



Gestão & Gerenciamento

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUA INTERAÇÃO COM AS FASES DE UM PROJETO: ESTUDO DE CASO

*ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED
CONCRETE STRUCTURES AND THEIR INTERACTION WITH THE
PROJECT PHASES: A CASE STUDY*

Vitória Barbosa

Pós -graduanda em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis; Escola Politécnica
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

vitoriadbarbosa@hotmail.com

Amaro Francisco Codá dos Santos

Engenheiro Civil, Doutor em Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto; Universidade
Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil;

coda.engenharia@uol.com.br

Resumo

Manifestações patológicas podem surgir devido a falhas humanas durante a etapas de projeto e construção, falta de manutenção e fatores químicos, físicos ou biológicos naturais, bem como a natureza porosa do concreto. Este estudo ressalta a importância do planejamento adequado, execução e manutenção regular para garantir a longevidade e o desempenho dos edifícios. Implementar medidas de controle de qualidade mais rigorosas e abordar problemas potenciais durante as fases de construção e operação são essenciais para reduzir ou eliminar problemas patológicos.

Palavras-chaves: concreto; vida útil; patologia; qualidade;

Abstract

Pathological manifestations can arise due to human errors during the design and construction stages, lack of maintenance, and natural chemical, physical, or biological factors, as well as the porous nature of concrete. This study emphasizes the importance of proper planning, execution, and regular maintenance to ensure the longevity and performance of buildings. Implementing stricter quality control measures and addressing potential issues during the construction and operation phases are essential to reduce or eliminate pathological problems.

Keywords: concrete; lifespan; pathology; Quality;

1 Introdução

As inovações tecnológicas vêm ganhando mais espaço quando se trata de aumentar a vida útil de projeto, através do aprimoramento da qualidade e durabilidade das construções. Contudo, apesar de os processos construtivos estarem ficando cada vez mais normatizados e controlados, as edificações antigas não possuíram, em sua maioria, um acompanhamento das etapas de desenvolvimento e construção influenciando em sua vida útil.

De acordo com Bastos, (2006), no Brasil, o principal método construtivo aplicado nas edificações é o concreto armado, uma vez que é um material versátil e de abundância de matéria prima em grande parte das regiões do Brasil. Essa combinação surgiu da necessidade de alinhar as características de resistência à tração do aço, com a resistência à compressão do concreto simples e as vantagens de maior trabalhabilidade, podendo assumir qualquer forma com rapidez e facilidade, protegendo o aço e evitando sua corrosão.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2023), a durabilidade das estruturas apresenta relação direta com as características do concreto, sua espessura, sua qualidade e o cobrimento da armadura. É comum constatar em prédios antigos a presença de diversas manifestações patológicas, mas dentre elas, a corrosão em estruturas de concreto armado é uma das mais preocupantes.

Conforme Marques (2016), a espessura de cobrimento usual há 20 anos atrás era 10 à 20mm, valores muito inferiores aos indicados por normas atuais – cerca de 30mm a depender da classe de agressividade. Outro fator que impacta o desempenho e a qualidade do concreto é a relação água e cimento, uma vez que essa relação influência diretamente na porosidade e permeabilidade do concreto, tornando-o suscetível ao aparecimento de manifestações patológicas.

O presente trabalho visa identificar as manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado do Centro Assistencial de Desporto, localizado na cidade de Aguaí, interior

de São Paulo, e avaliar em quais etapas do gerenciamento houve falhas que desencadearam uma diminuição na qualidade e no desempenho dessa edificação, assim como apresentar alternativas para evitar essas anomalias, avaliando o ambiente, o projeto, materiais e processos construtivos os quais interferem na vida útil de uma estrutura.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Patologias em estruturas de concreto

O termo “patologia” é originado do termo “pathos”, o qual significa doença e “logos”, que significa ciência, estudos. Para as construções, é possível relacionar com a definição aplicada à medicina, a qual identifica os sintomas, as origens e a natureza de uma doença, determinando um prognóstico para a doença identificada. Ou seja, patologia pode ser determinada como qualquer desvio anatômico ou fisiológico, em relação à normalidade.

