



**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**  
**Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território**  
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura  
Engenharia Civil de Infraestrutura

**ANÁLISE DIAGNÓSTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:  
ESTUDO DE CASO EM FOZ DO IGUAÇU/PR**

ALINE DA SILVA LIMA

Foz do Iguaçu - PR  
2024



**Ministério da Educação**  
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**  
**Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território**  
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura  
Engenharia Civil de Infraestrutura

## **ANÁLISE DIAGNÓSTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO EM FOZ DO IGUAÇU/PR**

ALINE DA SILVA LIMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Junges

Foz do Iguaçu - PR  
2024

ALINE DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DIAGNÓSTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:  
ESTUDO DE CASO EM FOZ DO IGUAÇU/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Paulo Junges  
UNILA

---

Prof. Dr. Cesar Winter de Mello  
UNILA

---

Prof. Dr. Noe Villegas Flores  
UNILA

Foz do Iguaçu, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me sustentou e me deu forças durante todo meu caminho, sendo presente em cada momento de desafio e aprendizado, mostrando-me que tudo é possível se pudermos confiar e ter fé em seu propósito.

Agradeço imensamente à minha mãe, Adriane, uma mulher incrível e forte, que sempre fez tudo por mim. Sua confiança e incentivo para que eu seguisse meus sonhos, sendo compreensiva e me apoiando foram essenciais para que eu me tornasse quem eu sou hoje. Você sempre será minha fonte de inspiração, minha fortaleza e meu cantinho de paz.

Agradeço ao meu padrasto, Jefferson, um amigo com quem posso contar, um pai em que posso me apoiar, alguém que me transmite firmeza e coragem para alcançar meus objetivos. As minhas irmãs, Adrieli e Amanda, pelo companheirismo e amizade, por poder compartilhar momentos leves e incríveis com vocês, por se entusiasmarem até mais que eu com minhas próprias conquistas, vocês são luz na minha vida.

Aos meus tios, Jorge e Lígia, e à minha avó Francisca, que me acolheram e tornaram tudo ainda mais possível. Serei eternamente grata por todo o apoio e suporte que me proporcionaram ao longo do tempo, pelos ensinamentos, incentivos, carinho e compreensão, principalmente nos momentos em que precisei estar ausente. Agradeço profundamente por tudo o que fizeram por mim.

Aos meus amigos, que se fizeram presentes nos momentos de angústia e de alegria, que tornaram esse processo mais leve e gratificante. Agradeço pela troca de conhecimento e pelos incentivos constantes. Sem vocês a trajetória seria mais difícil.

Ao meu orientador, Paulo Junges, expresso minha profunda gratidão. Sua dedicação, paciência e conhecimento durante todo o processo para a realização deste trabalho. Uma pessoa que admiro por sempre ser gentil e se mostrar disposto a ensinar.

Aos professores da UNILA, que contribuíram para a minha formação profissional. Cada um com sua dedicação e compromisso com o ensino, seus conselhos e experiências compartilhadas, foram essenciais na construção do meu conhecimento e desenvolvimento pessoal.

*Mas os que esperam no Senhor renovarão as suas forças, subirão  
com asas como águias: correrão, e não se cansarão;  
caminharão, e não se fatigarão.*

**Isaías 40:31**

## RESUMO

As manifestações patológicas em edificações denotam a deterioração de sistemas ou componentes, potencialmente levando a colapsos parciais ou totais. A prevenção desses danos requer um diagnóstico técnico preciso para identificar os fenômenos e suas origens, garantindo uma manutenção ou reforço adequados. Nesse contexto, este trabalho busca investigar as principais manifestações patológicas na Escola Municipal de Ensino Fundamental Ponte da Amizade localizada em Foz do Iguaçu/PR, propondo um diagnóstico e tratamento dos problemas identificados. As hipóteses sugerem que as principais preocupações com a degradação da estrutura podem estar ligadas ao concreto armado, com falhas primordialmente originadas durante a fase de construção e a subsequente falta de manutenção. O método empregado utiliza uma abordagem que combina coleta de dados visual e resultados com embasamento teórico, possibilitando a identificação das causas e origens das manifestações patológicas. Isso não apenas permite compreender a natureza dos problemas, mas também propor soluções eficazes e aplicar tratamentos adequados, especialmente em casos avançados que comprometem a integridade e o desempenho estrutural do concreto armado. Na edificação estudada, foram identificadas diversas manifestações patológicas, especialmente fissuras em diferentes ambientes e sinais de possíveis recalques diferenciais, além de desgaste acentuado nas juntas de dilatação. A estrutura requer ações significativas de manutenção com alguns pontos de recuperação estrutural para garantir a vida útil de projeto de 50 anos. Esses resultados são cruciais para embasar decisões e implementar medidas que preservem o patrimônio público e garantam a segurança dos usuários da edificação.

