https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.032

UM BREVE RESUMO SOBRE A DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Cleves M. Vaz[1]*
*Autor de contato: cleves_mesquita_vaz@ufcat.edu.br

[1] IMTec, Universidade Federal de Catalão - UFCAT, Catalão, GO, Brasil

RESUMO

O concreto armado é a solução estrutural mais empregada nas edificações brasileiras e porque não dizer, na maioria dos principais países do mundo. Esta maior frequência justifica-se, principalmente, pelos custos envolvidos na sua produção, devidos aos materiais constituintes, à mão de obra empregada na etapa de execução e também pelo tempo despendido no projeto, normalmente inferior ao das estruturas de aço e/ou madeira. Com o implemento de resistências adequadas, aliadas ao caráter monolítico das vinculações dos elementos, as estruturas de concreto armado permitem soluções mais ousadas do que aquelas concebidas em alvenaria convencional. Além disso, a frequência de uso, aliada ao interesse em pesquisa do concreto, melhorou a sua compreensão por tecnólogos e projetistas estruturais, reduzindo as incertezas e otimizando seu emprego.
Palavras-chave: patologias; concreto; estruturas.

ABSTRACT

Concrete is the most used structural solution in Brazilian buildings and, why not say, in most of the main countries in the world. This higher frequency is mainly justified by the costs involved in its production, due to the constituent materials, the labor employed in the execution stage and also by the time spent on the project, normally less than that of steel and/or wood structures. With the implementation of adequate resistances, allied to the monolithic character of the linkages of the elements, the reinforced concrete structures allow more daring solutions than those conceived in conventional masonry. In addition, the frequency of use, combined with the interest in concrete research, has improved its understanding by technologists and structural designers, reducing uncertainties and optimizing its use.
Keywords: pathologies; concrete; structures.

1. INTRODUÇÃO

Em termos de durabilidade, o concreto armado apresenta uma excelente resistência à água e à agressividade ambiental, tornando-o a solução estrutural com menor índice de manutenção em relação a outras opções, desde que adequadamente projetada em seu ambiente de inserção.

Inicialmente, acreditava-se que o concreto armado era um material totalmente imutável, uma vez que apresentava um ótimo comportamento perante o uso e a exposição às intempéries.

Dito isso, o objetivo deste texto é fazer uma breve explanação sobre as possíveis classificações da deterioração das estruturas de concreto armado, no estado da arte, identificando causas e efeitos deste fenômeno tão comum nas obras de Construção Civil.

Estruturas de madeira e/ou aço também apresentam em algum momento no seu estado útil de serviço, processos de degradação; no entanto, centraremos nosso foco nas estruturas de concreto armado.

E, em função disso, com o incremento de sua aplicação sobre diversos ambientes e sobretudo pelas várias solicitações mecânicas, observou-se que, em certos momentos e sob certas condições específicas, alguns dos componentes que constituem o concreto armado passaram a apresentar mecanismos de deterioração típicos, promovendo uma redução parcial ou total de funcionalidade das peças e acarretando custos de reparo ou manutenção. Tais afirmações podem ser observadas com um excelente nível de detalhamento em Borges, Mena e Acosta, (2020)

Assim, somente em 2003, é que se regulamentou, através de Norma Técnica, a necessidade de projetar estruturas de concreto visando a durabilidade, definindo-se classes de agressividade ambiental, como já se fazia em outros países. Tinha-se, naquele momento, e de forma inédita no Brasil, uma norma regulamentadora de projeto estrutural que não se preocupava somente com solicitações e resistências mecânicas, mas também com a durabilidade estrutural.

2. DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Sabe-se que as anomalias que se deflagram nas estruturas de concreto não são justificadas apenas por sobrecarga ou dimensionamento inadequado das peças. Assim, Tutikian e Molin, (2021) nos diz que o ambiente, e seus diversos microclimas, também promove alterações nos materiais, deteriorando-os independentemente da capacidade portante ou do carregamento atuante.

