



Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN

João NASCIMENTO¹, Sérgio MATOS JR.², José MOURA JR.³, Eduardo SILVA⁴, Lorena COSTA⁵, Eliana MONTEIRO.⁶

¹ Universidade de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, jlsilva1993@gmail.com

² Universidade de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, sergiouchoamatos@hotmail.com

³ Universidade de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, jmmj@poli.br

⁴ Universidade de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, ejs2@poli.br

⁵ Universidade de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, lvbc@poli.br

⁶ Universidade de Pernambuco e UNICAP, Pernambuco, Brasil, eliana@poli.br

Resumo: Na construção civil, o concreto armado é um dos materiais mais utilizados nas estruturas, devido a sua facilidade de moldagem e obtenção da matéria prima. Ainda assim, a durabilidade das estruturas de concreto armado está diretamente relacionada às inspeções periódicas, que avaliam as necessidades de ações corretivas e consequentemente estende sua vida útil. No entanto, sem a manutenção do mesmo, é comum o aparecimento de manifestações patológicas como a corrosão das armaduras contida no concreto, ocasionando problemas pontuais ou generalistas, no qual, dependerá do tipo da corrosão. E sendo ela eletroquímica ou química, devido a sua natureza, ditará a gravidade do problema na estrutura. A ação dos íons cloretos e o gás carbono são exemplos de agentes externos, onde em um ambiente aquoso podem agir contra as estruturas de concreto armado, atingindo as armaduras. A fim de entender o processo de corrosão, identificando as possíveis soluções, foram realizadas visitas e inspeções visuais no setor III da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) no acesso às salas de aula do bloco A ao F. Através de uma revisão bibliográfica e registros fotográficos, pode-se constatar as patologias presentes decorrentes da falta de manutenção nas estruturas. Então, conclui-se que a durabilidade das estruturas de concreto armado está ligada desde à qualidade do projeto estrutural até sua manutenção, que é uma ação corretiva e preventiva periódica no elemento estrutural, aumentando sua vida útil e retardando a ação natural dos agentes causadores das manifestações patológicas.

Palavras-Chave: Concreto armado; Corrosão; Armaduras.

1. Introdução

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, tendo como uma das principais funções no concreto armado, proteger o aço da corrosão, a fim de garantir a durabilidade do conjunto. Em algumas situações, quando exposto à más condições, o mesmo sofre agressões que podem gerar falhas no desempenho e até causar a ruína de uma peça estrutural.

A durabilidade das estruturas em concreto armado pode ser comprometida devido à pouca ou até a não fiscalização durante o processo construtivo. A classe de agressividade ambiental, espessura mínima de cobrimento, qualidade do concreto, o uso de materiais que não são de boa qualidade, a falta de mão de obra especializada, e a ausência de manutenções rotineiras durante o uso, são fatores que podem desencadear manifestações patológicas.

A corrosão das armaduras é uma das manifestações mais comuns que ocorrem nas estruturas (ROCHA; PÓVOAS, 2019). Alves *et al.* (2012) afirma que este fenômeno é uma das manifestações patológicas mais

críticas, pois não só causa a deterioração, como também pode comprometer a estabilidade e durabilidade da estrutura.

Diante disso, fez-se necessário o estudo de corrosão em estruturas de concreto armado, identificando as causas e os agentes responsáveis.

2. Referencial Teórico

2.1 Tipos de corrosão em armaduras de concreto

De acordo com Marques (2016), existem dois tipos de corrosão em armaduras de concreto armado segundo a sua natureza, a corrosão química e eletroquímica. A primeira ocorre quando há uma reação entre gás-metal, formando uma película de óxido; já a segunda decorre em meio aquoso, como resultado da formação de uma pilha.

A corrosão eletroquímica causa danos maiores as estruturas de concreto armado. Segundo Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015), esse fenômeno se manifesta nas armaduras com manchas superficiais, fissuras e destacamento do cobrimento resultando assim na perda de seção das armaduras.

Também, pode-se classificar a corrosão segundo a morfologia. Helene et al. (2014) afirma, que pela morfologia a corrosão se subdividem em corrosão uniforme, que ocorre em toda a superfície da armadura e corrosão por pite, que é caracterizada como localizada em um certo ponto da armadura.