**Palavras-chave:** Patologia das construções; Manifestações patológicas; Inspeção visual; Concreto armado.

## ABSTRACT

The pathological manifestations in buildings denote the deterioration of systems or components, potentially leading to partial or total collapses. Preventing these damages requires precise technical diagnosis to identify the phenomena and their origins, ensuring adequate maintenance or reinforcement. In this context, this work seeks to investigate the main pathological manifestations at the Municipal Elementary School Ponte da Amizade, proposing a diagnosis and treatment of the identified problems. The hypotheses suggest that the main concerns regarding the degradation of the structure may be related to reinforced concrete, with failures primarily originating during the construction phase and the subsequent lack of maintenance. The method employed uses an approach that combines visual data collection and results with theoretical grounding, enabling the identification of the causes and origins of the pathological manifestations. This not only allows for understanding the nature of the problems but also proposing effective solutions and applying appropriate treatments, especially in advanced cases that compromise the integrity and structural performance of reinforced concrete. In the studied building, various pathological manifestations were identified, particularly cracks in different areas, signs of possible differential settlements, and significant wear in the expansion joints. The structure requires substantial maintenance actions, along with specific structural repairs, to ensure its designed service life of 50 years. These results are crucial to support decisions and implement measures that preserve public assets and ensure the safety of building users.

**Keywords:** Building pathology; Pathological manifestations; Visual inspection; Reinforced concrete.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bolor em parede .....	23
Figura 2 – Eflorescência em bloco de concreto.....	24
Figura 3 – Fissuras de flexão em vigas.....	26
Figura 4 – Fissuras de cisalhamento em vigas .....	26
Figura 5 – Fissuras de retração em vigas .....	27
Figura 6a-d – Fissuras em lajes.....	27
Figura 7a-d – Fissuras em pilares.....	28
Figura 8 – Fissuras por movimentações térmicas em muros .....	30
Figura 9 – Fissuras por movimentação térmica no topo da parede.....	30
Figura 10 – Fissuras por efeito da umidade na base da parede.....	31
Figura 11 – Fissuração típica nos cantos das aberturas .....	31
Figura 12 – Fissuração típica por recalque diferencial .....	32
Figura 13 – Ninhos de concretagem .....	33
Figura 14 – Desagregação do concreto .....	34
Figura 15 – Corrosão da armadura.....	36
Figura 16 – Manifestação típica de corrosão de armaduras.....	36
Figura 17 – Vista superior EMEF Ponte da Amizade .....	38
Figura 18 – Fachada EMEF Ponte da Amizade .....	39
Figura 19 – Fissuras nos domus para telhado .....	41
Figura 20 – Manifestações patológicas na laje do pavimento superior.....	42
Figura 21 – Manifestações patológicas na laje do pavimento superior.....	42
Figura 22 – Manifestações patológicas na laje do pavimento superior.....	43
Figura 23 – Fissuras nas lajes do pavimento superior .....	44
Figura 24 – Fissuras nas vigas do pavimento superior .....	44
Figura 25 – Fissura na base das paredes do pavimento superior .....	45
Figura 26 – Fissuras nas aberturas do pavimento térreo .....	46
Figura 27 – Fissuras nas aberturas do pavimento superior.....	47
Figura 28 – Manifestações patológicas na lateral da rampa.....	47
Figura 29 – Manifestações patológicas na laje da área da rampa.....	48
Figura 30 – Fissuras na parede da escada .....	49
Figura 31 – Fissura acentuada em uma janela do pavimento superior .....	49
Figura 32 – Fissuras na interface entre viga e pilar.....	50
Figura 33 – Fissura na junta de dilatação .....	51
Figura 34 – Detalhe fissura na junta de dilatação .....	51
Figura 35 – Deterioração da junta de dilatação.....	52
Figura 36 – Fissuras nas janelas da área da rampa .....	53
Figura 37 – Fissuras na interface entre viga e pilar.....	54
Figura 38 – Fissuras nas vigas da área da rampa .....	54
Figura 39 – Manifestações patológicas próximas a junta de dilatação .....	55
Figura 40 – Detalhe manifestações patológicas próximas a junta de dilatação .....	56
Figura 41 – Fissuras e desagregação do reboco .....	56
Figura 42 – Detalhe fissuras e desagregação do reboco .....	57
Figura 43 – Detalhe fissura na alvenaria entre aberturas.....	57
Figura 44 – Fissuras e descolamento da cerâmica .....	58

Figura 45 – Fissura, mancha de umidade e fungo .....	59
Figura 46 – Fissura na base do pilar de extremidade.....	59
Figura 47 – Brecha no muro .....	60
Figura 48 – Fissuras nas interfaces entre alvenaria e superestrutura .....	61

---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Agentes de degradação da natureza.....	20
Tabela 2 – Procedência dos agentes de degradação .....	21
Tabela 3 – Classificação da fissuração .....	25
Tabela 4 – Ações corretivas para as manifestações patológicas .....	63

