

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS –
UNIGOIÁS PRÓ-REITORIA DE ENSINO
PRESENCIAL – PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FALHAS
CONSTRUTIVAS EM UNIDADE HABITACIONAL MULTIFAMILIAR EM
PAREDES DE CONCRETO**

STHEFANY BARCELOS GONÇALVES

YAGO ALVES LIMA

ORIENTADOR: AURELIO CAETANO FELICIANO

GOIÂNIA
Dezembro/2024

STHEFANY BARCELOS GONÇALVES
YAGO ALVES LIMA

**ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FALHAS
CONSTRUTIVAS EM UNIDADE HABITACIONAL MULTIFAMILIAR EM
PAREDES DE CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS, deferido e aprovado pela banca examinadora constituída por:

Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano (Orientador)
Centro Universitário de Goiás – UniGoiás

Prof. Esp. Heloísa Procópio Moraes (Examinadora)
Centro Universitário de Goiás – UniGoiás

Prof. Esp. Cidicley Santana (Examinador)
Centro Universitário de Goiás – UniGoiás

ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FALHAS CONSTRUTIVAS EM UNIDADE HABITACIONAL MULTIFAMILIAR EM PAREDES DE CONCRETO

Sthefany barcelos Gonçaves¹

Yago Alves Lima²

Aurélio Caetano Feliciano³

Resumo: O objetivo principal deste estudo identificar e analisar as falhas e patologias construtivas presentes em uma edificação multifamiliar construída com paredes de concreto. Foram realizadas inspeções na edificação, com o auxílio de relatórios fotográficos, foram identificadas diversas patologias construtivas na edificação, incluindo trincas e fissuras nas paredes, descolamento de concreto, presença de ferragens oxidadas dentre outras. Essas falhas comprometem não apenas a estabilidade estrutural da edificação, mas também sua estética, funcionalidade e segurança. Além disso, representam potenciais riscos para a integridade física dos ocupantes e aumentam os custos de manutenção e reparo ao longo do tempo. Diante do panorama apresentado, torna-se evidente a necessidade de implementação de medidas corretivas eficazes para mitigar os efeitos das falhas identificadas e evitar o aparecimento de patologias no futuro, além de promover a melhoria das práticas construtivas. Concluiu-se que as principais patologias identificadas nas estruturas, como corrosão de armaduras, descolamento de concreto e fissuras, representam um grande percentual do impacto total, destacando a necessidade de ações corretivas prioritárias nessas áreas. As intervenções e possíveis soluções incluem reparo e proteção das armaduras, reforço do concreto, injeção de resinas, impermeabilização e controle de umidade.

Palavras-chave: Patologias construtivas. Paredes de concreto. Análise estrutural. Medidas corretivas.

CASE STUDY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE IN A MULTI-FAMILY HOUSING UNIT IN GOIÂNIA

Abstract: The main objective of this study is to identify and analyze the construction failures and pathologies present in a multifamily building built with concrete walls. Inspections were carried out in the building, with the help of photographic reports. Several construction pathologies were identified in the building, including cracks and fissures in the walls, detachment of concrete, the presence of oxidized hardware, among others. These flaws compromise not only the structural stability of the building, but also its aesthetics, functionality and safety. Furthermore, they pose potential risks to the physical integrity of occupants and increase maintenance and repair costs over time. Given the panorama presented, the need to implement effective corrective measures to mitigate the effects of identified failures and prevent the emergence of pathologies in the future, in addition to promoting the improvement of construction practices, becomes evident. It was concluded that the main pathologies identified in the structures, such as reinforcement corrosion, concrete detachment and cracks, represents a high percentage of the total impact, highlighting the need for priority corrective actions in these areas. Interventions/possible solutions include repair and protection of reinforcement, concrete reinforcement, resin injection, waterproofing and humidity control.

Keywords: Constructive pathologies. Concrete walls. Structural analysis. Corrective measures.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Curso do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: E-mail: sthe.b@icloud.com

² Discente do curso de Engenharia Civil do Curso do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: E-mail: Yago.a.lima0060@gmail.com

³ Professor Adjunto do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente pela UNB. Especialista em Gestão Empresarial pela UFRJ. Lattes: [Currículo do Sistema de Currículos Lattes \(Regina de Amorim Romacheli\) \(cnpq.br\)](#) Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9160-068X>. E-mail: regina.amorim@unigoias.com.br

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade e a integridade estrutural das construções de concreto são questões de extrema importância no campo da engenharia civil. Em unidades habitacionais multifamiliares, onde a segurança e o conforto dos moradores são prioritários, a ocorrência de manifestações patológicas no concreto representa um sério problema. Tais manifestações, que incluem fissuras, infiltrações e eflorescências, comprometem não só a estética e a funcionalidade das edificações, mas também podem indicar falhas graves que afetam a estabilidade e a vida útil das estruturas.

Este estudo de caso foca na análise das manifestações patológicas observadas em uma unidade habitacional multifamiliar localizada em Aparecida de Goiânia - GO. A cidade, com seu clima tropical úmido e variações sazonais significativas, oferece um ambiente propício para a ocorrência de diversas patologias no concreto, tornando esta investigação particularmente relevante.

A metodologia empregada inclui uma avaliação detalhada das patologias presentes, a identificação das possíveis causas e a proposição de soluções para mitigação e reparo. Foram realizadas inspeções visuais, concentrando-se em aspectos como a qualidade dos materiais utilizados, as técnicas de construção empregadas, as condições ambientais e de uso, bem como a manutenção preventiva e corretiva das edificações.

