

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ABRAÃO NASCIMENTO DE LIMA
JOANDERSON CÂNDIDO DA SILVA
REGINALDO ALEXANDRE DA SILVA

PATOLOGIAS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

RECIFE/2025

ABRAÃO NASCIMENTO DE LIMA
JOANDERSON CÂNDIDO DA SILVA
REGINALDO ALEXANDRE DA SILVA

PATOLOGIAS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho apresentado ao Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professora Orientadora: Dra. Carolina de Lima França

RECIFE/2025

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Laís Cardoso, CRB-4/PE-1753/P.

L732p Lima, Abraão Nascimento de.
Patologias em vigas de concreto armado / Abraão Nascimento de
Lima, Joanderson Cândido da Silva, Reginaldo Alexandre da Silva. -
Recife: Edição do autor, 2025.
33 p. : il. color.

Orientador(a): Dra. Carolina de Lima França.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Brasileiro – Unibra. Bacharelado em Engenharia Civil,
2025.

Inclui Bibliografia.

Inclui Fotografia.

1. Patologias. 2. Durabilidade. 3. Concreto. 4. Vigas. I. Silva,
Joanderson Cândido da. II. Silva, Reginaldo Alexandre da. III.
Centro Universitário Brasileiro - Unibra. IV. Título.

CDU: 624

ABRAÃO NASCIMENTO DE LIMA
JOANDERSON CÂNDIDO DA SILVA
REGINALDO ALEXANDRE DA SILVA

PATOLOGIAS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pelo Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, por uma comissão examinadora formada pelos seguintes professores:

Prof.^a Dra. Carolina de Lima França

Professor(a) Examinador(a)

Professor(a) Examinador(a)

Recife, ____ de _____ de 2025.

NOTA: _____

*Dedicamos o trabalho à ciência e à engenharia para expansão do
conhecimento.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Deus pelas bênçãos recebidas durante todos os semestres, por nos ter concedido força, sabedoria e inteligência para administrar tamanha responsabilidade durante os momentos difíceis.

A família enlutada, abraçando a causa, nos dando conselhos sábios e provérbios mais valiosos que o ouro e a prata, aos amigos, que lutaram ao nosso lado e fizeram um bom combate, à nossa orientadora Prof.^a Dra. Carolina de Lima França, pela paciência e ensinamentos durante a formalização deste trabalho.

Acima de tudo, ao Senhor que nos livra do mal e endireita nossos caminhos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO.....	9
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	9
2 JUSTIFICATIVA.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 CORROSÃO.....	11
3.2 TIPOS DE CORROSÃO.....	12
3.3 PROCESSOS FÍSICOS DE DETERIORAÇÃO.....	12
3.4 INTERVENÇÃO.....	12
3.5 CONCEITO DE MANUTENÇÃO.....	14
3.6 EFEITOS DAS ÁGUAS AGRESSIVAS NO CONCRETO.....	15
3.7 CARBONATAÇÃO DO CONCRETO.....	16
3.8 MATERIAIS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO E REFORÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	17
3.9 SOLUÇÕES PARA EVITAR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	17
3.10 CONCRETO PROJETÁVEL.....	18
3.11 ARGAMASSA OU CIMENTO MODIFICADO COM LÁTEX.....	19
3.12 CONCRETO COM FIBRAS.....	19
3.13 CONCRETO COM SÍLICA ATIVA.....	19
3.14 APLICAÇÃO DE COMPOSTO DE FIBRA DE CARBONO.....	20
4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	20
5 ESTUDO DE CASO.....	21
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6.1 CAUSAS DAS PATOLOGIAS IDENTIFICADAS.....	26
6.1.1 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO.....	26
6.1.2 CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	27
6.1.3 DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS.....	27
6.1.4 MOVIMENTAÇÃO DO SOLO.....	27
6.2 ETAPAS DE DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS.....	27
6.2.1 INSPEÇÃO VISUAL.....	27

6.2.2 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.....	27
6.2.3 ENSAIOS DESTRUTIVOS.....	28
6.2.4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	28
6.3 DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES ESPECIAIS.....	28
6.3.1 DIAGNÓSTICO NOS PILARES.....	28
6.3.2 ENSAIOS CONFORME AS NORMAS REGULAMENTADORAS.....	28
6.3.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
8 REFERÊNCIAS.....	30

PATOLOGIAS EM VIGAS DE CONCRETO

Abraão Nascimento de Lima
Joanderson Cândido da Silva
Reginaldo Alexandre da Silva
Prof.^a Dra. Carolina de Lima França¹

Resumo: O objetivo deste trabalho é classificar e identificar problemas patológicos recorrentes em vigas de concreto armado. Trata-se de uma revisão bibliográfica na qual foram analisados livros, monografias disponíveis na biblioteca da instituição, artigos científicos de bases de dados e em sites como Google Acadêmico e SciELO, além de ser também utilizado como ferramenta de pesquisa visitas em campo e ensaios normalizados. Foi realizado um estudo que permitiu identificar falhas na concepção do projeto da viga, falhas na execução e a ausência de manutenção periódica. Concluiu-se que todas as anomalias apresentadas foram causadas por falha humana, e que poderiam ter sido evitadas se os cuidados apresentados neste trabalho tivessem sido seguidos, em conformidade com as normas vigentes. Por isso, são também apresentadas as possíveis soluções após o diagnóstico, além de orientações para evitar a ocorrência dessas manifestações patológicas em vigas de concreto armado.