2.2 Ação do meio ambiente e agentes como aceleradores do processo

Existem fatores externos que podem acelerar a ocorrência da corrosão, sendo um desses fatores o próprio meio ambiente. De acordo com Alves (2012), um dos principais agentes iniciadores da corrosão é o dióxido de carbono (CO_2), facilmente encontrado na atmosfera das cidades com centros populacionais maiores.

Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015) dizem, que em lugares onde o concreto tem o contato com a água, tendo o ciclo de molhagem e secagem, ocorrem as ações mais agressivas, devido ao ingresso da água e sais, como de substâncias em estado gasoso. Este cenário pode-se observar em regiões marinhas, onde há uma grande concentração de cloretos e sulfatos.

Os íons cloretos e gás carbônico são agentes prejudiciais às estruturas de concreto armado, devido os mesmos serem aceleradores do processo de corrosão. Segundo Torres (2011), a presença de íons cloreto pode ser constatada tanto na produção, quanto no concreto endurecido. Na sua produção, pode ser incorporado pela contaminação do agregado ou aditivos aceleradores de pega; já na fase endurecido, a penetração é devido a própria estrutura está exposta à água e ventos contaminados por cloretos. Segundo Meira e Ferreira (2019), a corrosão causada por íons cloretos é um dos principais problemas que afetam as estruturas de concreto armado.

De acordo com Ferreira (2013), ocorrem no concreto processos físico-químico entre os produtos alcalinos, estes formados na hidratação do cimento, com gases ácidos provenientes do meio ambiente, com isso, o meio perde sua alcalinidade. Este processo é chamado de carbonatação.

2.3 Importância do concreto para proteção de armaduras

O concreto tem suas contribuições na proteção das armaduras. Segundo Helene et al. (2014), as armaduras inseridas no concreto estão protegidas e passivadas contra o risco de corrosão, devido o concreto de cobrimento, proporcionando uma barreira física.

Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN

No dimensionamento de estruturas de concreto armado, a norma ABNT NBR 6118, indica para cada caso o cobrimento do elemento estrutural dimensionado.

De acordo com Campiteli (2011), os profissionais técnicos devem se responsabilizar pelo controle e produção do concreto em uma obra, pois não havendo este acompanhamento, tenderá o aparecimento de futuros problemas nas estruturas executadas.

2.4 Vida útil e durabilidade das estruturas de concreto

A vida útil dos elementos de concreto armado, depende de alguns fatores, desde a concepção do projeto, até sua utilização. Segundo Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015), a vida útil está ligada diretamente na sua capacidade de resistir ao meio ambiente em que se encontra, no qual, dependerá da umidade local.

É comum o uso incorreto das palavras vida útil e durabilidade. De acordo com Machado e Mendes (2014), a durabilidade depende da qualidade do material quanto do meio que está incluso.

Helene et al. (2014) afirma, que a vida útil das estruturas de concreto armado sob o ponto de vista da corrosão, é dividida em dois períodos, o período de iniciação da corrosão e o período de propagação. No período de iniciação, é o tempo em que os agentes levam para atravessar o concreto; já na segunda fase, há a formação de óxidos devido à corrosão das armaduras. A corrosão é uma das principais causas de redução da vida útil de estruturas de concreto armado (FELIX *et al.*, 2018).

3. Materiais e Métodos

O método desenvolvido nesta pesquisa foi inicialmente uma inspeção visual no local estudado, para avaliar a situação do sistema estrutural. Posteriormente realizou-se registros fotográficos para uma melhor visualização da estrutura, e adiante uma pesquisa bibliográfica abordando o tema principal.

A visita foi realizada no dia 20 de junho de 2017, e assim, fotografou-se as manifestações patológicas nas vigas do corredor principal (Figura 1) do setor III da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que dão acesso aos blocos do A ao F.