Aparecida de Goiânia - GO apresenta desafios específicos para a manutenção de estruturas de concreto devido ao seu clima tropical úmido, com variações de temperatura e umidade e chuvas intensas, que podem acelerar processos de degradação como fissuras, infiltrações e eflorescências. Essas patologias não só comprometem a vida útil das edificações, mas também aumentam os custos de manutenção e reparo, além de representar riscos à segurança dos ocupantes.

Este trabalho é justificado por diversos fatores de relevância técnica e social. Primeiramente, a durabilidade e a integridade estrutural das edificações são fundamentais para garantir a segurança e o bem-estar dos moradores. Em ambientes multifamiliares, onde há uma alta densidade de ocupação, a presença de patologias no concreto pode resultar em problemas que afetam não apenas a estética, mas também a habitabilidade e a estabilidade das construções.

O objetivo principal deste estudo é analisar o risco do acúmulo das manifestações patológicas encontradas em edificação vertical em Aparecida de Goiânia - GO, analisando o processo construtivo e as falhas que afetam a qualidade dessas construções sob a ótica do Princípio de Pareto. Além disso, pretende-se propor ações corretivas para tratar as patologias evidenciadas, contribuindo para a melhoria das práticas construtivas e para a durabilidade das edificações.

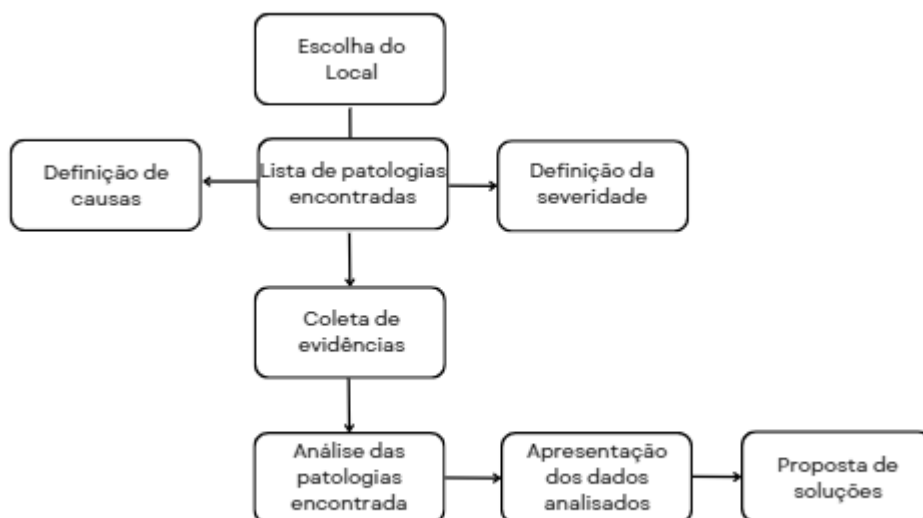
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A edificação escolhida para o estudo de caso possui uma área total construída de 13.184,79 m², composta por dois blocos: BLOCO I com 9 pavimentos e 72 unidades, e BLOCO II com 10 pavimentos e 80 unidades, além de uma área comum de 3.836,60 m². Esta unidade habitacional multifamiliar está localizada na Rua 1E, no setor Garavelo Park, no município de Aparecida de Goiânia - GO. A seleção desta edificação permite avaliar as condições estruturais e construtivas em um ambiente real e complexo.

Em seguida, verificou-se a existência de patologias através da busca seguida por realização de registros fotográficos em campo. O número de cada patologia foi computado. Por fim, através do estudo bibliográfico, foram levantadas as possíveis causas prováveis para cada patologia, com seu respectivo nível de impacto de 1 (impacto menor) a 3 (impacto forte), segundo proposto por Almeida (2016) e analisado segundo o Princípio de Pareto.

Por último, com base nos dados coletados e nas análises realizadas, foram propostas ações corretivas para as patologias identificadas, visando melhorar a durabilidade e a qualidade das edificações. As sugestões foram fundamentadas nas melhores práticas e nas recomendações técnicas encontradas em livros, artigos, monografias, teses de mestrado e doutorado.

Figura 1 – Fluxograma do processo de construção do trabalho.



Fonte: Autores (2024)

2.1 COLETA DE DADOS

O número de patologias encontradas estão compiladas na Tabela 1, abaixo, a qual mostra os tipos e quantidades das patologias coletadas em campo. Estas foram contabilizadas de acordo com a visibilidade da patologia e a impressão dos observadores quanto à segurança da estrutura.

Quadro 1 – Tipo de patologia e quantidade

Tipo de Patologia	Quantidade
Corrosão de armadura	56
Eflorescência	19
Desagregação de concreto	37
Fissura	97
Trinca	6
Rachadura	4
Infiltração	17
Umidade	14

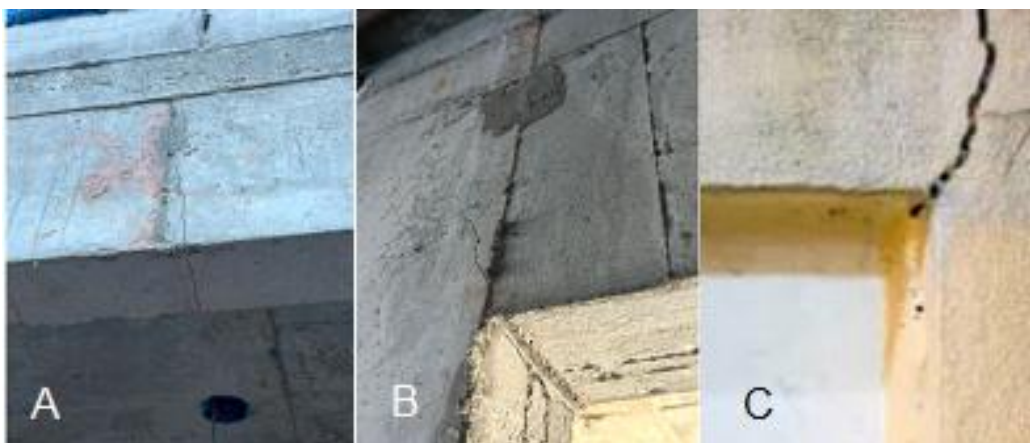
Fonte: Autores (2024)