Segundo Marques (2016), a manifestação patológica advém de causas intrínsecas e extrínsecas à edificação, as intrínsecas são inerentes à própria edificação podendo ser falhas humanas durante a execução, ausência de manutenção, causas naturais químicas, físicas e biológicas, ou próprias a estrutura porosa do concreto; enquanto as extrínsecas são agentes externos que interferem na edificação como falhas de projeto ou utilização, ações mecânicas, físicas, químicas e biológicas.

Em uma edificação, manifestações patológicas são todos os “sintomas” cuja ocorrência pode vir a interferir e prejudicar o ciclo de vida da edificação.

2.1.1 Vida útil de projeto e vida útil

De acordo com o exposto na NBR 15.575 (ABNT 2024), a vida útil de projeto (VUP) é o período estimado para o qual um sistema é planejado a fim de atender o estabelecido nas normativas. A VUP é de conhecimento do projetista, construtor e incorporador, mas pode ser influenciada positivamente ou negativamente, devido a formas de uso, manutenção, intempéries e fatores externos (fenômenos naturais). Para a grande maioria das estruturas, a Vida Útil de projeto é de 50 anos.

Já a Vida Útil (VU), é determinada pelo período em que um edifício e/ou seus sistemas atendem o desempenho para o qual foram projetados e construídos, considerando o correto uso, operação e manutenção do usuário.

A execução da obra, o uso e a manutenção do edifício são fatores que podem influenciar para que a vida útil ultrapasse ou não atinja a vida útil de projeto pré-estabelecida.

2.2 Manifestações patológicas em Estruturas de Concreto

Conforme Nascimento e Fontes (2021), as estruturas de concreto armado apresentam, ao longo de suas vidas úteis, sinais de que algo não está a ocorrer como deveria e que essas estruturas precisam de intervenção. As manifestações patológicas, salvo exceções, apresentam características em forma de sintomas com base nos quais é possível definir a sua origem, a causa, o mecanismo de ação e estimar quais as consequências que a não regularização do problema pode acarretar.

Dentre as manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto, tem-se:

- a) Fissuras e trincas;
- b) Eflorescência e lixiviação;
- c) Corrosão das armaduras.

2.2.1 Fissuras e trincas

As fissuras são aberturas longitudinais de pequena espessura, as quais, de acordo com Moraes (2017), permitem a passagem de ar pela estrutura, podendo desencadear corrosão das armaduras. Dentro os tipos de fissuras podem-se encontrar fissuras por retração hidráulica, fissuras devido a temperatura, fissuras devido a flexão ou cisalhamento, dentre outras. Essa manifestação patológica pode ser desencadeada no concreto fresco ou após algum período.

Segundo Molin (1998), as fissuras podem no concreto ainda fresco podem ser originadas devido à retração da superfície devido a uma rápida evaporação, movimentação das formas ou dessecção superficial, enquanto as fissuras no estado endurecido podem se apresentar devido a fatores físicos, químicos, térmicos ou influências externas. É possível classificar as fissuras de acordo com sua movimentação em ativas ou passivas, as fissuras passivas são aquelas que se alteram devido a intervenções térmicas, de dilatação ou contração, aumentando ou reduzindo sua seção.

De acordo com o IBAPE/MG (2014), as trincas e rachaduras também são causadas devido ao aumento de tensões nos elementos e em seus materiais. Essas anomalias são indícios de que o elemento foi condicionado a esforços maiores aos que sua capacidade estrutural resistia. A partir disso foram determinados parâmetros para caracterização da abertura de acordo com sua espessura, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das aberturas de acordo com sua espessura.

