

# MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO<sup>1</sup>

## PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

PATRIARCA, João Roberto de Moura<sup>2</sup>

MUNIZ, Eduardo Ramos<sup>3</sup>

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, destacando a corrosão das armaduras, fissuração e carbonatação. Por meio de uma revisão bibliográfica, foram identificadas as principais causas e possíveis soluções para essas patologias. A corrosão das armaduras é um dos problemas mais comuns em estruturas de concreto armado. Trata-se de um processo eletroquímico decorrente da reação de oxidação do aço. A adição de sílica ativa ao concreto é uma solução eficaz para reduzir a ocorrência e a evolução da corrosão. A fissuração do concreto é outra manifestação patológica relevante, podendo ocorrer devido a influências mecânicas ou físico-químicas. Essas fissuras podem comprometer a estética e a segurança da estrutura, além de permitirem a entrada de substâncias agressivas. É fundamental identificar e tratar essas fissuras o mais rápido possível. A carbonatação é um processo natural que ocorre em estruturas de concreto expostas ao ar ambiente. Esse processo reduz a proteção das armaduras contra a corrosão e diminui a resistência à compressão do concreto. Medidas como a adição de materiais reativos, como a sílica ativa, e a garantia de cobertura adequada da armadura são importantes para prevenir a carbonatação. Em conclusão, é essencial realizar inspeções periódicas em estruturas de concreto para identificar possíveis manifestações patológicas e adotar medidas corretivas. Um planejamento e projeto detalhados, o uso de materiais de qualidade e a execução adequada são fundamentais para garantir a durabilidade e segurança das construções. A conscientização sobre as principais patologias e a adoção de medidas preventivas são essenciais para minimizar os problemas e promover estruturas mais resilientes e duradouras.

**Palavras-chave:** Patologia; Corrosão; Fissuras; Carbonatação; Prevenção.

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Inhumas FacMais, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, no primeiro semestre de 2023.

<sup>2</sup> Acadêmico(a) do 10º Período do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Inhumas - FacMais. E-mail: [joapatriarca@aluno.facmais.edu.br](mailto:joapatriarca@aluno.facmais.edu.br)

<sup>3</sup> Professor(a)-Orientador(a). Eduardo Ramos Muniz, Docente da Faculdade de Inhumas. E-mail: [eduardoramos@facmais.edu.br](mailto:eduardoramos@facmais.edu.br)

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the pathological manifestations in reinforced concrete structures, highlighting reinforcement corrosion, cracking and carbonation. Through a bibliographic review, the main causes and possible solutions for these pathologies were identified. Reinforcement corrosion is one of the most common problems in reinforced concrete structures. It is an electrochemical process resulting from the oxidation reaction of steel. The addition of silica fume to concrete is an effective solution to reduce the occurrence and evolution of corrosion. Concrete cracking is another relevant pathological manifestation, which may occur due to mechanical or physical-chemical influences. These cracks can compromise the aesthetics and safety of the structure, in addition to allowing the entry of aggressive substances. It is critical to identify and treat these fissures as soon as possible. Carbonation is a natural process that occurs in concrete structures exposed to ambient air. This process reduces the protection of the reinforcement against corrosion and decreases the compressive strength of the concrete. Measures such as the addition of reactive materials such as metakaolin and ensuring adequate reinforcement coverage are important to prevent carbonation. In conclusion, it is essential to carry out periodic inspections on concrete structures to identify possible pathological manifestations and adopt corrective measures. Detailed planning and design, the use of quality materials and proper execution are essential to ensure the durability and safety of buildings. Awareness of the main pathologies and the adoption of preventive measures are essential to minimize problems and promote more resilient and lasting structures.

**Keywords:** Pathology; Corrosion; Cracks; Carbonation; Prevention.

## 1 INTRODUÇÃO

Esta revisão bibliográfica aborda as manifestações patológicas que ocorrem em estruturas de concreto armado, que são causadas por diversos fatores como corrosão, fissuras, trincas e carbonatação. O artigo enfatiza que o processo de construção e uso pode levar a essas manifestações, sendo recomendável dedicar mais tempo ao planejamento e projeto para evitar tais problemas. Com a implantação do concreto armado nas edificações no século XIX, houve um grande salto nas técnicas construtivas, permitindo ousados estilos estéticos e funcionais, cada vez mais com formas e vãos longos foram surgindo com o passar do tempo (FREITAS, 2009).

Após a chegada da Companhia Brasileira de Cimento Portland em 1924 e a recente industrialização do país, houve uma necessidade de obras de infraestrutura cada vez maiores, com o aumento da demanda acelerada começou a necessidade

de executar obras com maior qualidade e menor tempo possível, na virada do século o crescimento da construção civil brasileira tomou grandes proporções a partir de 2005 (CHAVES, 2005) então o mercado imobiliário cresceu em marcha acelerada. começou uma corrida na construção civil e conseqüentemente uma enxurrada de manifestações patológicas nas edificações.