Essa deterioração, além de agredir o concreto, pode resultar na corrosão das armaduras, com sérios prejuízos ao desempenho estrutural e à segurança física dos usuários, pois pode promover o colapso da edificação.

Evidentemente, em função da grande quantidade de etapas envolvidas na produção do concreto, como dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura, passando por estanqueidade das formas, eficiência dos escoramentos e qualidade dos materiais incorporados, a identificação da

origem das manifestações patológicas se torna complexa, exigindo uma boa experiência do profissional responsável, aliada a ensaios laboratoriais, para uma correta identificação do problema.

Além disso, é recomendado um conhecimento amplo das diversas normativas que regem as etapas de projeto, construção e uso das estruturas de concreto, visto que estas normas definem os procedimentos e as limitações destas atividades, com obrigatoriedades e recomendações.

Com isso, ambientes mais agressivos tendem a promover um maior risco de deterioração estrutural, cabendo ao projetista antever essa especificidade e projetar a estrutura adequadamente, prevendo os seus períodos de inspeção e manutenção (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

A deterioração das estruturas de concreto dificilmente é relacionada a uma única origem. Normalmente, as manifestações patológicas se desenvolvem com sobreposição de vários agentes causadores, atuando simultaneamente no sistema estrutural, com sinergia entre condicionantes dos processos de deterioração. Logo, um diagnóstico bem feito é determinante no sucesso da intervenção corretiva. No caso de estruturas de concreto armado com estágio avançado de deterioração, a análise da origem e a definição do problema principal podem ser dificultadas pela sobreposição dos mecanismos.

2.1 Mecanismos Orgânicos de Deterioração

Os mecanismos de degradação, aos quais chamamos de manifestações patológicas, podem ser separados em três tipos: químicos, físicos e biológicos. A seguir, detalham-se os pontos importantes desses mecanismos para as estruturas de concreto.

2.1.1 Mecanismos químicos de deterioração

Chamam-se *mecanismos químicos de deterioração* aqueles processos que promovem mudanças química nos compostos hidratados da pasta do cimento *Portland*, oriundo do contato do concreto com agentes agressivos. Esses agentes têm origem no meio ambiente, como os litorâneos e os industriais, ou na própria produção do concreto, a partir do uso de aditivos inadequados ou agregados contaminados incorporados na mistura. Pelo fato de o produto final da reação química poder ser expansivo, em alguns casos o mecanismo é encarado como um processo físico-químico de deterioração, como no caso da reação álcali-agregado (BRUNA, MOURA, DEL PINO. 2015).

Os agentes agressivos provenientes do meio externo agridem as armaduras das peças de concreto armado, podendo alterar as propriedades do material que as circunda. Em alguns casos, como o dos íons cloreto, primeiramente há o ingresso e a percolação dos agentes pelos poros do concreto até a superfície das barras, iniciando, sob certas condições, o processo de corrosão do aço. Como consequência, há a formação de fissuras na superfície da peça, devido à expansão diametral das barras. As modificações no concreto são, nesse caso, secundárias.

Outros agentes químicos podem agredir primeiro o concreto, gerando fissuras ou reduzindo sua alcalinidade. É o caso do gás carbônico presente no ar, que produz a carbonatação do concreto e, sem modificá-lo mecanicamente, consome compostos hidratados que preservam a passivação das armaduras. Como consequência, as barras ficam susceptíveis à corrosão que, nesse caso, é um

fenômeno secundário. Já os sulfatos agridem diretamente o concreto, fissurando-o e comprometendo suas propriedades.

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene, (2019), para cada ambiente quimicamente agressivo, a deterioração se desenvolverá de forma distinta sobre um ou outro componente do concreto armado. Por isso, faz-se necessária a separação entre os meios agressivos ao concreto e os meios agressivos às armaduras.