ANOMALIA	ABERTURA (MM)
Fissura	Até 0,50
Trinca	Acima de 0,50 até 1,00
Rachadura	Acima de 1,00 até 5,00
Fenda	Acima de 5,00 até 10,00
Brecha	Acima de 10,00

Fonte: IBAPE / MG, 2014

2.2.2 Eflorescência e lixiviação

Segundo Macedo et. al (2017) a água ácida ou a água com concentração alta de cloreto e sulfatos, ao percolar-se nos poros capilares do concreto, dissolve o hidróxido de cálcio da pasta de cimento, o qual pode reagir com o dióxido de carbono do ar resultando em carbonato de cálcio (CaCO_3). Este sal ao ser carreado pela água, deposita-se na superfície da camada de revestimento, formando uma mancha branca ou stalactites, conforme figura 1.

Figura 1 – Eflorescência em formato de estalactites.



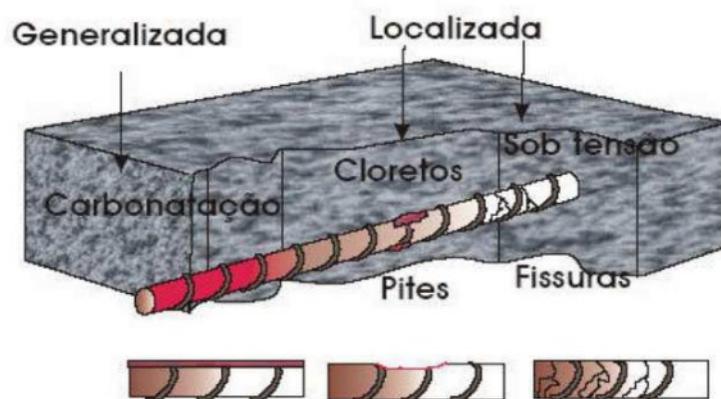
Fonte: Souza, 2017

2.2.3 Corrosão de armaduras

O processo de corrosão das armaduras pode ser classificado como uma reação eletroquímica, a qual pode ser acelerada pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. De acordo com (ARIVABENE, 2015), o aço presente no interior do concreto armado, está inserido em um meio altamente alcalino, o qual possui a função de protegê-lo do processo de corrosão. O cobrimento do concreto, definido como uma camada protetora de caráter passivo que está diretamente ligada à proteção da armadura, apresenta a finalidade de evitar a corrosão do aço. A alcalinidade no interior do concreto provém da fase líquida existente nos seus poros que contém hidroxilos oriundos da ionização dos hidróxidos de cálcio, sódio e potássio. Mesmo em idades avançadas, o concreto continua propiciando um meio básico que protege a armadura do fenômeno de corrosão.

Ainda segundo o autor, os principais agentes agressivos que desencadeiam a corrosão das armaduras são demonstrados pela figura 2 e trata-se dos seguintes processos: ação dos íons cloretos; redução de PH do aço, desencadeando carbonatação; e corrosão localizada sob tensão fraturante.

Figura 2 – tipos de corrosão.



Fonte: Arivabene, 2015

Como descrito por Krug et. al, (2023) a carbonatação do concreto é resultado da reação do dióxido de carbono presente na atmosfera com os compostos do cimento hidratado, formando o carbonato de cálcio. Com esse processo, o PH do concreto é reduzido havendo uma perda da camada passivadora e iniciando processo de corrosão do aço. O desenvolvimento de corrosão nas armaduras prejudica a durabilidade e o desempenho das estruturas em concreto armado, uma vez que com a ferrugem resultante do processo corrosivo há uma expansão do volume, havendo tensões de tração que ocasionam trincas e rachaduras no cobrimento do concreto. Essas, além de deixar mais suscetível a estrutura às ações dos agentes agressivos, reduzem a capacidade de carga da estrutura contribuindo para o aumento do processo corrosivo. Em simultâneo com isso, a corrosão também provoca uma redução na sessão transversal do vergalhão, comprometendo o suporte da carga e podendo ocasionar o colapso total da estrutura.