O termo manifestação patológica aqui utilizado é uma analogia ao emprego do mesmo na área da saúde (GRANDISKI, 1995). Uma manifestação patológica é a expressão resultante de um mecanismo de degradação e a patologia é uma ciência formada por um conjunto de teorias que serve para explicar o mecanismo e a causa da ocorrência de determinada manifestação patológica (IBFC, 2017).

A compreensão de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, como exposição das armaduras, corrosão, carbonatação, cura insuficiente, falta de impermeabilização, baixa aderência da argamassa, recalque, falta de precisão na análise do solo, insuficiência no sistema de drenagem, pode ajudar tanto no meio profissional como no meio acadêmico a se desenvolver novas técnicas construtivas, e na elaboração de normas regulamentadoras para combater esse problema (BRITO, 2017).

O estudo das manifestações patológicas busca encontrar informações sobre possíveis motivos, mas também indicar soluções para tais imperfeições. Pelo fato de uma obra finalizada ser composta por várias etapas (BATISTA, 2021).

O objetivo deste trabalho é identificar os motivos e as origens dessas manifestações em estruturas de concreto armado, para associar a manifestação patológica a idade, tipo, método construtivo e a relação com materiais usados na execução.

Visto que a Construção Civil é um local com uma enorme variedade de materiais e que um conjunto de fatores levam ao surgimento de algumas manifestações patológicas, é possível identificar os motivos e origens dessas manifestações de edificações em estruturas de concreto armado.

Espera-se que seja possível avaliar as manifestações patológicas em estruturas de concreto, visto que é de grande importância o estudo de manifestações patológicas para a manutenção adequada das edificações e avaliação dos efeitos do surgimento da mesma, para que sejam tomadas as medidas necessárias à sua solução.

Realizaremos uma revisão bibliográfica das manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto armado com objetivo de relacionar a manifestação patológica identificada com sua possível causa, apresentar possíveis soluções e relacionar a mesma com a idade da edificação.

Atualmente observa-se que muitos pesquisadores se dedicam ao estudo da durabilidade da construção. Esse interesse se deve à grande quantidade de danos que ocorrem nas estruturas de concreto, principalmente devido ao efeito combinado da agressividade ambiental com os problemas estruturais que com elas interagem, bem como a utilização de práticas executivas inadequadas durante as diferentes etapas do processo construtivo (ARANHA, 1994). Justifica-se abordar o tema manifestações patológicas, identificar visualmente os problemas e buscar soluções.

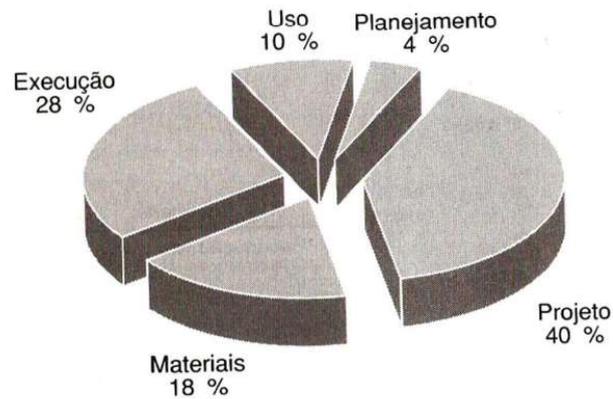
## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Manifestações Patológicas No Concreto Armado**

No campo da engenharia, a análise das patologias em edifícios se dedica ao estudo dos problemas construtivos e das conseqüentes alterações funcionais. Essas patologias podem surgir durante a execução da obra, devido à aplicação inadequada de materiais, dimensionamento deficiente do projeto ou falta de mão de obra qualificada (OLIVEIRA, 2014).

Segundo Helene (2007), o processo de construção e utilização pode ser dividido em cinco fases, como ilustrado na figura 01: planejamento, projeto, fabricação dos materiais e outros elementos, execução propriamente dita e utilização. A maioria das questões surge nas fases de planejamento e projeto. Em geral, a qualidade dos planos e projetos é tão importante quanto a qualidade dos materiais e da execução. Portanto, é recomendável dedicar mais tempo para tornar o projeto mais detalhado e abrangente.

**Figura 01-** Patologias nas etapas de processo de construção.



**Fonte:** HELENE (2007).

Segundo Gomes (2020), apropriadamente, há uma diferença entre manifestações patológicas e patologia, manifestações patológicas é a expressão produzida pelo mecanismo de degradação. A patologia é uma ciência que consiste em um conjunto de teorias que explicam como e por que isso acontece.

Há diversos fatores que levam uma estrutura de concreto armado a apresentar manifestações patológicas, no presente trabalho iremos abordar algumas bastante recorrentes, como corrosão das armaduras, fissuras, trincas, rachaduras e carbonatação.

### 2.1.1 Corrosão

A corrosão da armadura de aço dentro do concreto é um processo eletroquímico, onde acontece a reação de oxidação e os íons circulam através do eletrólito, como pode ser observado na figura 02.