As figuras apresentam imagens dos dados coletados em campo, as quais

ilustram aspectos críticos observados durante as inspeções nas edificações estudadas. Essas figuras fornecem uma visão detalhada das condições atuais das superfícies de concreto e das patologias identificadas, como fissuras, desagregações e sinais de corrosão das armaduras.

É importante destacar que o processo de coleta de dados foi cuidadosamente planejado e executado, porém, sua abrangência ficou limitada à região exposta e visível das edificações. Isso significa que os dados coletados refletem apenas as condições superficiais e aparentes das estruturas. Isso implica que possíveis patologias internas, não visíveis à primeira vista, podem não ter sido detectadas, o que deve ser levado em consideração na interpretação dos resultados.

Figura 2 – Fissuras (A), trincas (B) e rachaduras (C)



Fonte: Autores (2024)

Fissuras (A), trincas (B) e rachaduras (C) apresentadas na Figura 2 diferenciam-se principalmente pela profundidade do dano. Fissuras são aberturas superficiais e pequenas, geralmente sem afetar a estrutura; trincas são mais profundas, podendo indicar fragilidade estrutural; enquanto rachaduras são as mais graves, podendo atravessar o material e comprometer a estabilidade da construção. Essas classificações auxiliam no diagnóstico e tratamento dos problemas estruturais.

Figura 3 – Infiltração em esquadrias (a) presentes na extremidade do material; (b) Presente no espaço entre o peitoril e a estrutura



Fonte: Autores (2024)

Durante a coleta de dados foram encontradas diversas áreas apresentando infiltração conforme apresentado na Figura 3.

Figura 4 – Umidade em parede



Fonte: Autores (2024)

Houve também a detecção de paredes completas ou pontos de umidade em quase todos os locais inspecionados, conforme mostra a Figura 4. A umidade é um problema comum que pode causar danos estruturais e comprometer o conforto dos ocupantes, podendo resultar de infiltrações, condensação ou capilaridade, levando ao surgimento de mofo, deterioração de materiais e corrosão de estruturas metálicas.

Figura 5 – Oxidação de armadura



Fonte: Autores (2024)

A oxidação da armadura, conforme apresentado na Figura 5, ocorre quando as barras de aço em estruturas de concreto sofrem corrosão devido à exposição à umidade e ao oxigênio e pode comprometer a aderência do aço ao concreto, reduzindo a resistência estrutural e podendo levar a fissuras e falhas graves na construção.

Figura 6 – Descolamento de concreto



Fonte: Autores (2024)

O descolamento de concreto, Figura 6, ocorre quando a camada superficial se separa da estrutura principal, geralmente devido à corrosão da armadura ou infiltração de água, comprometendo a integridade e acelerando a deterioração.

Figura 7 – Corrosão de armadura



Fonte: Autores (2024)

A corrosão da armadura, Figura 7, ocorre quando o aço no concreto armado enferruja, reduzindo a aderência ao concreto e comprometendo a resistência estrutural.

Figura 8 – Eflorescência



Fonte: Autores (2024)

A eflorescência, Figura 8, é o depósito branco de sais solúveis na superfície de concreto, tijolos ou argamassa, causado pela migração de água que transporta os sais. Embora não comprometa a estrutura diretamente, indica problemas de umidade.

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Segundo Neves (2016), o Princípio de Pareto, também conhecido como a regra 80/20, é um conceito que sugere que, em muitos casos, aproximadamente 80% dos efeitos são gerados por 20% das causas. Esse princípio foi originalmente observado pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que, ao realizar estudos sobre a distribuição de riqueza na Itália, percebeu que 80% das terras eram possuídas por apenas 20% da população.

Com o tempo, essa observação evoluiu e passou a ser aplicada em diversos contextos, ganhando relevância em várias áreas do conhecimento. Em campos como negócios, economia, gestão de tempo e controle de qualidade, o Princípio de Pareto é amplamente utilizado para destacar a importância de identificar as causas mais significativas que geram a maioria dos resultados. Pois, ao focar nos poucos fatores-chave, é possível otimizar processos e melhorar a eficiência, alcançando melhores resultados com menos esforço (Neves, 2016).

Figura 9 – Princípio de Pareto



Fonte: Dunford *et al.* (2014)

No contexto empresarial, por exemplo, o Princípio de Pareto pode indicar que 80% dos lucros de uma empresa vêm de 20% de seus clientes, ou que 80% dos problemas são causados por 20% dos defeitos (Figura 9). Assim, o Princípio de Pareto é uma ferramenta útil para identificar e focar nos fatores mais significativos que impactam os resultados, permitindo uma gestão mais eficiente e direcionada.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A EVOLUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO NO BRASIL

É evidente o aumento de demanda do método construtivo de paredes de concreto no país, devido ao seu conceito de industrialização. De acordo com Farah (1996), desde os anos 2000 já se consolidava a ideia de transformação dos métodos de trabalho na construção civil, onde se buscava uma produção em escala e moradias padronizadas, ou seja, já se idealizava a industrialização da construção.