Palavras-chave: Patologias. Durabilidade. Concreto. Vigas.

Abstract: The objective of this work is to classify and identify recurring pathological problems in reinforced concrete beams. This is a bibliographic review in which books, monographs available in the institution's library, scientific articles from databases and websites such as Google Scholar and SciELO were analyzed, in addition to using field visits and standardized tests as research tools. A study was conducted that allowed the identification of design flaws in the beam project, execution flaws, and the lack of periodic maintenance. It was concluded that all the presented anomalies were caused by human error and could have been avoided if the precautions presented in this work had been followed, in accordance with the current regulations. Therefore, possible solutions after the diagnosis are also presented, along with guidelines to prevent the occurrence of these pathological manifestations in reinforced concrete beams.

Keywords: Pathologies. Durability. Concrete. Beams.

¹ Professora do Centro Universitário Brasileiro. E-mail: carolina.franca@grupounibra.com.

1. INTRODUÇÃO

O estudo das patologias vem se renovando em proporção às novas tecnologias do segmento que permitem agregar novos conhecimentos, além de facilitar reparos que por sua vez demandam medidas drásticas. De acordo com Souza e Ripper (1998), a patologia em vigas de concreto armado estuda as deteriorações e falhas que podem ocorrer em estruturas feitas com esse material. O concreto armado é usado amplamente na construção civil, devido à sua resistência e durabilidade. No entanto, ao longo do tempo, diversos motivos podem causar danos e comprometer a integridade da estrutura da viga, devido aos fatores, como: erros de projeto, má execução, entre outros.

Essas patologias podem danificar a estrutura e comprometer a segurança e a durabilidade da viga de concreto armado, exigindo intervenções corretivas, sendo alguns dos principais problemas encontrados: fissuras, deslocamento, corrosão, dentre outros. Segundo Silva (2019), para analisar as vigas de concreto armado são utilizados diferentes métodos e técnicas, como análise visual, ensaios laboratoriais, testes de resistência ou até mesmo ultrassom. Com base nos resultados obtidos, podem ser adotadas diferentes soluções, como: reparo, reforço estrutural, ou em casos mais graves, a substituição completa dos elementos danificados.

Grande parte dos problemas existentes nas vigas de concreto armado, são de falha humana, seja por negligência ou despreparo dos envolvidos no projeto e/ou execução dos serviços. Quando se fala em falha de projeto, a concepção errada ou negligenciada pode ocasionar manifestações patológicas na edificação, ocorridas por inexistência, mau dimensionamento de viga, erro na bitola, número insuficiente de barras de aço (o que provoca acúmulo de tensões na camada de concreto), e escolha de material inadequado. Quando se trata de problemas de execução, é sinal de desconhecimento das características e importância dos materiais empregados ao sistema, resultando em vícios construtivos e desobediência às normas regulamentadoras, o que pode resultar em falhas a curto prazo (THOMAZ, 2020).

Sabe-se que as vigas de concreto armado demandam atenção e cuidados especiais para manter a estrutura em bom estado de conservação e realizar intervenções corretivas e preventivas. É fundamental realizar monitoramentos

regularmente e implementar medidas de prevenção e manutenção adequadas, a fim de evitar problemas futuros com sua estrutura (THOMAZ, 2020).

Outro fator muito importante no que diz respeito à integridade das edificações é a manutenção periódica com o objetivo de estender a vida útil da edificação, como preconiza a NBR 5476 (ABNT, 2020). A manutenção periódica, seja de caráter preventivo ou corretivo, garante que, se houver manifestações patológicas no sistema, o valor de recuperação será bem menor. Segundo a Lei de Evolução de Custos, conhecida como Regra de Sitter, os custos de intervenção tendem a crescer exponencialmente quanto mais tardia for esta intervenção, podendo ser representados em um gráfico de progressão geométrica de razão (MARIANO; MARTINS, 2018).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Qual a finalidade do estudo de patologias em vigas de concreto armado e como os resultados obtidos podem colaborar para novas tecnologias e métodos de manutenção?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

- Classificar e identificar problemas patológicos recorrentes em vigas de concreto armado.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar de forma sucinta todas as etapas que constituem o sistema de vigas de concreto armado;
- Identificar e analisar as manifestações patológicas mais recorrentes em vigas de concreto armado, suas causas e intervenções necessárias para seu devido tratamento;
- Diagnosticar e propor soluções embasadas em ensaios normatizados e em literatura.