Figura 1 – Corredor principal



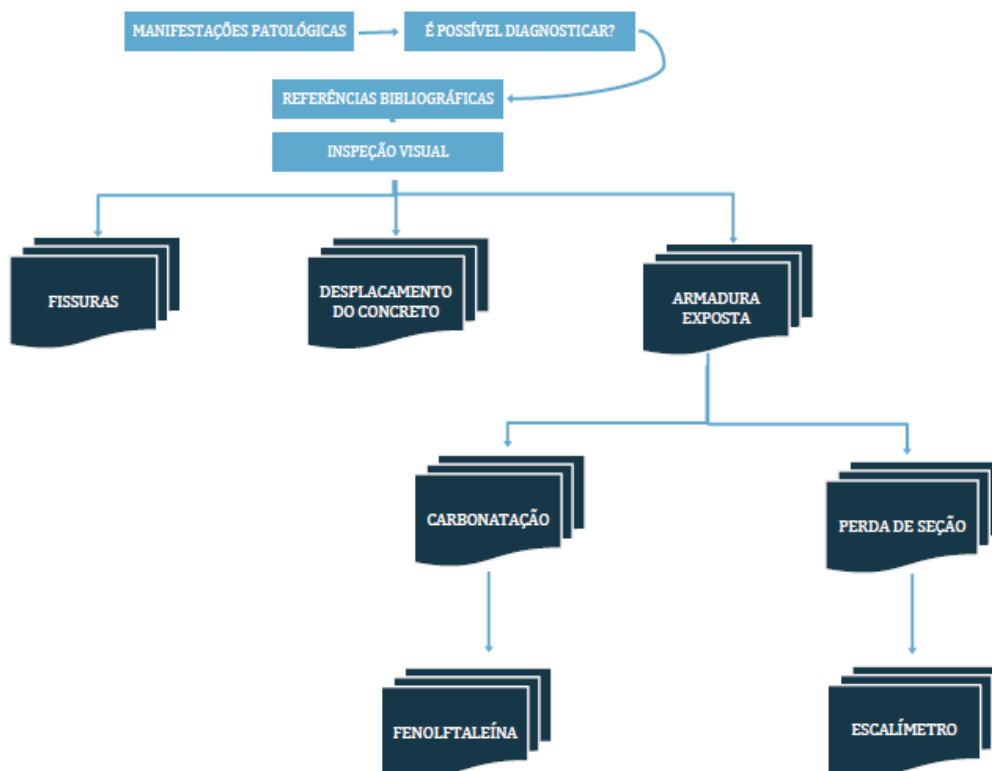
Fonte: Autores

Para o levantamento de dados sobre a corrosão, foi realizado o ensaio de carbonatação com solução de fenolftaleína a 1% de concentração. Para o diagnóstico, armazenou-se a solução em um recipiente para borrifar sobre o elemento estrutural, e pela alteração de coloração, rosa ou incolor, identificou-se a carbonatação.

Em decorrência da influência da carbonatação, fez-se necessário quantificar a espessura do concreto carbonatado, tendo como auxílio o escalímetro.

Para a coleta de dados, obteve-se o fluxograma da análise de corrosão em estruturas, apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da análise de corrosão em estruturas



Fonte: Autores

4. Resultados e Discussões

Durante a visita foram constatadas manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado da instituição, que através de estudos bibliográficos, pode-se diagnosticar como corrosão nas armaduras. A Figura 3 apresenta os sintomas na base do elemento estrutural com deslocamento da camada de cobrimento e alguns pontos com armaduras expostas.

Como demonstrado nas imagens a seguir, todos os elementos estruturais que compõe o corredor de acesso das salas apresentam sinais de corrosão como manchas, fissuração na disposição das armaduras, deslocamento do cobrimento e produto da corrosão das armaduras.

A proteção física às armaduras dos elementos em que compõe as estruturas é de supra importância para o retardo desta patologia – corrosão das armaduras. Neste estudo de caso foi mensurado, com o auxílio do *Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN*

escalímetro, que o cobrimento nominal das vigas é de 10 mm, valor abaixo dos citados pela norma ABNT NBR 6118. Boa parte do sistema estrutural não cumpre com sua função, pois há regiões dos elementos em que não há a integração concreto e aço.

Figura 3 – Corrosão das armaduras



Fonte: Autores

O início da corrosão nas armaduras resulta na formação de um produto volumoso, onde geram tensões internas no concreto e resulta no desprendimento do cobrimento do elemento estrutural; como demonstrado na Figura 4 e 5.

Figura 4 – Início do deslocamento do concreto



Fonte: Autores

Figura 5 – Desprendimento da camada de concreto



Fonte: Autores

Com início da fissuração no elemento estrutural, pode-se presumir que a corrosão nas armaduras foi iniciada, como mostra na Figura 6. Observou-se que as fissuras acompanham a disposição das armaduras. A fissura já indica que há tensões internas pelo aumento de volume do produto de corrosão e, o concreto não resistir a essas tensões de tração.