A busca por uma moradia consideravelmente segura tem crescido nos últimos anos e isso faz com que as grandes construtoras inovem o seu modo de construir. Ainda existe um grande deficit habitacional no país, porém com os programas governamentais como casa verde e amarela, que facilitam o acesso a créditos bancários, a procura por moradias tem aumentado, proporcionando um bom cenário para construtoras, e por isso a busca pela inovação e industrialização tem aumentado. Braguim (2013) argumenta que “o cenário nacional demanda construções de qualidade, em grande quantidade, realizadas no menor tempo possível”, corroborando a pertinência de desenvolvimento desse sistema no âmbito nacional.

Figura 10 - Fôrmas de alumínio para execução de paredes de concreto moldadas in loco



Fonte: SENA FILHO (2013)

3.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO ARMADO

No Brasil, o concreto é o material de construção mais utilizado, segundo Pinheiro Muzardo e Santos (2004) o Brasil é o país onde 90% do material utilizado em construção, é o concreto. O concreto apresenta algumas características que o fazem ser o elemento construtivo mais utilizado, podemos destacar a durabilidade, a versatilidade, a alta resistência à água e sua economia. Para Bastos (2006), devido à fragilidade do concreto quanto à tração, é de suma importância unir o concreto com um material que desempenha boa resistência à tração. Com isso tem-se o surgimento do concreto armado, em que as barras de armadura são responsáveis por absorver os esforços de tração, enquanto o concreto absorve os esforços de compressão.

As principais propriedades mecânicas do concreto armado são o módulo de elasticidade, a resistência à compressão e a resistência à tração. De acordo com Pinheiro, Muzardo e Santos (2004), o módulo de elasticidade é dado pela relação tensão/deformação que é aplicada no concreto, que pode ser um valor muito variável, pois depende da sua dosagem, valor de tensão, densidade e idade.

Em relação à resistência a compressão, sua característica mais importante consiste, por definição, em ser a capacidade que o concreto tem de aguentar a solicitação de esforços de compressão.

Figura 11 - Corpos de prova durante e após ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: FONSECA, Ayrton Táliton (2019)

De acordo com a ABNT NBR 5729:2018 – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, é necessário a realização do ensaio para comprovação da resistência do concreto ABNT armado.

Figura 12 - Corpo de Prova Posicionado para Ensaio de Tração Direta



Fonte: (Engenheiros de FURNAS, 1997)

Já para definição da resistência à tração, que é a capacidade que o concreto tem de resistir aos esforços de tração, propriedade em que o concreto mais tem dificuldade de resistir, é regida pela ABNT NBR 12142: Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos, 2010.

3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO

De acordo com Souza e Ripper (1999), patologia das edificações é o ramo da engenharia civil que trata do estudo das origens, causas, processo de ocorrência e manifestações patológicas das falhas e dos sistemas de degradação das edificações. O concreto armado é um material de construção amplamente utilizado devido à sua resistência, durabilidade e versatilidade. No entanto, como todos os materiais, não é imune a manifestações patológicas. Isso pode ser causado por uma variedade de fatores, incluindo propriedades do material, condições ambientais e práticas de

construção.

Segundo Fioriti et., al. (2017), ao realizar a avaliação de uma edificação é necessário considerá-la como um conjunto de elementos que apresentam condições mecânicas, físicas e químicas às quais a estrutura está submetida e que devido a isso podem sofrer alterações em suas características, assim, ocasionando no surgimento de manifestações patológicas.

O concreto armado pode apresentar vários tipos de manifestações patológicas, incluindo rachaduras, corrosão do aço de reforço e reação álcali-agregado (AAR). Para Souza et al (2022) dentre as causas do aparecimento de fissuras, trincas e rachaduras pode-se citar: projetos mal elaborados; materiais de baixa qualidade ou aplicados de forma inadequada; ou até mesmo a falta de manutenção. Flutuações de temperatura também podem causar expansão diferencial e contração do concreto, levando a rachaduras. Segundo Parisi et al. (2023), as trincas provocadas pela variação de umidade dos materiais de construção podem variar de tamanho e abertura em função da variação de temperatura, das propriedades físico-químicas e higrotérmicas.

Quadro 02 - Tipo de manifestação patológica de acordo com o tamanho

Manifestação	Abertura (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	0,5 a 1,5
Rachadura	1,5 a 5,0
Fenda	5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Adaptado de (OLIVEIRA, 2012)

3.4 MÉTODOS DE CORREÇÃO DE PATOLOGIAS NO CONCRETO

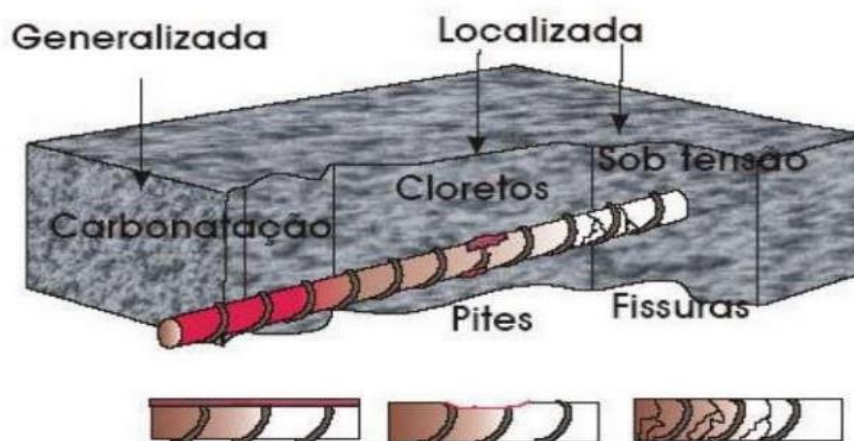
O concreto é um material de construção durável e duradouro que é usado em uma ampla gama de estruturas, de pontes a edifícios. No entanto, ao longo do tempo, o concreto pode desenvolver patologias que podem enfraquecer sua integridade estrutural e reduzir sua vida útil. De acordo com Sousa (2024), esse problema de

patologias, está presente na maioria das construções, varia de intensidade, período de aparição e forma de manifestação.