2. JUSTIFICATIVA

De acordo com matéria publicada no jornal G1 em 11 de julho de 2023, cerca de 338 imóveis localizados na Região Metropolitana do Recife se encontram interditados por riscos de desabamento, onde parte dessas construções abandonadas e que já deveriam ter sido demolidas são ocupadas irregularmente por pessoas que não têm onde morar (G1, 2023). A maioria desses imóveis apresenta problemas estruturais, tendo como exemplo um imóvel localizado no bairro da Torre, na zona oeste de Recife, que apesar de possuir cinco pavimentos, chama atenção por sua precariedade: não possui pilares e nem vigas, apresenta tijolos cerâmicos vazados, como também quebrados, com a fiação e tubulação hidráulica exposta. Apesar disso, cerca de doze famílias residem no local.

Já em matéria também publicada pelo jornal G1 em 10 de agosto de 2023, cerca de 148 prédios na Região Metropolitana do Recife correm risco muito alto de desabamento, o que corresponde a cerca de 44% dos imóveis mencionados na matéria anteriormente publicada pelo veículo de informação (G1, 2023). Esses edifícios vêm sendo monitorados desde 2010, e ainda abriga moradores, mesmo diante das péssimas condições de habitação. No entanto, pouco foi feito para mudar esta situação, de acordo com levantamento realizado pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (Itep), em pesquisa financiada pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). No decorrer desse período de 13 anos, alguns prédios desabaram, enquanto outros, como o Conjunto Muribeca, localizado em Jaboatão dos Guararapes, foram total ou parcialmente demolidos.

Grande parte dos imóveis interditados é do tipo caixão, contudo, apresentam patologias que também podem ser encontradas em edificações construídas com concreto armado, tais como fissuras e rachaduras. Essas patologias podem contribuir para o surgimento de infiltrações e até mesmo para problemas estruturais mais graves. Grande parte dessas patologias poderia ser evitadas caso fossem realizadas vistorias periódicas e, quando necessário, a devida manutenção das estruturas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CORROSÃO

A corrosão pode ocorrer devido ao contato direto do aço com meios passivos ou agentes agressivos, sendo um deles é o gás carbônico, presente na maior parte dos centros urbanos. A porosidade do concreto torna-se relativa a depender da função em que a peça está inserida ou qual a utilidade que ela irá desempenhar (GRUPO AÇO CEARENSE, 2017).

Diante desse cenário, ao construir estruturas de concreto, é importante avaliar os graus de agressividade do ambiente em que a peça de concreto será inserida. Além disso, é fundamental seguir as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 6118: 2003.

Quadro 1: Classes de Agressividade Ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: NBR 6118, 2003.

Em Recife-PE há casos decorrentes de corrosão, incluindo um localizado em Boa Viagem, no residencial da rua Charles Darwin. Durante uma inspeção, observou-se que o aço da estrutura estava sendo atacado por sulfatos presentes do ambiente marinho, classificado pela NBR como risco forte. Esses danos causados na armadura geram perda de seção, resultando na deterioração das propriedades do aço até sua transformação em ferrugem, comprometendo a aderência, a rigidez das ancoragens e do cobrimento.

3.2 TIPOS DE CORROSÃO

De acordo com Novaes e Poznyakov (2021) a corrosão pode ser classificada em dois tipos: A química quando é formada pelo contato do aço e ar, ou ainda a eletrolítica que depende do meio aquoso sendo ainda a mais perigosa. Essa manifestação patológica pode ser formada por alguns pivôs os quais são:

- Baixo cobrimento da armadura;
- Tensões nas armaduras;
- Agentes agressivos externos e internos;
- Concreto de baixa qualidade.

3.3 PROCESSOS FÍSICOS DE DETERIORAÇÃO

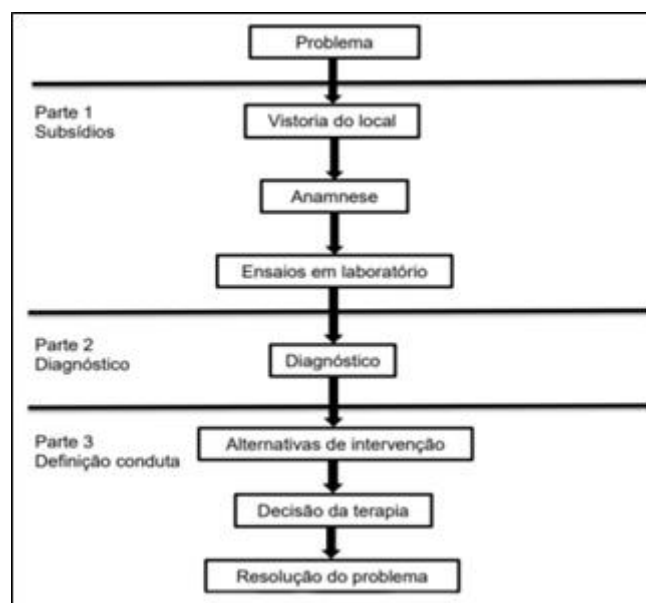
Quadro 2: Processos Físicos de Deterioração

FISSURAÇÃO		Deficiências de projetos			
		Construção plástica			
		Assentamento do concreto			
		Variações de temperaturas			
DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO		Fissuração			
		Movimentação das Fôrmas			
		Corrosão do concreto			
PERDA DE ADERÊNCIA					
DESGASTE DO CONCRETO					

Fonte: Souza e Ripper, 1998.