**Figura 02** - Exemplo de corrosão na armadura.

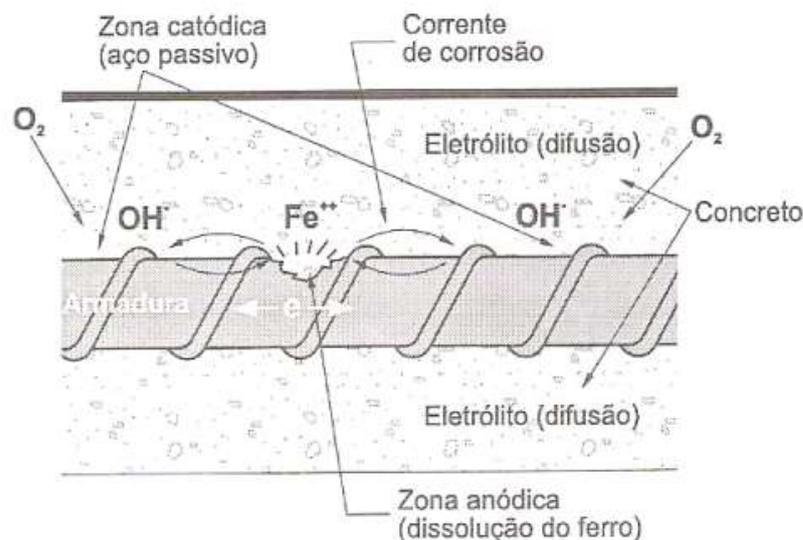


Fonte: SILVA (2018).

No ânodo, o ferro se dissolve à medida que a corrente é puxada. A eletricidade é direcionada através da água para o cátodo. Combinação de cátions  $Fe^{+}$  com ânion  $(OH)^{-}$  Hidróxido ferroso é formado, a cor é amarelo claro. No cátodo, o excesso de elétrons na armadura se combinam com água e o oxigênio que está presente no concreto para formar óxido de ferro hidratado ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ), a cor é avermelhada (SOUZA e RIPPER, 1998).

Portanto, pode-se concluir que apenas o oxigênio é consumido, no processo de formação de corrosão do aço. Este oxigênio geralmente existe nos poros do concreto e se afasta da superfície do concreto chegando à armadura. O processo pode ser visto na figura 03. A água existe apenas para fazer o processo de eletrólise ocorrer (REBMANN, 2011).

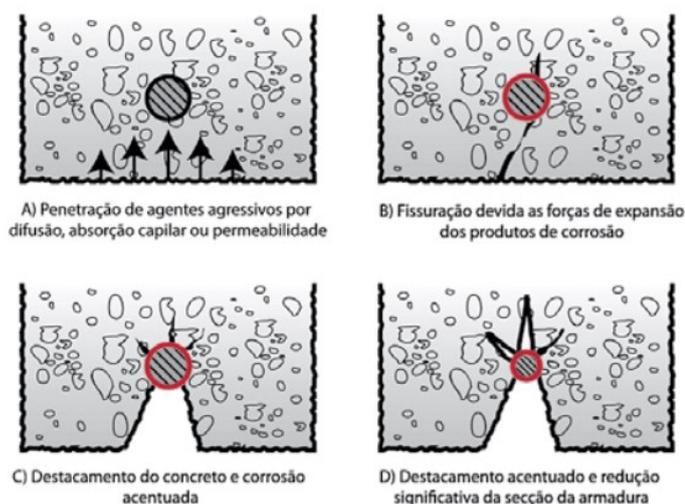
Figura 03 - Detalhes de como acontece o processo de corrosão.



Fonte: LODI (2020).

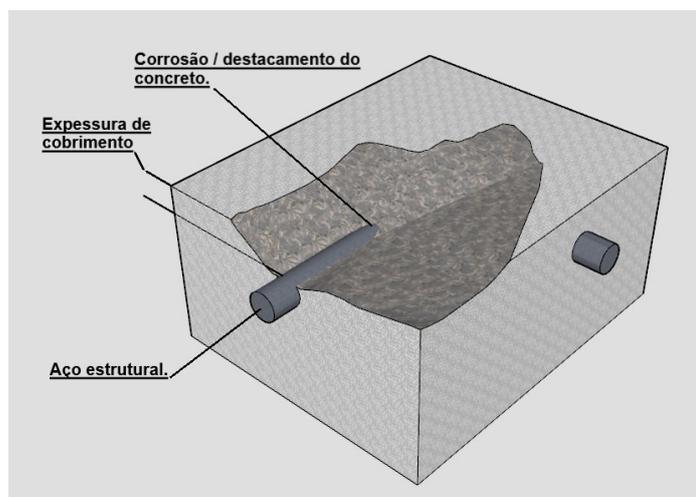
Durante a corrosão do vergalhão, o volume de produtos de corrosão (“ferrugem”) aumenta significativamente, gerando grande tensão no concreto, causando fissuras e descamação no concreto e argamassa, revestimentos cerâmicos, etc, o que pode ser notado nas figuras 04 e 05.

**Figura 04** - Deterioração progressiva do concreto de cobertura, devido à corrosão das armaduras.



Fonte: HELENE (1986).