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Justificativa .....	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1 Patologia das construções.....	16
3.2 Principais causas das manifestações patológicas .....	18
3.2.1 <i>Concepção</i> .....	18
3.2.2 <i>Execução</i> .....	19
3.2.3 <i>Utilização</i> .....	19
3.2.4 <i>Agentes de degradação</i> .....	20
3.3 Desempenho, durabilidade e vida útil .....	21
3.4 Patologia das estruturas de concreto armado.....	22
3.4.1 <i>Bolor</i> .....	22
3.4.2 <i>Eflorescências</i> .....	23
3.4.3 <i>Fissuras</i> .....	24
3.4.4 <i>Ninhos de concretagem</i> .....	32
3.4.5 <i>Desagregação do concreto</i> .....	33
3.4.6 <i>Corrosão de armaduras</i> .....	34
4. METÓDO.....	38
4.1 Objeto de estudo .....	38
4.2 Anamnese.....	39
4.3 Inspeção visual.....	39
4.4 Análise dos dados.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41
5.1 A anamnese do caso.....	41
5.2 Diagnóstico das manifestações patológicas.....	41
5.2.1 <i>Análise geral das manifestações patológicas</i> .....	62
5.3 Propostas de soluções para os problemas observados .....	62

---

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65
REFERÊNCIAS .....	67

## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, a sociedade tem se dedicado à construção de estruturas que atendam às suas necessidades habitacionais, laborais e de infraestrutura. Com isso, esse empenho resultou na acumulação de vasto conhecimento científico, impulsionando o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo desde a concepção até o detalhamento das estruturas, bem como a tecnologia de materiais e as técnicas construtivas.

O crescimento acelerado da construção civil tem exigido constantes inovações que, por vezes, implicam em maior aceitação de riscos, ainda que regulamentados. Esta aceitação, dentro de limites específicos, é crucial para o avanço tecnológico, proporcionando um maior entendimento das estruturas e materiais, especialmente por meio da análise de falhas que resultam em deterioração precoce ou acidentes (SOUZA; RIPPER, 1998).

À medida que a construção civil expande, torna-se comum encontrar várias edificações com manifestações patológicas em diferentes estágios de construção. Problemas como projetos deficientes ou ausentes, falta de manutenção, ausência de controle de qualidade dos materiais e erros na execução da obra são alguns dos fatores que contribuem para essas manifestações (SANTANA, 2021).

Essas manifestações patológicas evidenciam a degradação de sistemas ou componentes da edificação. Um diagnóstico técnico é essencial para identificar os fenômenos e suas causas, garantindo a manutenção ou reforço adequados. Intervenções sem análise profunda podem apenas mascarar as falhas, sem resolver o problema de fato. O estudo de patologia é crucial para a manutenção eficaz das edificações, prevenindo gastos desnecessários e problemas recorrentes ao longo do tempo (BRANDES, 2018).

Segundo Souza e Ripper (1998), o termo "Patologia das Estruturas" refere-se a um campo na Engenharia Civil que investiga as origens, manifestações, consequências e mecanismos das falhas e degradação das estruturas. Além de identificar anomalias, este campo também influencia a concepção, o projeto estrutural e a formação do engenheiro civil. Tradicionalmente, o foco tem sido na concepção e construção de novas estruturas, mas a necessidade de reabilitar e manter estruturas existentes está impulsionando uma abordagem diferente, onde a avaliação da capacidade de desempenho futuro se torna essencial.

Diante disso, o problema da pesquisa consiste em identificar se as manifestações patológicas existentes na edificação em estudo podem ser provenientes das etapas iniciais da edificação (projeto e execução) ou se são devido à inexistência de manutenção, para indicar como e de que forma pode-se intervir para recuperação e manutenção da estrutura a fim de prevenir riscos maiores.

## 1.1 Justificativa

A construção civil é um elemento crucial no desenvolvimento de um país, impulsionando a economia por meio da geração de empregos e movimentando uma ampla cadeia produtiva, que abrange desde a produção de materiais de construção até serviços de arquitetura e engenharia. Essa diversidade de atividades contribui significativamente para o crescimento econômico e a renda nacional. Além de sua relevância na construção de infraestrutura essencial, como estradas e moradias, o setor exerce um papel significativo na elevação da qualidade de vida, proporcionando habitações dignas e contribuindo para o desenvolvimento urbano. Sua importância vai além das esferas econômicas, alcançando aspectos sociais, ambientais e de planejamento urbano (CUNHA, 2023).

No entanto, mesmo com avanços, ainda persistem falhas involuntárias e casos de imperícia na construção civil, resultando em estruturas que muitas vezes não atendem às expectativas originais. Esse conjunto de fatores é identificado como deterioração estrutural, cujas causas são diversas, desde o envelhecimento "natural" das estruturas até acidentes e negligências profissionais. Essas falhas na construção civil podem ter um impacto significativo na necessidade de manutenção em obras públicas. Segundo Moraes (2022), a escassez de manutenção em obras públicas é atribuída à falta de recursos financeiros ou de funcionários, bem como à aquisição de materiais e serviços com base no menor preço em licitações. Esse cenário é agravado devido a uma série de fatores, incluindo problemas políticos e complexidades burocráticas que dificultam a alocação adequada de recursos para a conservação dos edifícios públicos, destacando a necessidade de uma abordagem mais abrangente para lidar com os desafios enfrentados na manutenção dessas estruturas, incluindo a importância contínua da vigilância e da melhoria dos padrões de construção para garantir estruturas seguras e duráveis.