3.4 INTERVENÇÃO

Atuar com intervenção nas manifestações patológicas significa estar ciente das causas que trouxeram a sintomática, especialmente quando ela se manifesta nas vigas de concreto armado. Com base nesse entendimento, a dinâmica diagnóstica das manifestações é esquematizada da seguinte forma:

Fluxograma 1: Resolução de Patologias na Construção Civil

Fonte: Novaes e Poznyakov, 2021.

Necessariamente, o grau da intervenção depende do nível em que a manifestação patológica se encontra, existem aquelas em que todo o conjunto Laje-viga necessita de intervenções imediatas, que devem ser executadas de rapidamente para corrigir danos que comprometam a segurança da estrutura e prejudiquem seu desempenho e utilização.

- **Intervenção de proteção e prevenção:** São ações que visam tratar e retardar a deterioração da estrutura;
- **Polimento:** Consiste em diminuir a aspereza da superfície do concreto para impedir que a estrutura se desagregue no decorrer do tempo;
- **Reparos:** Ações que visam recuperar a qualidade ou ainda o desempenho da estrutura;
- **Reforços:** Responsável por reestruturar a resistência da estrutura para esta suportar os novos esforços;
- **Substituição da estrutura:** Ocorre quando não há mais alternativas de correção que possam levar a restauração da tenacidade para absorção dos esforços.

3.5 O CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Entende-se como manutenção todo e qualquer esforço que visa zelar, melhorar e acompanhar o desenvolvimento da estrutura. Seus usuários tornam-se responsáveis pela operação e pelas rotinas dessas atividades conservadoras, pois os proprietários e investidores devem estar dispostos a suportar o custo desse sistema (SOUZA; RIPPER, 1998).

A base dinâmica dessa qualidade integrada são as inspeções rotineiras, nas quais as diretrizes dos projetistas serão o fator preponderante. Vale ressaltar que o grau de intervenção depende do ambiente em que a estrutura está inserida, podendo ser revisado ao término de sua periodicidade (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 1: Vistoria de Imóvel localizado no bairro de Boa Viagem, Recife-PE.



Fonte: Autores, 2023.

Durante a inspeção, no estacionamento do imóvel avaliado (Figura 1), foram observadas manifestações patológicas significativas nas vigas de concreto armado. A elevada agressividade do composto oxidante causou a oxidação das armaduras de aço, resultando no deslocamento do concreto nas vigas.

A continuidade do processo de deterioração pode levar ao aumento do volume de oxidação, intensificando o deslocamento do concreto e, eventualmente, causando falhas mais graves, por isso, é fundamental monitorar a evolução dessas manifestações patológicas ao longo do tempo.

Tabela 1: Correspondência entre Classe de Agressividade Ambiental e Cobrimento Nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$

Tipo de Estrutura	Componente ou Elemento	Classe de Agressividade Ambiental			
		I	II	III	IV
		Concreto Nominal (mm)			
Concreto Armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto Protendido	Todos	30	35	45	55

Fonte: NBR 6118, 2003.

3.6 EFEITOS DAS ÁGUAS AGRESSIVAS NO CONCRETO

Todas as águas em sua maior parte são agressivas ao concreto, todavia, as águas em movimento são responsáveis por causar maiores danos as vigas de concreto armado (SOUZA; RIPPER, 1998).

- **Águas agressivas:** Águas poluídas com produtos químicos, águas industriais e águas de esgotos.
- **Águas puras:** São águas que não contém sais dissolvidos em toda sua composição, levando a aumentar a porosidade do concreto, diminuindo consequentemente a sua resistência.

Figura 2: Lixiviação em Viga de Concreto Armado.



Fonte: Guide Engenharia, 2017.

3.7 CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

A carbonatação do concreto é resultado da ação dissolvente do anidrido carbônico (CO_2), que está presente na atmosfera, sobre o cimento já hidratado. O resultado disso é a formação do composto inorgânico carbonato de cálcio (CaCO_3), o que leva a redução do pH do concreto. Quanto maior for a concentração de CO_2 , menor vai ser o pH, e mais espessa será a camada de concreto carbonatada.

Esse fenômeno pode ser determinado por meio de averiguações precisas, quando o dióxido de cálcio quebra o filme de óxido que protege o concreto. Conclui-se que a peça carbonatada encontra-se em risco e, futuramente, pode apresentar manifestações patológicas. Portanto, a porosidade do concreto é um fator crucial, uma vez que amplia os riscos de danos significativos. A medida da carbonatação é realizada em profundidade, e a equação representada abaixo (Eq. 1) ilustra tal medição (SOUZA; RIPPER, 1998).

$$-x = k\sqrt[n]{t} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

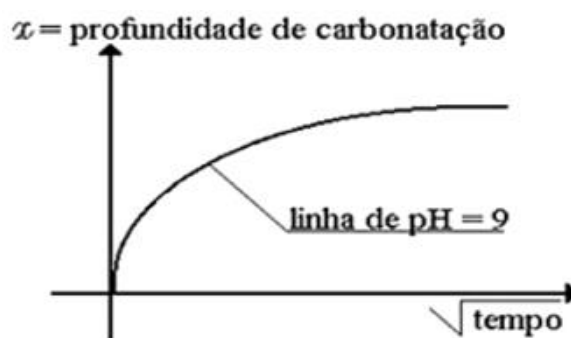
x – profundidade de penetração da carbonatação;

k – constante, função da porosidade e permeabilidade do concreto;

$n = 2$ – em ambientes internos;

$n \leq 2$ – em ambientes externos.