O primeiro passo na correção de patologias concretas é identificar o tipo e a gravidade do dano. Alguns casos derivantes das patológicas podem ser o excesso de cargas, agente biológicos, variação de umidade e térmica, contudo, se souber a origem da patologia consegue definir o nível que se encontra (HELENE, 2024). A trinca pode ocorrer devido a uma variedade de fatores, como retração, assentamento ou sobrecarga. Segundo Duarte (1998), as fissuras também podem ser classificadas segundo a sua atividade, em ativas e estabilizadas ou inativas. As fissuras classificadas em ativas apresentam variações de abertura ao longo do tempo, são de difícil recuperação e necessitam maior controle. Em contrapartida, as fissuras passivas não apresentam variações de abertura ao longo do tempo de vida útil da edificação.

Segundo Helene (2024) a definição de corrosão em armaduras de concreto como um fenômeno de natureza eletroquímica, pode ter o processo mais acelerado com a ajuda de agentes químicos internos ou externos. A corrosão apresenta dois períodos: O período inicial que se caracteriza pela entrada do agente agressivo até o processo de despassivação da armadura. O segundo período é quando, uma vez que a estrutura entra em contato e apresenta a corrosão, esse agente vem consolidado e aumenta gradualmente, com grande força e ocasiona danos severos às armaduras (GENTIL, 2003). A prevenção do problema da corrosão consiste em um revestimento adequado, evitando que agentes corrosivos penetrem nas armaduras e danifiquem a vida útil da estrutura de concreto armado (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 13 - Manifestação da corrosão generalizada
Corrosão de armadura



Fonte: Correia (2013)

3.5 PRINCÍPIO DE PARETO

Segundo Wazlawick (2019) o Princípio de Pareto é um conceito que indica que cerca de 80% dos resultados são gerados por apenas 20% das causas. Esse princípio ajuda a identificar os fatores mais impactantes em um contexto, permitindo que empresas e indivíduos otimizem esforços e recursos, focando nas causas que geram os resultados mais significativos.

Para calcular o impacto acumulado segundo o Princípio de Pareto, primeiro, é necessário listar todas as causas ou itens relevantes, junto com seus respectivos impactos, que podem ser medidos em termos de custo, tempo ou frequência. Em seguida, os dados devem ser organizados em ordem decrescente de impacto, facilitando a visualização das causas que apresentam os maiores efeitos. Após classificar as causas, some todos os impactos para obter um valor total. O impacto acumulado é calculado ao determinar a porcentagem de cada causa em relação ao total e somar essas porcentagens de forma acumulativa (Wazlawick, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CAUSA PROVÁVEL

Diante das patologias citadas, foram identificados os tipos de patologias presentes na

edificação, o Quadro 3 apresentará a descrição das prováveis causas de cada patologia apontada no estudo.

Quadro 3 – Causa provável

Tipo de Patologia	Causa provável	Descrição
Corrosão de armadura	Carbonatação	Carbonatação ocorre quando o dióxido de carbono (CO ₂) do ambiente penetra no concreto e reduz o pH, o que diminui a proteção natural das armaduras de aço contra a corrosão (Rigo, 2019).
	Cloretação	Os cloretos, presentes em ambientes marinhos ou devido ao uso de materiais contaminados, quebram a camada passivadora que protege o aço, acelerando a corrosão. Esse processo resulta na formação de óxidos de ferro, que se expandem e causam fissuras, descolamento do concreto e, eventualmente, comprometem a integridade estrutural (Rigo, 2019).
Eflorescência	Geralmente causada por umidade excessiva no interior da estrutura, falta de impermeabilização adequada ou o uso de materiais cimentícios com alto teor de sais solúveis	Caracterizada pelo aparecimento de depósitos brancos na superfície do concreto, resultantes da migração de água carregada de sais solúveis para a superfície, onde essa água evapora, deixando os sais acumulados (Santos et al., 2019).
Descolamento de concreto	Corrosão de armaduras	Armaduras apresentam partes corroídas
	Falha de projeto/execução	Parametrização errada ou problemas de execução (Real; Da Silva, 2019).
Fissura	Retração plástica	Retração plástica ocorre logo após a concretagem devido à perda rápida de água, resultando em fissuras superficiais (Ferreira, 2020).
	Sobrecarga	Excesso de carga (Lopes, 2020).
	Movimentação estrutural	Movimentação inesperada/esacerbada da estrutura (Lopes, 2020).
	Falha de projeto/execução	Parametrização errada ou problemas de execução (Lopes, 2020).
Infiltração	Falha de projeto/execução	Parametrização errada ou problemas de execução (Lopes, 2020).
Umidade	Falha de projeto/execução	Parametrização errada ou problemas de execução (Lopes, 2020).

Fonte: Autores (2024)

Para cada causa provável foi atribuído um nível de impacto, que varia de 1 (impacto menor) a 3 (impacto forte), conforme observado na Tabela 3 a seguir.