**Figura 05** - Perda da camada de cobertura do concreto.



Fonte: Próprio Autor (2023).

A adição de sílica ativa ao concreto é um método para reduzir a ocorrência e evolução da corrosão em estruturas de concreto. Ele funciona melhor contra ataques agressivos. A sílica ativa promove a densificação da matriz cimentícia e reduz significativamente a porosidade e a permeabilidade da pasta cimentícia, evitando ou retardando a intrusão de substâncias agressivas causadoras de corrosão.

A sílica ativa também reage com o excesso de hidróxido de cálcio formado pela reação do cimento com a água, reduzindo a porosidade do concreto e impedindo a penetração de íons cloreto e dióxido de carbono.

As normas brasileiras recomendam o uso de cobertura mínima de concreto nas seções de aço para que o vergalhão não fique exposto. É necessário garantir um volume mínimo de concreto ao redor das ferragens para prevenir a corrosão. Caso a cobertura mínima não seja cumprida, a estrutura corre sério risco de não atender aos requisitos técnicos (SANTOS, 2006).

### 2.1.2 Fissuras

Uma fissura é uma fresta que atinge a superfície de concreto. Torna-se um caminho rápido para a entrada de substâncias agressivas na estrutura. A palavra fissura é utilizada para definir a ruptura que ocorre no concreto sob influência mecânica ou físico-química.

Para Silva (2022), As fissuras podem ser definidas como manifestações patológicas características de estruturas de concreto, até mesmo danos caso mais comum. Para usuários, essa exceção é mais necessária.

Na ocorrência de fissuras no concreto, a aparência e a estética da estrutura são as mais afetadas. Essa manifestação patológica transmite uma sensação de perda de segurança ao usuário do edifício é o aspecto mais importante a ser abordado (ZUCHETTI, 2016).

Essas fissuras apresentam-se geralmente como aberturas estreitas e longas na superfície de um material. Normalmente são de gravidade menor e superficial. De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), uma fissura é definida como a abertura resultante da ruptura de um material ou componente, com uma abertura igual ou inferior a 0,5 mm, conforme representado na tabela 06, a seguir.

**Figura 06** - Tabela de classificação de aberturas.

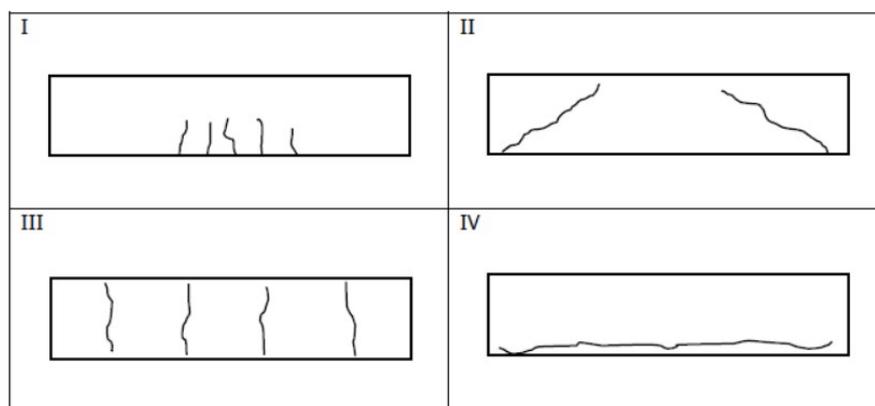
Tipo de Lesão	Abertura
Fissura	até 0,5 mm
Trinca	de 0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	de 1,5 mm a 5,0 mm
Fenda	de 5,0 mm a 10,0 mm
Brecha	acima de 10,0 mm

Fonte: OLIVEIRA (2012).

A fissuração pode ser causada por uma variedade de razões e mecanismos, tanto externos quanto internos. Em relação aos componentes externos, é causada pelo calor, higroscopicidade, sobrecarga, deformação, assentamento de elementos de concreto armado e recalque da base. Nas ações internas, os motivos podem estar vinculados a retração de produtos à base de cimento, e associados a alterações químicas dos elementos de materiais de construção (FERREIRA, 2022).

Pode-se verificar na figura 07, a seguir.

Figura 07 - Exemplo de fissuras.



Fonte: MPE RS (2015).

### 2.1.3 Trincas E Rachaduras

As trincas são aberturas mais profundas e proeminentes. "separação das partes" é o fator determinante que caracteriza a ruptura.

As trincas possuem propriedades que as distinguem de outras, como abertura e profundidade. As dimensões desta manifestação patológica são maiores do que 0,5 mm conforme NBR 9575 (ABNT, 2010).

E essa anomalia se divide em duas, maior grau de trincas mais perigosos do que fissuras, pois podem causar a quebra de componentes, o que pode afetar a

segurança dos componentes estruturais do edifício de acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), As consequências de trincas em estruturas de concreto podem afetar a durabilidade, perda de estanqueidade, deformabilidade simples e estética (DAL MOLIN, 1988).