Conforme Rostami et. Al (2012) a equação que representa esse processo é descrita na sequência:



3 Metodologia

Quando uma estrutura é afetada por manifestações patológicas, sua vida útil é reduzida devido à ação de agentes agressivos. Este trabalho busca identificar os problemas patológicos nas estruturas de concreto armado do Centro Assistencial de Desporto, localizado em Aguaí, São Paulo, e avaliar as etapas de gerenciamento onde ocorreram falhas, resultando em redução da qualidade e do desempenho da edificação.

O objeto de estudo desse trabalho será uma escada de acesso a uma laje de mezanino, conforme figura 3, a qual foi construída durante a década de 70 juntamente com o restante do complexo. Devido ao fato de o edifício ter permanecido fechado por mais de 20 anos, o espaço não passou por manutenções periódicas para sua conservação. Após ser reativado pela Prefeitura Municipal, diversos sinais de degradação foram constatados.

Figura 3 – Escada em concreto armado.



Fonte: Os autores

Na avaliação os degraus da escada, observou-se diversas manifestações patológicas, as quais afetaram o desempenho e durabilidade de escada. Algumas dessas manifestações são destacadas a seguir:

3.1 Fissuras

Como foi apresentado anteriormente, as fissuras são as primeiras manifestações patológicas a alertar de que a estrutura está passando por algum processo incomum. Conforme as figuras 4 e 5 é possível observar a presença de fissuras na estrutura da escada, tanto nos degraus quanto nos pontos de engaste.

Figura 4 e 5 – presença de fissuras na estrutura em concreto armado.



Fonte: Os autores

De acordo com sua configuração, tipos de abertura, posição e espaçamento, as fissuras em uma estrutura de concreto armado podem indicar diversas causas, frequentemente relacionadas a falhas de projeto, execução ou manuseio. Essas intercorrências reduz a capacidade resistiva da estrutura.

3.2 Corrosão de armaduras

Realizou-se algumas visitas in loco para verificar a proporção das fissuras e como elas progrediram, foi possível avaliar que a estrutura apresentava corrosão das armaduras em diversos pontos. Nas figuras 6 e 7, é possível avaliar uma alta corrosão das armaduras e exposição do aço.

Figuras 6 e 7 – armaduras em processo de corrosão.



Fonte: os autores

4 Resultados e Discussão

Através da análise das peças in loco e das figuras 8 e 9, é possível inferir que as fissuras apresentadas na estrutura dos degraus da escada foram desencadeadas devido a uma espessura de cobrimento de concreto insuficiente para a armadura.

Figuras 8 e 9 – espessura do cobrimento de concreto



Fonte: os autores

Essas fissuras oriundas de um cobrimento insuficiente permitiram a percolação de agentes agressivos que despassivaram a armadura, dando início a um processo de carbonatação e posterior corrosão.

A corrosão das armaduras e a diminuição da seção dela também provoca fissuração no concreto. Tal fissuração se intensifica devido ao aumento dos produtos originados na corrosão, os quais ocupam um espaço maior que o aço de origem. É possível notar pela figura 10, que a estrutura apresentou o desplacamento do concreto de cobrimento.

Figura 10 – Desplacamento da camada de cobrimento de concreto



Fonte: os autores

Essas manifestações patológicas podem ter sido originadas durante o processo de execução da obra devido à falta de uso de espaçadores, uma vez que eles auxiliam que a concretagem possua um cobrimento adequado. Além disso, também não há histórico de um

projeto estrutural da escada para certificar uma correta execução, para que fosse possível atingir um bom desempenho e qualidade da edificação.

Outro ponto fundamental é o fato de o edifício ter permanecido fechado por muitos anos, tal situação impactou diretamente seu uso e manutenção. Segundo Bolina et al (2022), o monitoramento do edifício ao longo do tempo é essencial para observar seu desempenho quando em uso. Por meio do uso regular, torna-se possível identificar se é necessário aplicar medidas corretivas que possibilitam corrigir ou substituir elementos e sistemas.