Figura 6 – Fissura no elemento estrutural

Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN



Fonte: Autores

A Figura 7 demonstra a situação da viga, com armaduras expostas em contato com o ambiente; ou seja, já não existe a proteção física proporcionada pelo cobrimento e sua função estrutural do atrito entre a armadura e concreto. Na Figura 8 pode-se observar o ensaio de carbonatação em um trecho da estrutura em questão, onde esta espessura de carbonatação se deu por todo o cobrimento da viga.

Figura 7 – Viga em situação precária



Fonte: Autores

Figura 8 – Ensaio de carbonatação em um trecho da viga



Fonte: Autores

Para quantificar a espessura do concreto carbonatado, foi utilizado o escalímetro - Figura 9, e obtido uma espessura média de 6 mm na viga da Figura 7, onde houveram locais com todo o cobrimento carbonatado.

Figura 9 – Espessura do concreto carbonatado



Fonte: Autores

5. Conclusão

Após a análise visual realizada em campo e com o auxílio da literatura, pode-se concluir que a falta de manutenção na edificação intensifica o surgimento de manifestações patológicas, sendo a corrosão das

Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas Estruturas de Concreto Armado do Setor III da UFRN

armaduras a mais recorrente nas estruturas de concreto armado. E em virtude dessas manifestações acontecerem no sistema estrutural, deve-se ter uma atenção maior para que não resulte no colapso da estrutura.

O processo corrosivo é evolutivo e tende a intensificar com o tempo. O meio ambiente, a qualidade e o cobrimento do concreto também influenciam na intensidade da corrosão.

É de fundamental importância a avaliação do comprometimento da armadura, como também das causas e agentes responsáveis, pois a correção da situação em estudo irá depender do nível de oxidação da armadura. Vale ressaltar que nem sempre o problema se encontra em toda barra e sim em alguns trechos da armadura. Contudo, pode-se afirmar que as manifestações poderiam ser minimizadas se houvesse um plano de manutenção preventiva das estruturas.

Referências

- ALVES, Helton G. et al. Aplicação da técnica de polarização linear para detectar corrosão em concreto armado atacados por SO e Cl 4. *Revista de Química Industrial*, Campina Grande, v. 736, p.18-23, ago. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento*. 3 ed. 2014.
- CAMPITELLI, Vicente Coney. *Fundamentos da dosagem de concretos*. Ponta Grossa: Editora Uepg, 2011.
- FELIX, E. F.; RODRIGUES BALABUCH, T. J.; CORRÊA POSTERLLI, M.; POSSAN, E.; CARRAZEDO, R. Service life analysis of reinforced concrete structure under uniform corrosion through ANN model coupled to the FEM. *Revista ALCONPAT*, v. 8, n. 1, p. 1 – 15.
- FERREIRA, Murillo Batista. *Estudo da Carbonatação Natural de Concretos com Diferentes Adições Minerais após 10 Anos de Exposição*. 2013. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- HELENE, Paulo et al. *Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- MACHADO, Alexandre Xavier; MENDES, Luiz Carlos. *Durabilidade e vida útil de estruturas de contenção de encosta situadas na cidade do Rio de Janeiro*. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS, 7., 2014, Rio de Janeiro. Anais do VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro: Abep, 2014. p. 1 - 10.
- MARQUES, Sara de Oliveira. *Estudo de Caso: durabilidade em estruturas de concreto armado na antiga sede administrativa do TRE-RN*. 2016. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ufrn, Natal, 2016.
- MEIRA, Gibson Rocha; FERREIRA, Pablo Ramon Rodrigues. Revisão sobre ensaios acelerados para indução da corrosão desencadeada por cloretos em concreto armado. *Ambiente Construído*, v. 19, p. 223-248, 2019.
- ROCHA, Joaquin Humberto Aquino; PÓVOAS, Yêda Vieira. Detecção de corrosão em concreto armado com termografia infravermelha e ultrassom. *Ambiente Construído*, v. 19, p. 53-68, 2019.
- SOARES, Arthur Pimentel Falcão; VASCONCELOS, Livia Tenório; NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Corrosão Em Armaduras De Concreto. *Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Maceió, v. 1, n. 3, p.177-188, nov. 2015.
- TORRES, Ariela da Silva. *Corrosão por Cloretos em Estruturas de Concreto Armado: Uma Meta-Análise*. 2011. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.