Quadro 4 – Causa provável

Tipo de Patologia	Impacto		
	1	2	3
	Levemente grave	Grave	Altamente grave
Corrosão de armadura			X
Eflorescência	X		
Descolamento de concreto		X	
Fissura	X		
Trinca		X	
Rachadura			X
Infiltração		X	
Umidade		X	

Fonte: Autores (2024)

Primeiramente, a taxa de gravidade para cada patologia é atribuída com base no seu impacto na qualidade geral da estrutura, e os valores variam de 1 (levemente grave) a 3 (altamente grave). Em seguida, esses valores são multiplicados pela quantidade de cada patologia conforme Quadro 1, obtendo-se assim um valor de impacto. Os resultados da Quadro 5 são apresentados em ordem decrescente de acordo com o valor do impacto resultante, que também é convertido para uma escala percentual.

4.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO

De acordo com dados apresentados no quadro abaixo, analise-se o impacto.

Quadro 5 – Análise do impacto geral

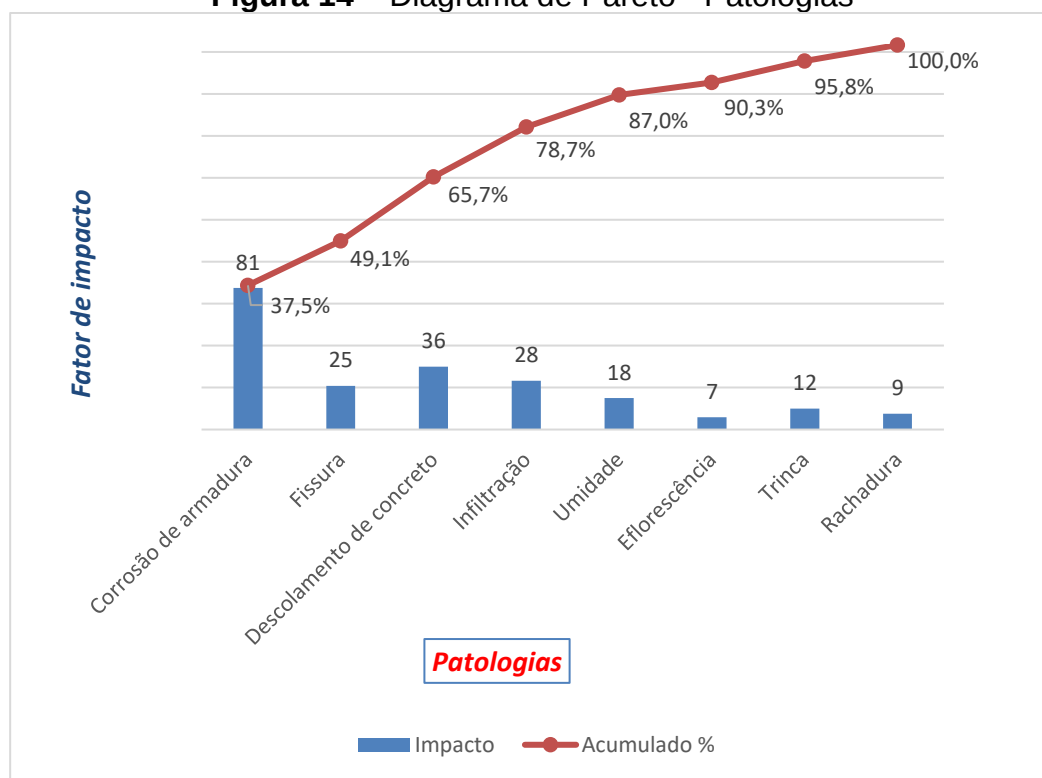
Tipo de Patologia	Severidade	Quantidade	Impacto	Impacto %	Acumulado	Acumulado %
Corrosão de armadura	3	27	81	37,5%	81	37,5%
Fissura	1	25	25	11,6%	106	49,1%
Descolamento de concreto	2	18	36	16,7%	142	65,7%
Infiltração	2	14	28	13,0%	170	78,7%
Umidade	2	9	18	8,3%	188	87,0%

Eflorescência	1	7	7	3,2%	195	90,3%
Trinca	2	6	12	5,6%	207	95,8%
Rachadura	3	3	9	4,2%	216	100,0%
Total			216	100%		

Fonte: Autores (2024)

A Figura 14 mostra o gráfico de Pareto com base nas informações anteriores. É possível observar que as corrosões de armaduras são as patologias mais comuns no edifício histórico (quantidade 27 e impacto de 37,5%).

Figura 14 – Diagrama de Pareto - Patologias



Fonte: Autores (2024)

O impacto acumulado é uma métrica que ajuda a entender como cada patologia contribui para o impacto total, considerando a soma progressiva dos impactos individuais. Ao relacionar o impacto acumulado com o impacto de cada patologia, pode-se observar como cada problema influencia o resultado geral e quais patologias contribuem significativamente para a degradação da estrutura.

No caso das habitações estudadas a corrosão de armadura, com um impacto de 81, representa 37,5% do impacto total, e seu impacto acumulado também é 37,5%. Isso significa que a corrosão de armadura sozinha já abrange uma parte significativa do

impacto total, sendo a principal contribuinte.

No caso da fissura, com impacto de 25, eleva o impacto acumulado para 49,1%. Mesmo que seu impacto individual seja menor (11,6%), ao ser somado ao impacto da corrosão de armadura, contribui para quase metade do impacto total.