Nesse contexto, este trabalho de conclusão de curso busca investigar e analisar as principais manifestações patológicas presentes na Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Ponte da Amizade, localizada em Foz do Iguaçu-PR, assim como a elaboração de um diagnóstico e tratamento desses problemas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar as manifestações patológicas da edificação EMEF Ponte da Amizade, localizada em Foz do Iguaçu-PR.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar as manifestações patológicas existentes para iniciar um diagnóstico;
- b) Identificar as possíveis causas e origens das manifestações patológicas;
- c) Propor uma conduta adequada para solução das anomalias.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

A Engenharia Civil é uma área em constante evolução, tanto no desenvolvimento de materiais quanto nas técnicas construtivas e nos métodos de projeto. Apesar desse avanço contínuo, que consolida a tecnologia da construção e abrange a concepção, análise, cálculo e detalhamento das estruturas, ainda existem limitações relevantes. Essas limitações, somadas a falhas involuntárias, imperícia, deterioração e acidentes, podem comprometer o desempenho de algumas estruturas, levando a resultados insatisfatórios em relação às finalidades para as quais foram projetadas.

Segundo Souza e Ripper (1998), uma das áreas fundamentais da Engenharia Civil é a Estabilidade das Estruturas, que tradicionalmente engloba os conceitos aplicados ao projeto estrutural, garantindo que as construções sejam seguras e adequadas ao uso previsto. Contudo, a estabilidade isolada não é suficiente; é necessário incorporar o conceito de Durabilidade Estrutural, pois uma estrutura que se mantém estável por um curto período torna-se economicamente inviável. Nesse contexto, a Patologia das Estruturas desempenha um papel essencial, ao permitir o estudo dos defeitos e sintomas que afetam as estruturas de concreto, fornecendo informações valiosas sobre falhas de concepção, execução e sua utilização.

As estruturas de concreto, com o passar do tempo, tendem a se deteriorar se não forem bem projetadas, executadas corretamente, utilizadas corretamente e submetidas a manutenção preventiva. Projetos mal detalhados, construções realizadas com pouco planejamento e controle, e prazos de execução excessivamente curtos comprometem a qualidade estrutural, levando à deterioração prematura e à necessidade de altos custos com recuperação e reforço para manter as edificações em condições de uso. O envelhecimento das estruturas de concreto, tem intensificado os problemas de deterioração, exigindo com frequência trabalhos de recuperação e de reforço estrutural e, em casos mais graves, até mesmo a demolição.

#### 3.1 Patologia das construções

O termo patologia, quando utilizado no contexto das construções, tem origem no grego, derivando dos termos *pathos* (sofrimento, doença) e *logos* (ciência, estudo). A patologia refere-se ao estudo das doenças, representando um estado ou condição anormal, cujas causas podem ser conhecidas ou desconhecidas.

É importante destacar a distinção entre os termos patologia e manifestação patológica, visto que são frequentemente confundidos. A patologia das edificações é o ramo da engenharia responsável por estudar as causas e os mecanismos que levam a anomalias e problemas nas estruturas, enquanto a manifestação patológica é a própria expressão desses problemas encontrados nas edificações.

De maneira mais precisa, a manifestação patológica é o resultado de um processo de degradação, enquanto a patologia é uma ciência composta por teorias que explicam o mecanismo e a causa da ocorrência dessas manifestações. Assim, a patologia tem um escopo muito mais abrangente, pois busca compreender e explicar todos os aspectos relacionados à degradação de uma edificação, indo além dos sintomas visíveis.

A patologia das construções se dedica ao estudo das anomalias ou problemas que afetam os edifícios, bem como das alterações anatômicas e funcionais que causam. Esses problemas podem surgir já na fase de execução da obra, devido ao uso inadequado de materiais ou técnicas construtivas, ou ainda na concepção do projeto. Além disso, as anomalias podem ser adquiridas ao longo da vida útil da edificação. A ruína de uma estrutura, nesse contexto, seria comparável à "morte" do edifício. Dependendo da natureza e do porte da construção, sua ruína pode resultar não apenas em grandes perdas financeiras, mas também em tragédias envolvendo inúmeras vidas. Em geral, os custos decorrentes da degradação estrutural são bastante elevados (FRANÇA *et al.*, 2011).

Helene (1992) apresenta alguns conceitos fundamentais relacionados às manifestações patológicas, entre os quais estão:

- Causa - fator que desencadeia ou contribui diretamente para o surgimento de anomalias nas estruturas. As causas podem ser diversas, como falhas no projeto, uso inadequado de materiais, execução deficiente, falta de manutenção ou exposição a condições ambientais adversas.
- Origem - refere-se ao momento ou fase em que o problema começou a se desenvolver. A origem pode estar na concepção do projeto, na execução da obra ou durante o uso da edificação.
- Mecanismo - conjunto de processos e interações que levam ao desenvolvimento de anomalias nas estruturas. Este conceito envolve a compreensão de como as causas identificadas se traduzem em efeitos visíveis, ou seja, como determinadas condições, falhas ou fatores contribuem para a degradação da edificação ao longo do tempo.