Figura 3: Propagação da carbonatação com o tempo.



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

3.8 MATERIAIS UTILIZADOS PARA RECUPERAÇÃO E REFORÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

No caso de se ter um meio ambiente cujo agente agressor sejam as águas puras, ácidas ou carbônicas, devem-se empregar, por ordem de prioridade, os seguintes cimentos:

- Cimento Pozolânico, com teor de pozolana entre 15% e 50%;
- Cimento Portland de alto-forno com teor de escória superior a 60%;
- Cimento Portland com baixo teor de C_3S .

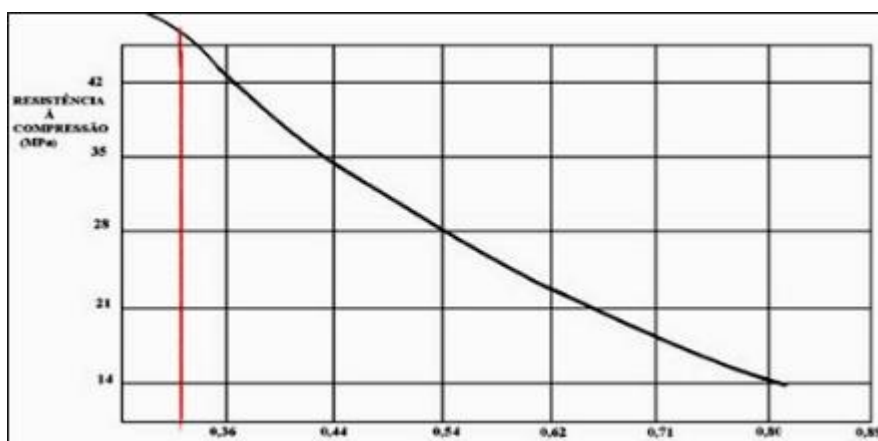
3.9 SOLUÇÕES PARA EVITAR A MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

- **Argamassas ou concretos modificados com epóxi:** Para obtenção desse material, durante o processo na betoneira, adicionam-se a resina à base de PVA, o catalisador e a água. Para obtenção dos resultados esperados, a cura não deve ser realizada em ambiente úmido. A dosagem dos componentes deve ser realizada com precisão e aplicada por mão de obra capacitada. A aplicação desse material pode contribuir significativamente para o aumento da vida útil das vigas de concreto armado, reduzindo custos com manutenções futuras e elevando o desempenho global da estrutura. Logo abaixo estão alguns dos principais benefícios do uso desta argamassa:

- Menor permeabilidade, porosidade e absorvidade;
- Maiores resistência a abrasão e a erosão;
- Maior aderência concreto novo e concreto velho;
- Menor índice de reflexão no concreto projetado.

Para obter esse resultado, um fator água/cimento estimado em 0,30 vai viabilizar uma maior resistência (Figura 3).

Figura 3: Fator água/ cimento (litros de água/kg de cimento).



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

3.10 CONCRETO PROJETÁVEL

O concreto é transportado por tubos até o local da concretagem, e, pela pressão da aplicação, o material fica mais denso, resultando na minimização na formação de nichos de concreto (bicheiras), diminuindo assim, o contato do aço com a atmosfera agressiva, tem-se a preservação da camada passivadora.

Figura 4: Concreto projetado por via úmida.



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

3.11 ARGAMASSA OU CIMENTO MODIFICADO COM LÁTEX

O látex nos concretos endurecidos, aumentam a resistência, a permeabilidade e a aderência, sendo contado como agente peculiar para construções em ambientes muito agressivos como regiões de maré.

3.12 CONCRETO COM FIBRAS

O concreto usado com fibras, é pouco usado em construção, no entanto, ele traz consigo grandes vantagens quando se quer prevenir um colapso de todas as áreas das estruturas. As fibras, normalmente apresentadas em várias formas e tamanhos, têm o comprimento e o diâmetro em geral limitados a 50 mm e 0,5 mm, respectivamente, e funcionam na massa do concreto como se fossem armaduras difusas.

No entanto, as fibras não têm como objetivo substituir as armaduras de barras, mas sim complementá-las, simplesmente por melhorar algumas das propriedades do concreto, particularmente a resistência e o alongamento de ruptura à tração.