Já o descolamento de concreto, com impacto de 36, ao ser somado, eleva o impacto acumulado para 65,7%, o que significa que as três primeiras patologias já representam mais de dois terços do impacto total. Isso mostra a importância dessas patologias específicas na deterioração estrutural.

A infiltração contribuindo com um impacto de 28 e aumentando o acumulado para 78,7%, começa a mostrar que, após as principais patologias, as seguintes contribuem progressivamente menos, mas ainda são relevantes.

Adicionando um impacto de 18, a umidade eleva o impacto acumulado para 87,0%, indicando que, embora tenha um impacto menor, sua contribuição ao problema geral ainda é significativa.

As eflorescência, trinca e rachadura, com impactos de 7, 12 e 9 respectivamente, levam o impacto acumulado para 100%. E embora tenham um impacto menor individualmente, sua presença, ao final, completa o quadro geral de patologias.

No geral, a análise do gráfico de Pareto demonstra que as três patologias principais (corrosão de armaduras, descolamento de concreto e fissuras) respondem por aproximadamente 65,7% do impacto total, o que sugere que ações corretivas direcionadas a essas áreas podem gerar uma melhora significativa na condição estrutural do edifício. Assim, a aplicação do Princípio de Pareto neste contexto revela onde os esforços de manutenção e reparo devem ser concentrados para obter os melhores resultados em termos de durabilidade e segurança estrutural.

4.3 POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Segundo Do Nascimento (2015) a corrosão de armaduras pode ser corrigida através da reparação e reforço das armaduras. Inicialmente, é necessário remover as áreas de concreto deteriorado para expor as armaduras corroídas, limpá-las e tratá-las para eliminar a corrosão. Em seguida, deve-se aplicar uma camada de proteção anticorrosiva antes de repor o concreto. Para áreas críticas, é recomendada a aplicação de concreto de alto desempenho ou materiais compósitos que possam reforçar as seções

estruturais danificadas. Além disso, a implementação de sistemas de proteção catódica, utilizando ânodos sacrificiais ou sistemas de corrente impressa, pode minimizar o risco de corrosão futura.

A correção do descolamento de concreto envolve a remoção das camadas descoladas, seguida da preparação adequada da superfície e reaplicação do concreto utilizando técnicas que garantam alta aderência, como a aplicação de uma camada de ligação antes do novo concreto. É fundamental revisar e melhorar as técnicas de execução, incluindo a correta compactação e cura do concreto, para evitar futuros descolamentos. Além disso, é importante implementar práticas que minimizem a retração do concreto, como o uso de aditivos redutores de retração, e garantir que a estrutura seja projetada para suportar as cargas previstas (SIMON et al. 2020).

Para corrigir fissuras, pode-se utilizar injeções de resinas epóxi ou poliuretano, especialmente em fissuras ativas ou de grande extensão, para selá-las e restaurar a integridade estrutural. Também é essencial implementar sistemas de monitoramento e controle de movimentações estruturais para identificar e mitigar as causas de fissuração, como sobrecargas ou deformações excessivas. Além disso, a melhora das práticas de cura do concreto, especialmente nas fases iniciais, e o uso de aditivos redutores de retração podem minimizar a formação de fissuras plásticas (FIGUEIREDO, 2019).

A infiltração pode ser controlada através da aplicação de sistemas de impermeabilização nas superfícies expostas, especialmente em áreas críticas como lajes, coberturas e fundações, utilizando membranas impermeabilizantes, revestimentos ou argamassas impermeáveis. Também é necessário selar adequadamente juntas construtivas, fissuras e outros pontos de entrada de água com materiais de vedação flexíveis e duráveis, como silicones ou poliuretanos. Além disso, deve-se revisar e melhorar os sistemas de drenagem ao redor da estrutura para garantir que a água seja desviada de áreas vulneráveis, evitando a infiltração (SANTOS, 2017).

O controle da umidade envolve a implementação de sistemas de ventilação e controle de umidade, como desumidificadores e barreiras de vapor, especialmente em ambientes fechados e subterrâneos. É importante substituir ou reparar materiais afetados pela umidade, como revestimentos ou argamassas, utilizando materiais que tenham maior resistência à umidade. Além disso, deve-se revisar e corrigir falhas construtivas que possam estar permitindo a entrada de umidade, como falhas em vedação de juntas

ou revestimentos (SANTOS, 2017).

Segundo De Moraes (2021) a eflorescência pode ser tratada através da limpeza das superfícies afetadas utilizando métodos mecânicos suaves ou produtos químicos apropriados, como soluções de ácidos diluídos. Para prevenir a migração de sais, é essencial implementar medidas que reduzam a presença de umidade na estrutura, como melhorias na impermeabilização e correção de infiltrações. Além disso, deve-se garantir que os materiais utilizados na construção, especialmente agregados e cimentos, sejam de alta qualidade e com baixo teor de sais solúveis, minimizando assim o risco de eflorescência.

5. CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados nos Quadros 1 e 5 e na Figura 14, pode-se concluir que as patologias mais impactantes nas estruturas analisadas são a corrosão de armaduras, descolamento de concreto e fissuras. A corrosão de armaduras destaca-se como a patologia de maior impacto, contribuindo com 37,5% do impacto total, evidenciando a necessidade de priorizar intervenções que minimizem ou previnam essa deterioração, dado seu efeito significativo na integridade estrutural. Em seguida, o descolamento de concreto e as fissuras também apresentam impacto considerável, somando 16,7% e 11,6%, respectivamente, o que reforça a importância de uma avaliação criteriosa e de intervenções para prevenir a degradação estrutural associada a essas patologias.