## 3.2 Principais causas das manifestações patológicas

O surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura costuma indicar a ocorrência de uma ou mais falhas durante a execução de alguma etapa do processo de construção, além de revelar deficiências no sistema de controle de qualidade aplicado a uma ou mais atividades.

As principais causas dessas falhas estão ligadas a uma combinação de fatores que podem comprometer tanto o desempenho quanto a durabilidade dos sistemas construtivos. Entre as origens mais frequentes estão falhas na concepção do projeto, uso de materiais inadequados ou de baixa qualidade, erros de execução, uso indevido da edificação para fins diferentes dos previstos em projeto, e a falta de manutenção ao longo do tempo (GONÇALVES, 2015).

### 3.2.1 Concepção

Diversas falhas podem ocorrer durante a fase de concepção de uma estrutura, surgindo desde o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, até a elaboração do projeto executivo.

Falhas provenientes de um estudo preliminar deficiente ou de anteprojeto inadequados costumam ocasionar o encarecimento da construção, ou gerar transtornos relacionados à utilização da obra. Já as falhas ocorridas na etapa final do projeto são geralmente responsáveis por causar manifestações patológicas graves na estrutura.

Souza e Ripper (1998) destacam alguns fatores responsáveis por falhas originadas durante a concepção do projeto, como:

- Má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas;
- Deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo;
- Falta de compatibilização de projetos;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento errado ou insuficiente;
- Detalhes construtivos inexecutáveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento;
- Inadequação do ambiente;
- Ausência ou má utilização de juntas de dilatação.

### 3.2.2 Execução

A NBR 14931 (ABNT, 2023) define os requisitos para todas as atividades desenvolvidas na sua execução, ou seja, para sistema de fôrmas e escoramentos, armaduras, concretagem, transporte e lançamento do concreto, adensamento, cura e outras, bem como as relativas à inspeção e documentação das atividades, incluindo a análise do controle de resistência do concreto. Falhas construtivas durante a etapa de execução da obra podem causar repercussões danosas ao desempenho da estrutura de concreto.

A industrialização na construção civil visa reduzir riscos, incertezas, custos e prazos, com um sistema eficiente de controle de qualidade e produtividade. Contudo, problemas patológicos podem surgir durante a etapa de execução devido à fiscalização deficiente, comando fraco de equipes e falta de capacitação dos profissionais (SOUZA; RIPPER, 1998).

Souza e Ripper (1998) apontam as principais falhas construtivas, como:

- Inadequação de escoramentos e fôrmas;
- Inexistência de controle de qualidade;
- Deficiências de concretagem devido ao transporte, lançamento, juntas de concretagem, adensamento e cura;
- Deficiências nas armaduras devido à má interpretação dos projetos, insuficiência e mau posicionamento das armaduras, cobrimento de concreto insuficiente, dobramento inadequado das barras, deficiências nas ancoragens e nas emendas, e utilização inadequada de anticorrosivos;
- Utilização incorreta dos materiais de construção devido a utilização de concreto com resistência inferior ao especificado, aço diferente do especificado, solo com características diferentes, utilização de agregados reativos, utilização inadequada de aditivos e dosagem inadequada do concreto.

### 3.2.3 Utilização

Mesmo com uma concepção e execução adequadas, as estruturas podem sofrer problemas patológicos devido à má utilização, falta de manutenção adequada ou a sua ausência total. O usuário, embora principal interessado no desempenho da edificação, pode ser a causa da deterioração da estrutura por desconhecimento técnico e das limitações da obra ou por negligência. A elaboração e implementação de um programa de manutenção eficiente visa manter os materiais e peças estruturais com desempenho adequado para as quais foram projetadas e construídas, especialmente atendendo as áreas mais suscetíveis ao desgaste (SOUZA; RIPPER, 1998).

Ademais, conforme a NBR 5674 (ABNT, 2024), a elaboração e a implantação de um programa de manutenção nas edificações visam garantir a segurança e a qualidade de vida dos usuários, além de manter os níveis de desempenho ao longo da vida útil da construção, mesmo diante de agentes ambientais e de uso que alteram suas características iniciais. A falta de atividades de limpeza, conservação e manutenção previstas no manual de uso, operação e manutenção das edificações pode resultar em transtornos aos seus usuários e gerar um sobrecusto com serviços de recuperação ou reforço estrutural.

### 3.2.4 Agentes de degradação

Não obstante aos processos de concepção, execução e utilização da edificação, outros fatores como ações naturais ou externas podem atuar como agentes de degradação das estruturas, decorrentes na maioria das vezes do ambiente em que estão inseridos.

Ribeiro e Pires (2018) ressaltam que os agentes de degradação podem ser de origem mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica, conforme apresenta a **Tabela 1**. Esses agentes são ainda classificados como externos, relacionados ao ambiente, e internos, associados ao uso da edificação ou a modificações realizadas ao longo do tempo (**Tabela 2**).