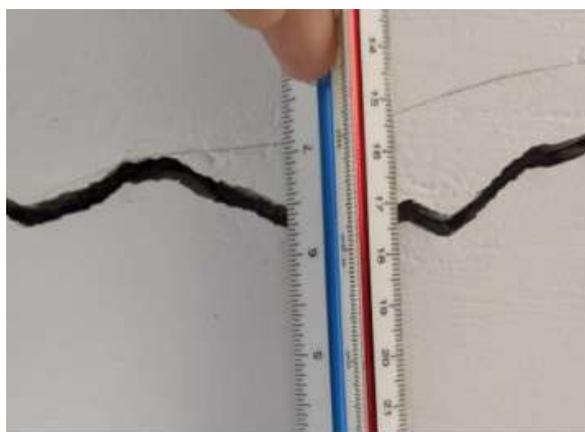
As trincas são causadas por material ou componentes com aberturas maiores que 0,5 mm e menores que 1,5 mm, como podemos ver na figura 08.

**Figura 8** - Exemplo de uma trinca.



**Fonte:** Próprio Autor, 2023.

**Figura 9** - Exemplo de uma rachadura que atingiu 5 mm.



**Fonte:** Próprio Autor, 2023.

Já as rachaduras, são caracterizadas por ter aberturas que são tão grandes, que o vento, a água, e até a luz viajam por entre suas aberturas. Portanto, apresenta-se mais abertura conhecidas que podem chegar a 5,0 mm, como mostrado na Figura 09.

As rachaduras, por apresentarem características semelhantes às trincas, porém em estágio mais avançado, demandam atenção imediata e necessitam ser prontamente reparadas, mas em fechar, você tem que corrigir o problema que o causou.

O levantamento de dados é realizado por meio de inspeção que é uma atividade técnica que abrange coleta de informações da edificação, inspeção detalhada da construção, avaliação criteriosa dos métodos construtivos e recomendar meios para recuperar, reforçar ou a restauração de estruturas (RIBEIRO, 2022).

A análise e o estudo de um processo patológico devem permitir que os pesquisadores determinem rigorosamente as origens e mecanismo e danos

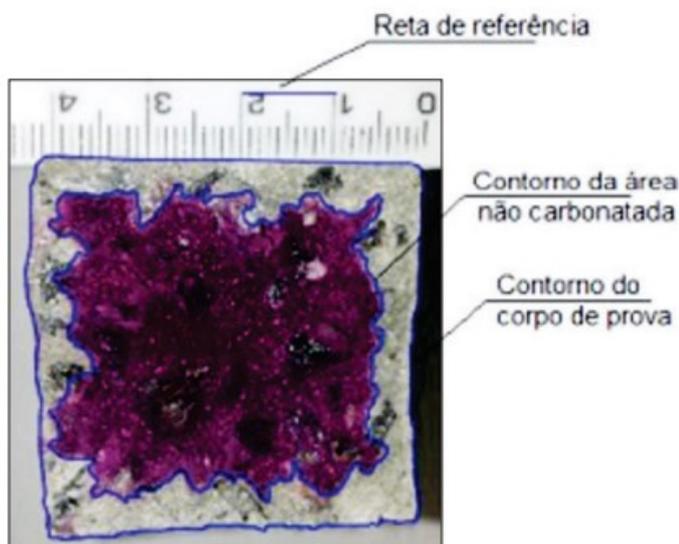
subsequentes, para que você possa avaliar e recomendar as técnicas mais eficazes para restauração. Esse tipo de pesquisa, é caracterizada por um exame ou avaliação detalhada da estrutura. Em geral, os seguintes passos correspondem ao exame e elaboração de documentos antecedentes, a estrutura e ambiente, com base na documentação presença e acesso ao trabalho; Inspeção visual geral de estruturas; investigação de danos; medição, análises físicas e químicas específicas, em armadura e arredores.

A avaliação inicial desempenha um papel crucial na identificação de problemas e na determinação da necessidade de uma investigação mais aprofundada da estrutura. Dependendo do tipo de estrutura e do problema em questão, essa avaliação inicial é fundamental para realizar um diagnóstico preciso, como ressaltado por Helene (2011).

#### 2.1.4 Carbonatação

Segundo Schröder e Smolczyk (1969), a taxa de carbonatação do concreto de cimento Portland ocorre principalmente devido à porosidade. Litvan e Meyer (1986) mostraram que após 20 anos de exposição às intempéries, que a carbonatação do concreto não só reduz completamente a concentração de  $\text{Ca(OH)}_2$ , como também aumenta a permeabilidade do material, pois os pequenos poros inicialmente presentes no material são transformados em Poros maiores e aceleram a carbonatação, como está representado na figura 10, que segue.

**Figura 10** - Exemplo de carbonatação.



Fonte: SANTOS (2020).