Os agentes agressivos ao concreto simples são os ácidos, sulfatos e álcalis e, ao concreto armado, os íons cloreto e o gás carbônico. Os principais agentes agressivos que podem levar à deterioração da armadura não são diretamente agressivos ao concreto, isto é, não lhe proporcionam transformações significativas que repercutam no seu desempenho mecânico. Por outro lado, os principais agentes agressivos ao concreto geram processos expansivos e podem destruir o cobrimento das armaduras, atacando primeiramente o concreto, mas na sequência deixando as armaduras desprotegidas e susceptíveis a ataques de outros agentes.

2.1.2 Mecanismos físicos de deterioração

Os mecanismos físicos de deterioração se desenvolvem devido a agentes que submetem a peça a esforços internos, como os esforços produzidos pela movimentação térmica volumétrica ou pelo congelamento da água nos poros do concreto, que tencionam o elemento. Quando ultrapassada a resistência à tração, surgem fissuras. Nesses mecanismos, a causa do fenômeno é mecânica, ou seja, é a insuficiência estrutural da peça a solicitações produzidas internamente no material.

Segundo Bolina, Tutikian e Helene, (2019), no caso da movimentação térmica, o esforço interno é produzido pelo aumento do volume do concreto aquecido pela alta temperatura. Quando as tensões de expansão volumétrica são maiores do que a resistência à tração do concreto, ocorre a fissuração. Já no caso do congelamento da água nos poros, a transformação do estado físico do fluido o submete a um aumento de volume da ordem de 9% que, nos casos em que os poros existentes no concreto são insuficientes, gera uma fissuração. A armadura ajuda na absorção dos esforços; logo, quanto mais armada, menos a peça sofre com as ações.

Os mecanismos físicos também podem se desenvolver no estado fresco do concreto ou devido aos desgastes superficiais, no estado endurecido, originados por processos de atrito entre uma fonte externa e a superfície do concreto. Como consequência, são produzidas erosões e cavitações nos elementos.

2.1.3 Mecanismos biológicos de deterioração

A agressão de cunho biológico é produzida no concreto aparente por fungos, bactérias, algas ou musgos. Os agentes são encontrados em zonas úmidas e com baixa ventilação, como em ambientes voltados para a direção Sul e Oeste no hemisfério sul, e para o Norte e Leste no hemisfério norte, áreas marítimas e locais próximos a redes de esgoto.

A principal consequência da formação dessas espécies é a segregação de ácidos húmicos, com a dissolução da pasta de cimento Portland hidratada pela atividade metabólica dos microrganismos, reduzindo as propriedades da pasta de cimento, expondo os agregados e eventualmente gerando fissuras e alteração do aspecto visual das peças contaminadas. Por se tratar de seres vivos, a

proliferação desses indivíduos é forte indicativo da existência de umidade interna no elemento, visto que eles necessitam de água para a sobrevivência. Com a estrutura com baixo pH e a presença de umidade, é possível que ocorra o fenômeno da corrosão, dependendo da espessura do cobrimento. (BOLINA, TUTIKIAN, HELENE. 2019).

É possível, ainda notar o crescimento de vegetação e raízes nas juntas de dilatação ou fissuras, devido ao acúmulo de umidade. O crescimento de vegetação promove a deterioração mecânica da peça, por causa das tensões produzidas por raízes de algumas espécies arbóreas que se desenvolvem, gerando esforços internos e propagação de fissuras. Isso também pode gerar a deterioração do cobrimento das armaduras, expondo-as e potencializando os mecanismos de corrosão. (TUTIKIAN, MOLIN. 2021).

2.2 Mecanismos Dinâmicos de Deterioração

Além dos meios "orgânicos" de degradação (Químico, Físico o Biológico), que contribuem de forma generosa para a deterioração de Estruturas de Concreto, existem os meios "mecânicos" (basicamente inseridos no contexto da Patologia pelo ser humano), que complementam esse quadro de estudo de possíveis falhas no uso das Estruturas.

Grosso modo, pode-se classificar este tipo de análise em: *Solicitação por Compressão*, *Solicitação por Esforços de Tração*, *Rupturas devido ao Esforço Cortante* e *Ruptura devido ao Esforço Cisalhante*.