**Tabela 1 – Agentes de degradação da natureza**

Natureza	Classe
Agentes mecânicos	Gravidade
	Esforços e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
	Vibrações, ruídos e atritos
Agentes eletromagnéticos	Radiação
	Eletricidade
Agentes térmicos	Níveis extremos ou variações muito rápidas de temperatura
Agentes químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
Agentes biológicos	Ácidos, bases, sais e quimicamente neutros
	Vegetais e microrganismo
	Animais

Fonte: RIBEIRO; PIRES, 2018.

**Tabela 2 – Procedência dos agentes de degradação**

Procedência	Classe
Provenientes da atmosfera	Umidade
	Temperatura
	Radiação solar – radiação ultravioleta
	Gases de oxigênio
	Ácido sulfúrico
	Gases ácidos
	Bactérias, insetos
	Vento com partículas em suspensão
Provenientes do solo	Sulfatos
	Cloretos
	Fungos, bactérias e insetos
Provenientes ao uso	Esforços de manobra
Provenientes do projeto	Agentes químicos normais em uso doméstico
	Compatibilidade química
	Compatibilidade física
	Cargas permanentes e periódicas

Fonte: RIBEIRO; PIRES, 2018.

### 3.3 Desempenho, durabilidade e vida útil

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2024) o desempenho é definido como o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, tendo como objetivo garantir o atendimento das necessidades do usuário, mantendo a edificação em condições plenas de utilização ao decorrer de sua vida útil.

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2024), a vida útil de uma edificação é uma medida temporal que reflete a durabilidade de seus sistemas, um período durante o qual esses elementos desempenham as funções para as quais foram projetados, atingindo os níveis mínimos de desempenho exigidos pela norma. Para isso, é indispensável a consideração da periodicidade e a execução das ações de manutenção previstas pelo manual de uso, operação e manutenção da edificação.

Além da manutenção, outros fatores também influenciam na vida útil, como a operação e uso correto da edificação, alterações climáticas, níveis de poluição e alterações no entorno

ao longo do tempo. Portanto, a negligência dos programas definidos no manual de uso, operação e manutenção, e a exposição da edificação a condições ambientais anormais, poderá acarretar no desenvolvimento de manifestações patológicas, ocasionando uma redução do tempo de vida útil.

Atrelado aos conceitos de desempenho e vida útil, o termo durabilidade está diretamente relacionado, referindo-se conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2024) apresenta, na capacidade que a edificação ou seus sistemas possuem de desempenhar suas funções ao longo do tempo, de acordo com as condições de uso e manutenção especificadas pelo manual de uso, operação e manutenção. A durabilidade é comumente utilizada de forma qualitativa para expressar a situação na qual a edificação ou seus sistemas mantêm o desempenho requerido ao longo da vida útil.

### 3.4 Patologia das estruturas de concreto armado

As manifestações patológicas em edificações podem ser classificadas em diferentes categorias, como de fundação, estrutural, alvenaria, instalação e revestimento. Neste estudo, o foco recai nas anomalias que afetam o desempenho das estruturas de concreto armado, especialmente as fissuras, devido à sua frequência e impacto nas construções. Além disso, Souza e Ripper (1998) destacam que as principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado incluem fissuração, desagregação do concreto, corrosão da armadura, perda de aderência e desgaste do concreto. Portanto, é de suma importância compreender e identificar corretamente essas manifestações patológicas para determinar suas causas.

#### 3.4.1 Bolor

O bolor é composto por colônias de fungos filamentosos, micro-organismos que se alimentam de compostos orgânicos. O surgimento e a permanência desses fungos em estruturas de concreto são influenciados por fatores como temperatura, pH e, principalmente, umidade. Para se proliferarem, esses organismos necessitam de condições favoráveis, especialmente ambientes com alta umidade, que pode ser causada por infiltrações, umidade ascendente do solo, condensação de vapor d'água, vazamentos ou por falta de ventilação e baixa exposição à luz solar (SENA *et al.*, 2020).

O bolor começa a se manifestar como uma camada superficial esverdeada, que com o tempo pode adquirir colorações mais escuras, como marrom e preto, como ilustrado na **Figura 1**. A presença desses fungos na superfície de concreto é um sinal de excesso de

umidade, além de indicar a atividade de organismos vivos que, ao crescerem em fissuras e juntas de dilatação, podem acelerar a degradação da estrutura.