Saetta *et al.* (1993), concluiu que essa manifestação patológica afeta a durabilidade, como difusão de cloreto, difusão de oxigênio, absorção de água, formação de trincas, etc. O processo de carbonatação, além de baixar o pH do concreto, também cria microfissuras devido às variações de volume e altera as condições de penetração de agentes externos no material, uma vez que a penetração de agentes agressivos, como o CO<sub>2</sub>, é determinada essencialmente pela a estrutura de poros do material e umidade relativa dos poros.

Neville (1997) destacou que a adição de cinza volante tem um efeito adicional de densificação da estrutura da pasta de cimento hidratada, resultando em difusão reduzida e, portanto, penetração mais lenta na frente de carbonatação e aumentando a durabilidade da estrutura.

### 3 METODOLOGIA

O embasamento teórico foi realizado a partir de revisão bibliográfica com consultas à normas, artigos e revistas científicas consultadas através da Plataforma Periódicos Google Acadêmico.

Os assuntos abordados foram manifestações patológicas em concreto armado como fissuras, trincas, rachaduras, corrosão e carbonatação, mas temos também outros como eflorescência, deslocamentos, delaminação, entre outros .

Após definido o banco de dados para a seleção dos artigos e elaboração da revisão, iniciou a busca, no período entre os anos de 2013 a 2022, porém, algumas bibliografias antigas são fundamentais. Os artigos escolhidos se encontram na tabela 01, elencado abaixo.

**Tabela 01** – Metodologia de pesquisa (Referenciais Teóricos).

<b>AUTOR</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>ANO</b>
FELTEN; GRAHL; LONDERO, <i>et al.</i>	Levantamento de Manifestações Patológicas em Marquises de Concreto Armado	2013
SILVA; CABRAL, <i>et al.</i>	Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará	2014

ARIVABENE, <i>et al.</i>	Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso	2015
DE MORAIS, <i>et al.</i>	Análise de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado	2020

**Fonte:** Próprio Autor, 2023.

O estudo está estruturado em tópicos abrangentes às manifestações patológicas das estruturas, como um todo, e na Tabela 03 será demonstrado o que cada autor afirma ser o acometimento das manifestações patológicas no concreto armado.

Na tabela 02, Meira (2014) relaciona as principais manifestações patológicas, de ocorrência estatística:

**Tabela 02 – Incidência de Manifestações Patológicas**

<b>MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS</b>	<b>OCORRÊNCIA (PERCENTUAL)</b>
Fissuras	80% - 90%
Corrosão das armaduras	20% - 40%
Carbonatação	20% - 40%
Eflorescência	10% - 30%
Delaminação	5% - 10%
Desplacamentos	5% - 15%

**Fonte:** MEIRA (2014).

Análogo a este estudo, criou-se a Tabela 03, demonstrando no estudo realizado com as bibliografias atualizadas e selecionadas, quais as manifestações mais comuns a estes autores.

**Tabela 03 –** Patologias analisadas (Referenciais Teóricos).

<b>FONTE</b>	<b>POSSÍVEL CAUSA(DOR)</b>	<b>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</b>
FELTEN; GRAHL; LONDERO, <i>et al.</i>	Falta de Impermeabilização adequada; Cobrimento inexistente; Falta de manutenção.	Infiltração; Mofo; Fissuras; Deterioração do Concreto.
SILVA; CABRAL, <i>et al.</i>	Falta de Impermeabilização; Falha na Execução.	Corrosão; Fissuras; Infiltrações.
ARIVABENE, <i>et al.</i>	Infiltrações, Manchas, Mofo e Eflorescência.	Corrosão; Carbonatação.
DE MORAIS, <i>et al.</i>	Infiltração e Falta de Manutenção	Corrosão; Fissura; Manchas; Eflorescência.

**Fonte:** Próprio Autor, 2023.

A movimentação da estrutura também é um fato demonstrado por diversos pesquisadores, ou seja, todas as estruturas de concreto "trabalham". Assim, é afetado por uma série de condições emergindo desse processo, que é resultado de uma questão de concepção do projeto, e execução. Com base nessas informações, este trabalho se propõe a responder o que são as principais causas de rachaduras, fissuras e outras patologias em estruturas de concreto armado.

Em resumo, todos os artigos destacam a importância da manutenção e inspeção periódicas das estruturas de concreto armado para identificar e corrigir as patologias precocemente, garantindo a segurança e durabilidade das edificações. Além disso, são discutidas as possíveis causas das patologias e as soluções adotadas para corrigi-las.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para ARIVABENE, *et al.* (2015) "Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso":

O artigo apresenta um estudo de caso sobre as patologias em uma estrutura de concreto armado de um edifício residencial. As manifestações patológicas identificadas incluem trincas, fissuras, deslocamentos e corrosão da armadura. São discutidas as possíveis causas dessas patologias, bem como as soluções adotadas para corrigi-las.

Para DE MORAIS, *et al.* (2020) "Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado":

O artigo apresenta uma análise de diversas manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, incluindo fissuras, trincas, deslocamentos e corrosão da armadura. São discutidas as possíveis causas dessas patologias, bem como as medidas preventivas e corretivas que podem ser adotadas para evitá-las ou corrigi-las. O artigo destaca a importância da inspeção periódica das estruturas para identificar as patologias precocemente.