3.13 CONCRETO COM SÍLICA ATIVA

A sílica ativa é um pó fino, de coloração cinza, que modifica as propriedades do concreto tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Sua ação está diretamente relacionada às características pozolânicas, apresentando teores de sílica amorfa (SiO_2) iguais ou superiores a 85% em sua composição. Além disso, seu efeito microfiller, proporcionado por partículas esféricas com diâmetro médio da ordem de 0,2 μm , contribui para o preenchimento dos vazios e para o aumento da reatividade do material. Abaixo estão alguns dos seus benefícios:

- Maiores resistências à compressão e à tração;
- Menor permeabilidade, porosidade e absorvidade;
- Maiores resistências à abrasão e à erosão;
- Maior resistência a ataques químicos, como de sulfatos e de cloretos;

- Maior aderência entre concreto novo e concreto antigo;
- Menor índice de reflexão (110) do concreto projetado.

3.14 APLICAÇÃO DE COMPÓSITO DE FIBRA DE CARBONO.

A aplicação do compósito de carbono impede a passagem de substâncias alcalinas presentes em ambientes agressivos, levando o concreto armado a atingir alta resistência a sulfatos agressivos que levam a corrosão do aço e por fim, a degradação da estrutura.

Figura 5: Sistema de aplicação das folhas flexíveis de CFRP.



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, realizada entre os meses de agosto e novembro de 2023. Para isso, foram analisados livros e monografias disponíveis na biblioteca da instituição de ensino, e artigos científicos obtidos em bases de dados e mecanismos de busca como o Google Acadêmico e a Scientific Electronic Library Online (SciELO).

A estrutura foi construída há algumas décadas. Na vistoria realizada em 2023, observou-se a presença de patologias tanto na parte externa quanto na parte interna da estrutura. Parte das constatações deve-se ao grau avançado de rachaduras, fissuras e destacamentos no concreto armado das vigas e nos pilares adjacentes. Tais patologias ocorreram, em parte, pelo fato de a estrutura estar localizada em área externa e sem cobertura, tornando-se suscetível às intempéries e aos danos provocados pelas chuvas, bem como aos esforços e tensões decorrentes da carga aplicada sobre a laje de concreto e os pilares que sustentam uma caixa d'água com capacidade de 5 mil litros. Essa caixa d'água também apresenta sinais de deterioração biológica, com surgimento de bolores e mofo.

Figura 7: Manifestação patológica em viga de concreto armado.



Fonte: Autores.

Figura 8: Manifestação patológica em uma viga próxima.



Fonte: Autores.

Também foram encontradas manifestações patológicas semelhantes em alguns pilares do imóvel, como mostram as figuras abaixo:

Figura 8: Rachadura vertical estrutural em pilar.



Fonte: Autores.

Figura 9: Deslocamento em pilar.



Fonte: Autores.

Tendo isso em vista, foi planejada, como medida de intervenção, a retirada do reboco que reveste as vigas e os pilares da estrutura, bem como a remoção do concreto da parte externa das armaduras, deixando-as expostas e possibilitando a aplicação do produto necessário para o tratamento.

Figura 10: Camada de concreto removida.



Fonte: Autores.

Figura 11: Armadura após a aplicação.



Fonte: Autores.

Figura 12: Aplicação de reforço na estrutura do pilar.



Fonte: Autores.

O produto utilizado no tratamento das armaduras oxidadas foi o protetor anticorrosivo à base de zinco, da Vedacit®. Ele recobre as armaduras de espera e outras superfícies metálicas com um filme impermeável de grande aderência. Possui secagem rápida, grande durabilidade e aceita pintura à base de solvente.

Figura 13: Protetor anticorrosivo da Vedacit®.



Fonte: Vedacit, 2025.

As figuras abaixo mostram mais um processo de tratamento de uma viga de concreto armado afetada pela corrosão de suas armaduras:

Figura 14: Viga com armadura exposta antes do tratamento.



Fonte: Autores.

Figura 15: Armadura da viga após a aplicação do produto.



Fonte: Autores.

Dentre as causas mais prováveis para a ocorrência das manifestações patológicas encontradas, podemos citar: o mau dimensionamento das vigas e pilares que compõem a estrutura; a quantidade insuficiente de concreto para o cobrimento das armaduras, o que permite maior exposição das ferragens ao oxigênio, acelerando o processo de oxidação e antecipando o surgimento da patologia; a má qualidade dos materiais utilizados ou até mesmo erros na dosagem dos componentes do concreto; armaduras mal dimensionadas; além das variações de temperatura ao longo do dia e das chuvas ocasionais.

Após a aplicação do produto de tratamento, com o intuito de combater a carbonatação já presente nas armaduras, aguardou-se a sua secagem para, em seguida, aplicar uma camada de recobrimento de concreto e realizar o acabamento.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conceitualmente, a corrosão é a interação de um metal, de forma destrutiva, com o ambiente, fomentando por meio de reações químicas ou eletroquímicas a sua dissolução em íons metálicos (BOLINA; HELENE; TUTIKIAN, 2019). Para Tuuti (1982), a corrosão das armaduras é dividida em duas etapas. A primeira parte, é quando os agentes agressivos conseguem penetrar no concreto até chegar nas armaduras. E a segunda, é quando o aço da armadura é despassivado e o processo corrosivo é instalado e os produtos de corrosão são gerados, como o hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$).