As patologias relacionadas à infiltração e umidade, embora não tão impactantes quanto as anteriores, ainda representam uma parte significativa do impacto acumulado, alcançando 13,0% e 8,3% respectivamente. Essas patologias são frequentemente indicativas de falhas de projeto ou execução, destacando a necessidade de melhorias nos processos construtivos e de manutenção para evitar a entrada de umidade e prevenir danos subsequentes.

Patologias como eflorescência, trinca e rachadura têm impactos menores individualmente, mas quando somadas, contribuem para completar o quadro de deterioração das estruturas, alcançando 10,6% do impacto total. Portanto, enquanto essas patologias podem ser menos severas, sua presença não deve ser negligenciada,

especialmente em contextos onde a manutenção preventiva pode evitar maiores danos a longo prazo.

As ações corretivas para as patologias encontradas incluíram a reparação e proteção das armaduras contra corrosão, o reforço das seções de concreto descoladas, e a injeção de resinas para selar fissuras, a impermeabilização e correção de sistemas de drenagem - essenciais para combater infiltrações e umidade, e a limpeza e prevenção de eflorescência visando a remoção de sais e controle da umidade interna. Essas medidas, acompanhadas de melhorias nas práticas de construção e manutenção contínua, visam prolongar a vida útil e a integridade das estruturas estudadas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Débora Marx de. **Influência de manifestações patológicas precoces e erros construtivos em estruturas de concreto armado: proposição de uma escala de impacto na durabilidade da edificação**. 2016.
- ALMEIDA, L. **Desabamento do Viaduto do Mestre Álvaro: Impactos e Lições**. São Paulo: Editora Moderna, 2021.
- BASTOS, P. S. S. Notas de Aula: **Fundamentos do Concreto Armado**. 2006. Disponível em: <https://www.youtube.com/@paulosergiobastos892/videos>. Acesso em: 12 abril 2023.
- BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. Universidade de São Paulo. 227 páginas, 2013. Acesso em 02 abril 2023.
- BRASIL. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.
- BRASIL. **NBR 5729**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. (Procedimento). Rio de Janeiro, 2007.
- DA SILVA JÚNIOR, F. E. S.; DE VASCONCELLOS REAL, M.. MODELAGEM DO DESCOLAMENTO DE CONTATO PARA VIGAS DE CONCRETO REFORÇADAS COM PRFC. **REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA**, v. 11, n. 4, 2019.
- DE MORAES, I. M. et al. Patologias em Estruturas de Concreto Armado. **Boletim do Gerenciamento**, v. 22, n. 22, p. 67-78, 2021.
- DO NASCIMENTO, F. B. C. Corrosão em armaduras de concreto. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

DUARTE, R. B. Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. **Porto Alegre: CIENTEC**, 1998.

DUNFORD, R. et al. The pareto principle. **The Plymouth Student Scientist**, v. 7, n. 2, p. 140-148, 2014.

FARAH, M. F. S. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. Annablume, 1996.

FERREIRA, G. F.. **Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso**. 2020.

FIGUEIREDO, E. J. P. **Terapia das construções de concreto: metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinadas a injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto**. 2019.

FIORITI, C. F. et al. O Caso das Manifestações Patológicas em Pilares de uma Edificação Pública - **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada** (2017) Vol.2 No.3 – São Paulo – SP. Acesso em 15 maio 2023.

GENTIL, V. **Corrosão**. São Paulo: LTC, 4ª ed. 2003. Acesso em 26 abril 2023.

HELENE, P. R. L. **Manual Para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. Acesso em 25 maio 2024.

LOPES, S. A. **Manifestações patológicas em edificações recentes: causas e consequências**. 2020.

NEVES, B. R. C. **Características do Princípio de Pareto no Setor Construtivo Brasileiro**. 2016.

PARISI J., C. M. et al. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. Ambiente construído, Porto Alegre, **RS,BRASIL**,v.13,n.1,p.75-94, janeiro a março de 2013. Acesso em 01 maio 2023.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Estruturas de Concreto** - Capítulo 2. 2004. Disponível em: . Acesso em: 10 abril 2023.pinheir

RESENDE, P. B; MARTINS, R. J. F; FREITAS, M. S. Fissuras causadas por movimentações térmicas no concreto. **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, p. 1-10, 2018.

RIGO, E. V. **Avaliação do potencial de captura de CO2 de concretos com resíduos de construção e demolição devido à carbonatação**. 2019. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, E. L. Danos causados por infiltração em paredes de concreto armado. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 28-40, 2017.

SANTOS, I. F. S. et al. Aspectos químicos na investigação de alguns tipos de eflorescências em bens culturais. **Química Nova**, v. 42, p. 1056-1065, 2019.

SIMON, D. et al. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO DESLOCAMENTO DO CONCRETO USINADO. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE)**, p. e25048-e25048, 2020.

SOUSA, M. W. S.; CABRAL, A. E. B. Levantamentos de erros executivos em edifícios em alvenaria alme estrutural de bloco cerâmico. **XV ENTAC**, p. 1015-1024, 2024.

SOUZA, R. A. de et al. Modelo neuro-fuzzy para predição das emissões de CO₂ de dosagens de concreto para biodigestores na suinocultura. **Ambiente Construído**, v. 22, p. 321-334, 2022.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T.; **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo – SP : Editora Pini Ltda., 1998. Acesso em 25 abril 2023.

TODESCHINI, G. **Processo construtivo de unidade habitacional em contêiner marítimo**. 2019.

WAZLAWICK, R. I. **Engenharia de software: conceitos e práticas**. Elsevier Editora Ltda., 2019.