Para SILVA; CABRAL, *et al.* (2014), "Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará":

O artigo apresenta um estudo realizado em edificações do estado do Ceará para levantar as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. Foram analisadas diversas patologias, como fissuras, trincas, corrosão da armadura, deslocamentos e outras patologias. As edificações analisadas foram divididas em diferentes categorias, como residenciais, comerciais e industriais, e foram avaliadas quanto à idade, uso e tipo de construção. O estudo apontou que as patologias mais comuns nas edificações analisadas foram fissuras e deslocamentos, sendo a maioria das patologias relacionadas a problemas construtivos, como falta de impermeabilização e dimensionamento inadequado de elementos estruturais. O artigo destaca a importância da manutenção preventiva e corretiva das edificações para evitar agravamento das patologias e garantir a segurança dos usuários.

Para FELTEN; GRAHL; LONDERO, *et al.* (2013), "Levantamento de manifestações patológicas em marquises de concreto armado":

O artigo apresenta um estudo de caso sobre as patologias em marquises de concreto armado de um edifício comercial. As patologias identificadas incluem fissuras, deslocamentos e corrosão da armadura. São discutidas as possíveis causas dessas patologias, bem como as soluções adotadas para corrigi-las. O artigo

destaca a importância da manutenção periódica das marquises para garantir a segurança dos usuários e evitar acidentes.

A discussão apresentada trata-se das patologias que podem afetar a construção de edifícios e como elas podem ser evitadas ou minimizadas. A patologia dos edifícios é dedicada ao estudo dos problemas de construção e das alterações funcionais resultantes. Os problemas podem surgir em qualquer fase do processo de construção, mas as fases de planejamento e projeto são cruciais para a qualidade da construção. Um projeto detalhado e completo pode minimizar problemas futuros.

Destaca-se a corrosão das armaduras como uma patologia comum em estruturas de concreto armado. A corrosão é um processo eletroquímico que ocorre quando os íons circulam através do eletrólito. Durante a corrosão, o volume de produtos de corrosão aumenta, gerando grande tensão no concreto, causando fissuras e descamação. A adição de sílica ativa ao concreto é um método para reduzir a ocorrência e evolução da corrosão em estruturas de concreto.

Outra patologia comum é a fissuração do concreto, que pode ocorrer sob influência mecânica ou físico-química. As fissuras podem afetar a aparência e a estética da estrutura, transmitindo uma sensação de perda de segurança ao usuário.

Em geral, a qualidade do material e a execução são importantes para evitar patologias, mas planos e projetos detalhados e completos são igualmente importantes. As normas brasileiras recomendam o uso de cobertura mínima de concreto nas seções de aço para evitar a corrosão. Deve haver um volume mínimo de concreto ao redor da ferragem para evitar a corrosão. Caso a cobertura mínima não seja cumprida, a estrutura corre sério risco de não atender aos requisitos técnicos.

A carbonatação é um processo que ocorre naturalmente em estruturas de concreto expostas ao ar ambiente. Ela é causada pela reação do dióxido de carbono presente no ar com a pasta de cimento hidratada. A carbonatação reduz o pH da pasta de cimento e, conseqüentemente, diminui a proteção das armaduras contra a corrosão. Além disso, a carbonatação também causa a diminuição da resistência à compressão do concreto.

Para prevenir a carbonatação, é possível adicionar materiais como o metacaulim, que possui alta reatividade e pode reduzir a permeabilidade da pasta de

cimento. Também é importante garantir uma cobertura adequada da armadura de aço para evitar a exposição direta ao ar.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo das patologias em edifícios é fundamental para garantir a segurança e a durabilidade das construções. O processo de construção e uso pode ocorrer em fases, sendo que as fases de planejamento e projeto são de extrema importância. É necessário dedicar mais tempo para tornar o projeto mais detalhado e completo.

A corrosão das armaduras é um dos principais problemas que levam a manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. A corrosão é um processo, que ocorre pela reação de oxidação do aço. A adição de sílica ativa ao concreto é uma das soluções para reduzir a ocorrência e evolução da corrosão em estruturas de concreto.

Outra manifestação patológica recorrente são as fissuras, que podem permitir a entrada de substâncias agressivas na estrutura, o que pode levar a danos maiores. É fundamental que essas fissuras sejam identificadas e tratadas o mais rápido possível para evitar que a estrutura seja comprometida.

Em resumo, é necessário que sejam realizadas inspeções periódicas em edifícios para identificar eventuais problemas patológicos e tomar as medidas necessárias para corrigi-los. É fundamental que os projetos sejam bem elaborados e executados com materiais de qualidade e mão de obra qualificada, para garantir a durabilidade e segurança das construções.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT. NBR 9575: **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

ARANHA, Paulo Márcio da Silva. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. 1994.

ARRIVABENE, Antonio Cesar. Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso. **Revista Especialize** On-line IPOG, Goiânia, v. 3, n. 10, p. 1-22, 2015.