3. CONCLUSÕES

A determinação das manifestações patológicas nem sempre é realizada de forma direta. O estudo do tipo de fissuras é um indicativo de comprometimento funcional da peça, mas não é o único. Algumas vezes, a depender da complexidade da falha e da importância da estrutura de concreto, faz-se necessária a utilização de instrumentos para auxiliar na interpretação mais apurada dos mecanismos e processos que culminaram no surgimento do problema. (MESQUITA, MARINHO. 2020)

Os equipamentos ou materiais empregados para o diagnóstico podem ou não produzir danos na estrutura. Dessa forma, os ensaios são classificados em não destrutivos ou semidestrutivos. (FIKER, 2011).

Os ensaios não destrutivos não danificam o elemento estudado; por isso, são os mais recomendáveis para serem especificados, sempre que possível. A seguir, detalham-se os principais, como fissurômetro, esclerometria, ultrassom, pacometria, resistividade elétrica, permeabilidade, termografia infravermelha e extensometria elétrica, entre outros (FRAZÃO, 2020).

Além disso, percebe-se que a manutenção preventiva é uma etapa de grande importância na execução de uma obra, pois pode tornar obsoleta a execução de correções e reparos futuros, mitigando gastos (BRUNA, MOURA, DEL PINO. 2015).

Desta forma, de acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019) e Sena, Nascimento e Neto, (2021) (após um diagnóstico completo), quando ocorrem falhas nas edificações, uma intervenção, para

regressar à condição original, pode ser necessária. Como já destacado, há diversas opções de intervenção, como reparo, recuperação, restauro, *retrofit*, entre outras (CAPORRINO, 2018).

Assim, a presença de um Engenheiro Civil, principalmente daquele profissional que domina o estudo das patologias nas estruturas, é de fundamental importância para o desenvolvimento de um estudo completo com *diagnóstico*, *intervenção* e *profilaxia*, das peças e estruturas de concreto armado, para um correto plano de manutenção e de controle das manifestações patológicas, dentro da Construção Civil.

4. AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todos os colegas do Instituto de Matemática e Tecnologia (IMTec) da Universidade Federal de Catalão (UFCAT); agradecimento especial a todos os colegas e professores da Faculdade de Engenharia Civil (FENG) da Universidade Federal de Catalão, e por fim, o autor deixa seu reconhecimento a todos os colegas engenheiros, participantes das turmas de Patologia das Estruturas e Tecnologia do Concreto, do Prof. Dr. Bernardo Tutikian.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estrutura de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: **Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

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

BRUNA, M. G. O.; MOURA, P. P. G.; DEL PINO, J. C. **Corrosão em Concreto -** Fatores Aceleradores da Deterioração, Prevenção e Reparos. XX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. Unicruz - Universidade de Cruz Alta, RS. 2015.

BORGES, P. C.; MENA, J. A. B.; ACOSTA, A. A, T. **Recomendaciones Técnicas –** Recomendaciones Generales sobre Durabilidad. Alconpat Internacional, Yucatan, México, 2020.

CAPORRINO, C. F. **Patologia em Alvenarias.** Oficina de Textos. São Paulo, 2018.

FIKER, J. **Perícias e Avaliações de Engenharia** – Fundamentos Práticos. Editora Leud, 2ª Ed. São Paulo, 2011.

FRAZÃO, Y. A. **Como Começar na Engenharia Diagnóstica** (Para Engenheiros e Arquitetos) E-book; < www.patologiaconstrutiva.com.br > . Acessado em 16/02/2022; às 17:31.

MESQUITA, E. F. T.; MARINHO, J. L. A. **Patologias das Edificações.** Editora Leud. São Paulo, 2020.

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

TUTIKIAN, B. F.; MOLIN, D. D. **Concreto Autoadensável.** 3ª Ed. Editora Leud. São Paulo, 2021.