBR 12217/1994, ABNT NBR 9574/2008, ABNT NBR 9575/2010 além de publicações em geral referentes ao tema exposto.

Para elaboração do presente trabalho e resolução do estudo de caso proposto, foram realizadas as seguintes etapas:

- Coleta de dados na literatura nacional, em livros, revistas técnicas, artigos, pesquisas bibliográficas, consultas, definições segundo alguns autores;
- Coleta dos dados na empresa Allis Indústria de Saneantes;
- Vistoria técnica in loco para análise da estrutura;
- Identificação de possíveis causas e proposta de soluções
- Acompanhamento de correções na estrutura e restauração

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Empresa Allis Indústria de Saneantes adquiriu o imóvel em 2018 onde hoje está localizada a indústria na avenida Hugo Fumagali, 298, conforme localização Figura 1.

Figura 1 - Localização: Allis Indústria de Saneantes



Fonte: Autor, 2022.

O imóvel data conforme seu IPTU a sua implantação em 1989, diante de seus 33 anos de idade a edificação apresenta necessidade de correções e manutenções para aumentar a vida útil da edificação NBR 15575 (ABNT, 2013), entre as necessidades da destaca se o seu reservatório que apresenta patologias ocasionadas pela corrosão, intempéries e falta de manutenções periódicas.

Caixa D'água do tipo torre, construída em concreto armado moldada in loco, 38 metros de altura, ela possui diâmetro de 2,80m capacidade volumétrica 120m³.

Figura 2 - Reservatório tipo torre



Fonte: Autor, 2020

Figura 3 - Oxidação e deslocamento da caixa d'água de concreto



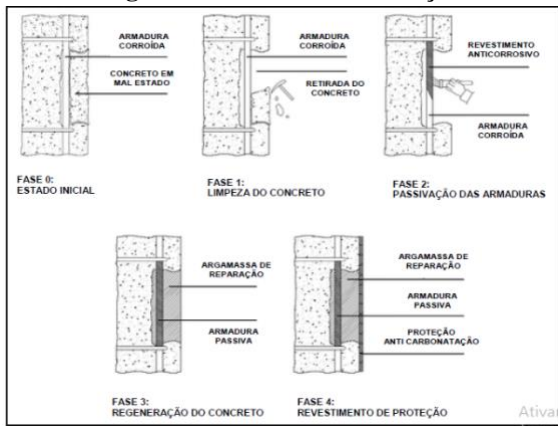
Fonte: Autor, 2022.

Os principais fatores que provocam a corrosão das armaduras são por ação da água, pela ação de cloretos e pela carbonatação (Figura 3). As ações corrosivas pela presença de água ou umidade são as mais comuns. Este tipo de corrosão produz a formação de ferrugem, pelo processo eletroquímico, que só ocorre pela existência de um eletrólito, diferença de potencial e pela presença de oxigênio (STACECHEN; CORMIN, 2017).

Quando o processo corrosivo já está em andamento, devido a ação dialética dos agentes externos, primeiramente deve-se retirar todos os vestígios de oxidação, fazendo assim a limpeza da armadura, pelo método de jato de areia ou por escovação manual (MARCELLI, 2007).

Para devida recuperação será tratada as partes oxidadas com produtos inibidores de óxido, jateamento com água em alta pressão, recobrimento de partes destacadas com argamassa polimérica e impermeabilização interna e externa (PELLICER et al., 2016).

Figura 4 - Processo restauração



Fonte: Adaptado de Pellicer et al. (2016).

Figura 5 - Lavagem com alta pressão



Fonte: Autor, 2020.

Figura 6 - Deslocamento de partes soltas



Fonte: Autor, 2020.

Lavagem é a aplicação mais usual, são direcionados jatos de água fria potável, ausente de matéria orgânica. Se a superfície estiver muito gordurosa ou com manchas químicas, o ideal é que o jato seja de água quente com removedores biodegradáveis (SILVA, 2006), conforme apresentado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Lixamento com escova de aço



Fonte: Autor, 2020.

Utilizada em pequenas superfícies com uma escova com cerdas de aço com auxílio de uma lixa de ferro em algumas aplicações e logo após deve-se usar o jateamento com ar comprimido (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 8 - Cobertura com argamassa polimérica



Fonte: Autor, 2020.

Figura 9 - Aplicação de Argamassa Polimérica.



Fonte: Autor, 2020.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado devido à corrosão das armaduras.

Foram descritas as etapas de operações que a empresa adotou para solução das patologias identificadas na caixa d'água da empresa referente. Conclui-se que ao verificar uma estrutura que apresenta a solicitação visível de reparo, é necessária uma intervenção de qualidade e de forma correta e não a execução de uma “maquiagem” ou tratamento superficial que melhora apenas a parte estética.

Destaca-se também o tempo decorrido entre o início de processo de degradação da estrutura e a efetiva intervenção corretiva na mesma. Através deste estudo constata-se que quanto maior for o tempo de espera para intervenção mais complexo será o procedimento de recuperação considerando que as patologias se prolongam em ambientes ainda não afetados e elevam o custo para reparo e proteção da estrutura.

A vida útil das estruturas refere-se ao período na qual elas mantêm as características iniciais sem exigir medidas de manutenção e reparo. Pode-se afirmar que os danos ocorridos poderiam ter sido evitados mediante a existência de um efetivo controle de

qualidade durante o processo construtivo, acompanhado de um programa de manutenção preventiva. Feito as devidas intervenções de manutenção preventiva pode se estimar um maior período de vida útil residual que é o período em que a estrutura ainda consegue exercer sua função.

Porém em muitas edificações problemas estruturais costumam aparecer bem antes de seus 50 anos de vida. Segundo NBR 15575 (ABNT, 2013) esse é o prazo mínimo de vida útil do projeto.

VI. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15575. Norma de desempenho em edificações - Procedimento, 2013.

ABNT. NBR 14931. Execução de estruturas de concreto - Procedimento, 2004.

ABNT. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014.

ESTACECHEN, T. A. C.; CORMIN, K. W. Causas e alternativas de reparo da corrosão em armaduras para concreto armado. *CONSTRUINDO*, v. 9, n. 3, p. 36-47, 2017. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4550>>. Acesso em: <24 abr 2020>.

HELENE, P.R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: PINI, 1986.

MARCELLI, M. Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras - São Paulo: Pini, 2007.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. Introdução. In: PINHEIRO, L. M. Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. Cap. 1.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.