BATISTA, João Pedro Lemos; XIMENES NETO, Ronald. **Análise de manifestação de patologias em uma edificação: um breve estudo de caso na cidade de Goiânia-GO**. 2021.

BRITO, Thais Farias de. **Análise de Manifestações Patológicas na Construção Civil pelo Método GUT: estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior.** 2017.

CHAVES, Marcelo Antonio. **Da periferia ao centro da(o) capital: perfil dos trabalhadores do primeiro complexo cimenteiro do Brasil.** São Paulo: 1925-1945. Dissertação de mestrado em História: UNICAMP, 2005

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.** 1988.

DE MORAIS, João Marcos Pereira *et al.* Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e759974964-e759974964, 2020.

FELTEN, Débora; GRAHL, Kamila Fabiane Sartori; LONDERO, Carolina. Levantamento de manifestações patológicas em marquises de concreto armado. **Revista Thêma et Scientia**, v. 3, n. 1, 2013.

FERREIRA, Francisco Érique de Sousa. **Análise de fissuras em alvenarias de vedação: causas, prevenção e recuperação.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

FREITAS, Maria Luiza de. A Christiani & Nielsen e a arquitetura do concreto armado no Brasil: indagações em torno da relação entre arte e técnica. **SEMINÁRIO DOCOMOMO BRASIL**, v. 8, p. 1-16, 2009.

GOMES, Adriele Rodrigues. **Análise da manifestação patológica no processo de carbonatação no concreto:** mapeamento do índice de carbonatação correlacionado com a localização construtiva. 2020.

GRANDISKI, P. **Perícias Judiciais.** São Paulo: CREA-SP. 1995.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de cimento Portland. **Isaia, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 905-944, 2007.

HELENE, Paulo; SILVA FILHO, L. C. Análise de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração. **Concreto: Ciência e Tecnologia**, v. 2, 2011.

HELENE, P. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado.** São Paulo: PINI/IPT, 1986. 45 p. ISBN 85-09-00004-2

Instituto Brasileiro de Formação e Capacitação (IBFC) - 2017 - HUGG-UNIRIO/RJ I. Disponível em: <<https://www.estudegratis.com.br/questoes-de-concurso/materia/engenharia-civil/assunto/patologia>>

LITVAN, Gerard Gabriel; MEYER, A. Carbonatação de concreto granulado de cimento de escória de alto-forno durante vinte anos de exposição em campo. **Publicação Especial** , v. 91, p. 1445-1462, 1986.

LODI, F. S. S. A.; MARQUES, M. F. V.; LOURENÇO, P. B. Structural health monitoring of concrete beams using fiber optic sensors. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 586-602, 2020.

MEIRA, G. R.; HELENE, P. R. L. **Patologia das construções em concreto armado**. Editora Pini, 2014.

MPE RS. **Cartilha da Saúde Mental**. Porto Alegre: Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2015.

NEVILLE, A. M. Properties of concrete (4th and final ed.) Pearson Education Limited. **Harlow, United Kingdom**, 1997.

REBMANN, R. **Corrosion of Steel in Concrete: Understanding, investigation and repair**. New York: Taylor & Francis Group, 2011.

SAETTA, Anna V.; SCOTTA, Roberto V.; VITALIANI, Renato V. Análise da difusão de cloretos em concreto parcialmente saturado. **Revista de Materiais** , v. 90, n. 5, pág. 441-451, 1993.

OLIVEIRA, Catarina Pinheiro. **Comportamento de obras reabilitadas**. 2014.

OLIVEIRA, A.M. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Belo Horizonte: Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

RIBEIRO, Bruno de Carvalho *et al.* **A Construção 4.0 e a proposta de aplicativo para auxílio em Laudos Técnicos de edificações**. 2022.

SANTOS, Lourdimine. **Avaliação da resistividade elétrica do concreto como parâmetro para a previsão da iniciação da corrosão induzida por cloretos em estruturas de concreto**. 2006.

SANTOS, Bruna Silva; ALBUQUERQUE, Diana Dias Mariano; RIBEIRO, D. Veras. Efeito da adição do metacaulim na carbonatação de concretos de cimento Portland. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 13, p. 1-18, 2020.

SCHRÖDER, K.H., SMOLTCZYK, H.G. Calcium Carbonate Formation and Carbonation of Cement Paste. **Journal of the American Ceramic Society**, Vol. 52, No. 12, pp. 657-660, 1969.

SILVA, Daniel Henrique. Recuperação de estruturas de concreto – Corrosão das Armaduras – Estudo levantado no Centro Oeste de Minas Gerais. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 10, Vol. 02, pp. 64-77 Outubro de 2018. ISSN:2448-0959

SILVA, Luiza Kilvia da; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará.** 2014.

SILVA, Rickelly Karla Gonçalves da *et al.* **Estudo das manifestações patológicas em habitações de interesse social no município de Piranhas–AL com uso da ferramenta GUT: estudo de caso.** 2022.

SOUZA, V. C. e RIPPER, T. **Corrosão em Armaduras de Concreto Armado.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

ZUCCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.