De acordo com Frasão (s.d.), a carbonatação é um fenômeno físico-químico que ocorre na pasta de cimento e degrada o concreto armado provocando manifestações patológicas, como a oxidação da armadura e eflorescência.

No estudo de caso analisado, observou-se que as fissuras e trincas presentes nas vigas de concreto armado apresentavam indícios claros de corrosão, possivelmente causadas por ataques de sulfatos presentes no ambiente. Além disso, constatou-se a utilização de concreto de baixa resistência, inadequado para suportar as condições agressivas da zona de respingos de maré.

A ausência de um plano de manutenção preventiva, conforme recomendado pelo manual de operação do empreendimento, contribuiu significativamente para o agravamento das patologias. A negligência quanto à manutenção levou ao comprometimento estrutural e ao aumento dos custos condominiais para a realização dos reparos.

6.1 CAUSAS DAS PATOLOGIA IDENTIFICADAS

6.1.1 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

As propriedades do concreto influenciam diretamente sua durabilidade. A presença de fissuras, a má compactação, a cura inadequada e o uso de materiais de baixa qualidade comprometem a integridade da estrutura.

6.1.2 CORROSÃO DAS ARMADURAS

A corrosão ocorre principalmente devido à exposição das armaduras à umidade e agentes agressivos, somada à deficiência no cobrimento do concreto, o que reduz a proteção natural contra a penetração de agentes agressivos.

6.1.3 DIMENSIONAMENTO INADEQUADO

Erros no projeto estrutural, como subdimensionamento das seções de concreto e armaduras, geram tensões excessivas, trincas ou então o colapso prematuro dos elementos estruturais.

6.1.4 MOVIMENTAÇÃO DO SOLO

Variações no solo, como recalques diferenciais, podem gerar esforços adicionais na estrutura, resultando em fissuras e perda de desempenho do concreto armado.

6.2 ETAPAS DE DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

6.2.1 INSPEÇÃO VISUAL

Consiste na identificação preliminar de manifestações patológicas como trincas, fissuras, eflorescência, deslocamentos, manchas e sinais de corrosão. Pode ser realizada semestral ou anualmente, conforme as características da edificação.

6.2.2 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Sem comprometer a integridade da estrutura, utilizam-se métodos como o ensaio de ultrassom, pacometria, esclerometria, medição de resistividade elétrica e tomografia para avaliar as condições internas do concreto e das armaduras.

6.2.3 ENSAIOS DESTRUTIVOS

Incluem a extração de corpos de prova para determinação da resistência à compressão (NBR 5739), ensaio de carbonatação com fenolftaleína, verificação do teor de cloretos e análise microscópica, visando uma avaliação precisa do estado do concreto e das armaduras.

6.2.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com base nos ensaios realizados, é possível diagnosticar a origem das patologias, seu grau de severidade e definir as intervenções adequadas. As soluções devem estar fundamentadas em normas técnicas como a NBR 6118, NBR 12655 e NBR 14931.

6.3 DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES ESPECÍFICAS

6.3.1 DIAGNÓSTICO NAS VIGAS

O diagnóstico patológico em vigas envolve a análise visual, a realização de ensaios técnicos e a verificação de falhas construtivas. Identifica-se a natureza da patologia, sua extensão e causas prováveis, para posterior definição das técnicas de recuperação, reforço ou substituição.

6.3.2 ENSAIOS CONFORME AS NORMAS REGULAMENTADORAS

Os ensaios utilizados devem seguir as normas técnicas brasileiras, como a NBR 5738 (procedimentos para moldagem), a NBR 5739 (compressão), a NBR 15575 (desempenho), entre outras. São realizados por profissionais habilitados, garantindo a confiabilidade dos resultados.

6.3.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversas publicações abordam as patologias em estruturas de concreto armado. Destacam-se obras como:

- *Patologia das Construções*, de Heloísa Passarelli;
- *Patologia das Estruturas: Avaliação, Diagnóstico e Recuperação*, de Hugo Rodrigues;
- *Patologia e Recuperação de Estruturas de Concreto*, de Pacheco, Cadot e Beber;
- *Patologias de Estruturas*, de Bolina, Tutikian e Helene.

Essas referências auxiliam na interpretação das manifestações patológicas e nas decisões técnicas para a escolha dos métodos de intervenção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal identificar e analisar as manifestações patológicas mais recorrentes em vigas de concreto armado, especialmente aquelas que afetam a segurança estrutural e a durabilidade das edificações. As anomalias encontradas, como trincas, fissuras, deslocamentos e corrosão das armaduras, além de comprometerem a estética, colocam em risco a integridade da estrutura e a segurança dos usuários.

A abordagem técnica apresentada proporcionou uma compreensão mais ampla sobre o funcionamento das vigas de concreto armado, destacando as etapas construtivas, os fatores de deterioração e a importância da manutenção preventiva. Verificou-se que, apesar de o concreto armado ser amplamente utilizado e regulamentado por normas técnicas consolidadas, sua durabilidade depende diretamente da qualidade dos materiais empregados, da mão de obra, do correto dimensionamento estrutural e das ações de manutenção contínua.