**Figura 1** – Bolor em parede

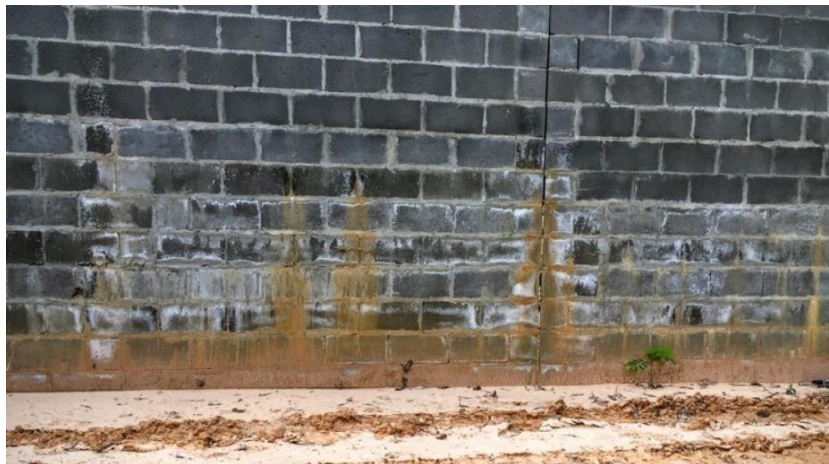


**Fonte:** ROGADO, 2023.

### 3.4.2 Eflorescências

A eflorescência no concreto armado é um problema patológico que se manifesta como depósitos esbranquiçados na superfície do concreto (**Figura 2**), formados pela migração de sais solúveis dissolvidos em água pelo processo de lixiviação. Esses sais, ao atingir a superfície, se cristalizam devido à evaporação da água, formando manchas brancas. A origem dos sais pode estar nos componentes do concreto (cimento, agregados) ou em fontes externas, como água de chuva ou solo contaminado. Os principais sais envolvidos são sulfatos, cloretos e carbonatos.

De acordo com Sena *et al.* (2020), a eflorescência, frequentemente tratada como um problema estético, na verdade indica a presença de água no concreto e pode sinalizar uma perda da alcalinidade da estrutura. Esse fenômeno está diretamente relacionado à solubilidade do hidróxido de cálcio, um dos compostos hidratados do cimento, sendo este responsável por manter o pH básico do concreto (entre 12,5 e 13,5), condição essencial para a proteção das armaduras contra a corrosão.

**Figura 2 – Eflorescência em bloco de concreto**

**Fonte:** NEVES, 2024.

### 3.4.3 Fissuras

As fissuras são uma das manifestações patológicas mais comuns nas estruturas de concreto, surgindo desde a fase de concretagem até anos após a construção. Elas podem ser indícios tanto de problemas estéticos quanto de falhas estruturais graves. A sua configuração, sua abertura, posição, espaçamento e trajetória podem indicar sua origem, sendo essencial diagnosticar corretamente o que as está causando (SENA *et al.*, 2020).

A fissuração ocorre quando a estrutura é submetida a tensões superiores à sua capacidade de resistência. Para aliviar essas tensões, aberturas surgem nos pontos menos resistentes. Podem ser originadas no estado plástico do concreto (por expansão ou retração) ou no estado endurecido, devido a cargas, variações térmicas ou reações expansivas internas. É importante ressaltar que nem toda fissura apresenta perigo, mas fissurações excessivas podem comprometer a capacidade do concreto de suportar esforços e reduzir sua durabilidade ao facilitar a entrada de agentes agressivos.

Portanto, a classificação de uma fissura como um problema estrutural depende de sua origem, intensidade e magnitude. O concreto, por natureza, é suscetível a fissuras, por consequência de sua baixa resistência à tração. Assim, sempre que tensões de tração ultrapassam sua capacidade, as fissuras aparecem como resultado natural desse processo.

A NBR 6118 (ABNT, 2023) estabelece limites de abertura para concretos armados de acordo com as classes de agressividade: Classe I (0,4 mm), Classe II e III (0,3 mm), e Classe IV (0,2 mm). De acordo com a norma, fissuras com essas dimensões são aceitáveis e não comprometem a estrutura. No entanto, é importante destacar que, mesmo dentro desses

limites, as aberturas podem servir como vias de entrada para agentes agressivos, o que pode comprometer a durabilidade do concreto armado.

A classificação da fissuração é feita através da espessura de abertura, sendo classificadas de acordo com Olivari (2003) na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Classificação da fissuração

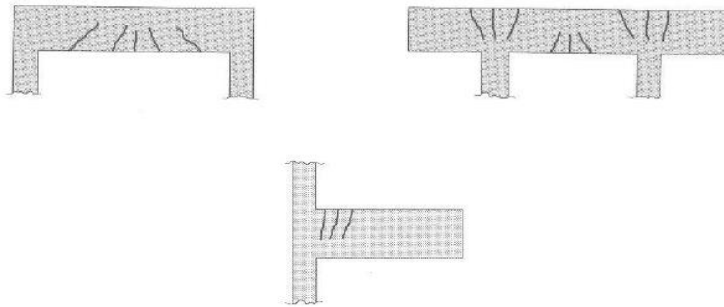
<b>Classificação</b>	<b>Espessura</b>
Fissura capilar	Menor que 0,2 mm
Fissura	0,2 mm a 0,5 mm
Trinca	0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	1,5 mm a 5 mm
Fenda	5 mm a 10 mm
Brecha	Maior que 10 mm

**Fonte:** adaptado de OLIVARI, 2003.

Thomaz (1989) destaca que as principais causas das fissuras são: movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade (higrotérmicas), atuação de sobrecargas ou concentração de tensões, deformabilidade excessiva das estruturas, recalques diferenciais das fundações, retração dos produtos à base de ligantes hidráulicos e alterações químicas nos materiais constituintes.