5 Considerações Finais

Através do exposto é possível inferir que as edificações possuem anomalias devido à falha em alguma das fases de produção, podendo ser nas etapas de planejamento, projeto, fabricação ou na fase de uso. Considerando que a fase de produção é realizada em um curto período se comparado a fase de uso, a qualidade e a boa execução nela empregada possuem impacto direto no desempenho durante a vida útil da edificação. Logo, para reduzir ou eliminar problemas patológicos em uma edificação, é essencial implementar um controle de qualidade mais rigoroso em todas as etapas do processo, bem como considerar a manutenção como um fator-chave.

Na etapa de projeto, é necessário respeitar as fases do planejamento, incluindo estudos preliminares, elaboração de projeto arquitetônico, estrutural e executivo bem como é importante realizar pela equipe de elaboração e a equipe de execução um estudo do projeto, antes de iniciar a obra, permitindo que qualquer falha existente seja verificada e corrigida em tempo hábil e sem prejudicar o processo de execução.

Conjuntamente, na etapa de execução existem fatores que devem ser tratados como um ponto de atenção para garantir a qualidade da edificação. Com relação aos materiais, é importante verificar-lhos no recebimento e mantê-los com um correto armazenamento, assim como garantir sua correta empregabilidade, respeitando normas e orientações dos fabricantes. Além disso, para as estruturas de concreto deve-se atender as etapas de forma, lançamento, adensamento e cura do concreto, respeitando as características determinadas em projeto, como resistência, mobilidade e cobrimento.

Após finalizada a fase de produção, inicia-se a fase de uso. Em primeiro lugar, o proprietário ou o responsável pela edificação deverá receber um manual de uso e operação sendo o mesmo referenciado pela ABNT NBR 14037. Nele constarão orientações e medidas a serem tomadas com a finalidade de preservar e conservar a integridade e o estado funcional da edificação. Logo, é de responsabilidade do incorporador, construtor, projetistas e fornecedores entregar um bem durável, com matéria de qualidade e métodos adequados, mas cabe ao usuário seguir as medidas previstas no manual para garantir a funcionalidade e durabilidade da obra entregue.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575-1 - Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 23 jan. 2024.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118 - Projetos de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 28 ago. 2023.

ARIVABENE, A. C. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso.** Vitória, Espírito Santo. 2015BASTOS, P. S. D. S. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado.** São Paulo. 2006.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE P. **Patologia de estruturas.** 2^a edição, Oficina de textos, São Paulo/SP. 2022.

IBAPE-MG. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de Minas Gerais. **Norma de Vistoria Cautelar.** 2014.

KRUG, L. F; KRUG, F. I. B; CAMPOS, M. de; SAUSEN P. S.; SAUSEN, A. T. Z. R. **Processo de carbonatação no concreto e modelos para sua prevenção: Uma Revisão.** Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão, Paranaguá/PR. 2023.

MACEDO, J. V; BATISTA, P.; LOPES, P.; SOUZA, R.; MONTEIRO, E. **Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso.** CONPAR – Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, 2017.

MARQUES, Sara de Oliveira. **Estudo de caso: durabilidade em estruturas de concreto armado na antiga sede do TRE-RN.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016.

MOLIN, D. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamentos de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1988.

MORAIS, R. S. **Patologias geradas por erros de execução de estrutura de concreto armado: causas, medidas preventivas e consequências.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Regional do Cariri -URCA. 2017.

NASCIMENTO, E. R. D. S.; FONTES, M. D. D. S. **Patologias das estruturas de concreto armado.** Revista FATEC de tecnologia e ciências, v. 6, n. 1, 2021.

ROSTAMI, V. et al. **Microstructure of cement paste subject to early carbonation curing.** Cement and Concrete Research, v. 42, n. 1, p. 186 – 193, 2012. ISSN 0008-8846.