A análise do estudo de caso evidenciou que as patologias encontradas têm origem, principalmente, na ausência de manutenção preventiva, falhas no projeto estrutural, uso de concreto de baixa resistência e exposição a ambientes agressivos, como a zona de respingos de maré. A falta de atenção aos requisitos mínimos normativos, bem como a não observância das recomendações dos manuais de operação e manutenção, contribuíram significativamente para a degradação das estruturas analisadas.

Os ensaios realizados, tanto destrutivos quanto não destrutivos, permitiram confirmar a presença de corrosão generalizada nas armaduras das

vigas. Essa constatação demandou intervenções imediatas, como o isolamento das áreas afetadas, limpeza das armaduras corroídas, aplicação de produtos de proteção e posterior recomposição do concreto com materiais adequados.

Embora o escoramento da edificação não tenha sido necessário neste caso específico, a intervenção rápida evitou agravamentos mais severos. A recuperação parcial das vigas foi possível, com reaproveitamento de parte da estrutura e regularização das áreas danificadas.

Por fim, conclui-se que a durabilidade das estruturas de concreto armado depende não apenas da conformidade com as normas técnicas, mas também da correta execução das etapas construtivas e da realização periódica de inspeções e manutenções. A negligência nesses aspectos pode resultar em patologias de difícil recuperação e em custos elevados. Dessa forma, recomenda-se que os responsáveis técnicos adotem uma postura proativa no monitoramento das estruturas e que os empreendimentos incluam em seus planejamentos ações contínuas de manutenção preventiva e corretiva, assegurando o desempenho, a funcionalidade e a segurança das edificações ao longo de sua vida útil.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655:2015 — *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931:2004 — *Execução de estruturas de concreto — Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013 — *Edificações habitacionais – Desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. (Parte 1 a 6, conforme aplicável)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738:2015 — *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739:2018 — *Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5476:2020 — *Manutenção de estruturas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2003 — *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014 — *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. *Patologias de estruturas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

AXFIBER. *Corrosão da armadura em estruturas de concreto*. Disponível em: <https://www.axfiber.com.br/single-post/2016/12/08/corros%C3%A3o-da-armadura-em-estruturas-de-concreto>. Acesso em: 10 mar. 2025.

GRUPO AÇO CEARENSE. *Corrosão do aço: entenda como acontece e o que é feito para evitar*. Ceará: Grupo Aço Cearense, 26 jul. 2017. Disponível em: <https://www.grupoacocearense.com.br/blog/abrindo-o-negocio/corrosao-do-aço-entenda-como-acontece-e-o-que-e-feito-para-evitar-2>. Acesso em: 4 nov. 2023.

FRAZÃO, Y. A. *Carbonatação do concreto*. SPOT Cursos, [s.d.]. Disponível em: <https://spotcursos.com.br/blogs/patologia-da-construcao/posts/carbonatacao-do-concreto>. Acesso em: 15 mar. 2025.

G1. *Grande Recife tem 148 prédios com risco muito alto de desabamento; confira localização no mapa feito pelo G1*. G1, 10 ago. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2023/08/10/grande-recife-tem-148-predios-com-risco-muito-alto-de-desabamento-confira-localizacao-no-mapa-feito-pelo-g1.ghtml>. Acesso em: 9 out. 2023.

G1. *Recife, Paulista, Jaboatão e Olinda têm 338 imóveis interditados por risco de desabamento*. G1, 11 jul. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2023/07/11/recife-paulista-jaboatao-e-olinda-tem-338-imoveis-interditados-por-risco-de-desabamento.ghtml>. Acesso em: 9 out. 2023.

KERKOFF, M. *Manifestações patológicas em edificações: lixiviação*. Guide Engenharia, 12 set. 2017. Disponível em: <https://guideengenharia.com.br/lixivacao-em-edificacoes>. Acesso em: 21 out. 2023.

MARIANO, Brunna Alves Scardua; MARTINS, João Victor. *“Lei dos cinco”: as referências de Sitter*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Patologia das Obras Civis) – Instituto IDD, São Paulo, 2018. Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

NOVAES, Isabella M. M.; POZNYAKOV, Karolina. *Patologias em estruturas de concreto armado*. Revista Boletim do Gerenciamento, Rio de Janeiro, ed. 22, p. 67–78, 2021.

SILVA, Daniela Rodrigues Costa e Silva. *Patologia em estruturas de concreto armado: estudo de caso aplicado às obras inacabadas e concluídas do Campus II da UFGD*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, Ercio. *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. 2. ed. rev. e aum. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

TUUTI, K. *Corrosion of steel in concrete*. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.

VEDACIT. Protetor anticorrosivo à base de zinco. São Paulo: Vedacit, [s.d.]. Disponível em: <https://vedacit.com.br/para-voce/produtos-e-solucoes/produtos/protetor-anticorrosivo-a-base-de-zinco-#description>. Acesso em: 9 mar. 2025.