- Fissuras em vigas

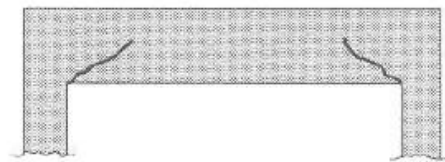
As fissuras em vigas causadas pela flexão (**Figura 3**) surgem perpendicularmente às trajetórias dos esforços principais de tração, sendo quase verticais no terço médio do vão. Essas aberturas tendem a ser maiores em direção à face inferior da viga, onde as fibras estão mais tracionadas. A localização, quantidade, extensão e abertura das fissuras são influenciadas pelas características geométricas da peça, pelas propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a compõem e do estágio de solicitação da carga (THOMAZ, 1989).

**Figura 3 – Fissuras de flexão em vigas**

**Fonte:** HELENE, 1992.

Essas manifestações típicas de fissuras de flexão em vigas podem ser ocasionadas devido a sobrecargas não previstas, armadura insuficiente, armadura mal posicionada no projeto ou na execução, e por ancoragem insuficiente (HELENE, 1992).

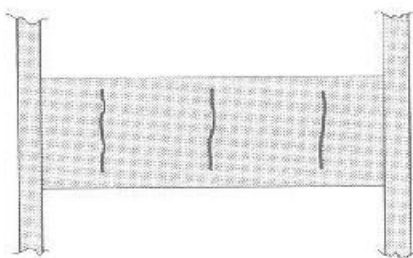
Segundo Thomaz (1989), em casos de armadura inadequada ao cisalhamento ou ancoragem deficiente das armaduras, as fissuras inclinadas tendem a aparecer inicialmente próximo aos apoios, conforme **Figura 4**.

**Figura 4 – Fissuras de cisalhamento em vigas**

**Fonte:** HELENE, 1992.

As causas prováveis apontadas para o caso de fissuras de cisalhamento em vigas são a insuficiência de estribos, sobrecargas não previstas, estribos mal posicionados no projeto ou na execução, e concreto de resistência inadequada (HELENE, 1992).

Além disso, fissuras podem surgir em vigas de concreto armado devido à retração hidráulica ou à movimentação térmica (**Figura 5**). Esses fatores estão diretamente relacionados à dosagem do concreto, principalmente da relação água/cimento, às condições de adensamento (quanto melhor o adensamento, menor a retração), às condições de cura, como a secagem prematura do concreto e à contração térmica devido a diferenças de temperatura (THOMAZ, 1989).

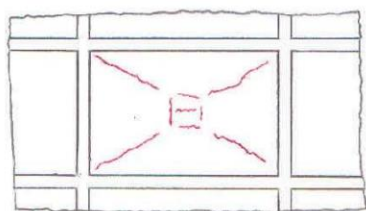
**Figura 5 – Fissuras de retração em vigas**

Fonte: HELENE, 1992.

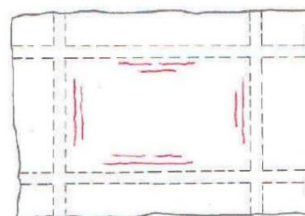
- Fissuras em lajes

Segundo Thomaz (1989), o surgimento de fissuras em lajes pode apresentar aspectos que variam conforme as condições de contorno da laje, a relação entre comprimento e largura, o tipo de armação e a natureza e intensidade da solicitação.

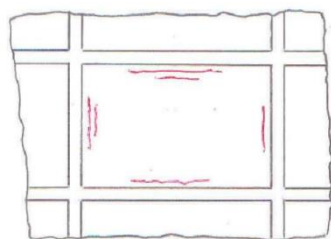
De acordo com Olivari (2003), as manifestações típicas de fissuras em lajes podem ocorrer por flexão, por esmagamento do concreto e por retração (**Figura 6a-d**).

**Figura 6a-d – Fissuras em lajes**

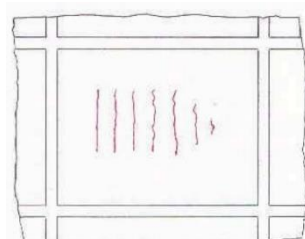
(a) Fissuração por flexão, as fissuras surgem na face inferior.



(b) Fissuração de flexão, as fissuras surgem na face superior.



(c) Fissuração por esmagamento do concreto, as fissuras surgem na face inferior.



(d) Fissuração de retração, as fissuras surgem na face inferior.

Fonte: OLIVARI, 2003.

As fissuras por flexão, com surgimento na face inferior das lajes, ocorrem devido a insuficiência de armadura ou seu mal posicionamento, ao comprimento de ancoragem insuficiente, a desforma precoce e a sobrecargas não previstas (HELENE, 1992).

As fissuras de flexão, com surgimento na face superior das lajes, ocorrem devido a insuficiência de armadura ou seu mal posicionamento, e por sobrecargas não previstas (OLIVARI, 2003).

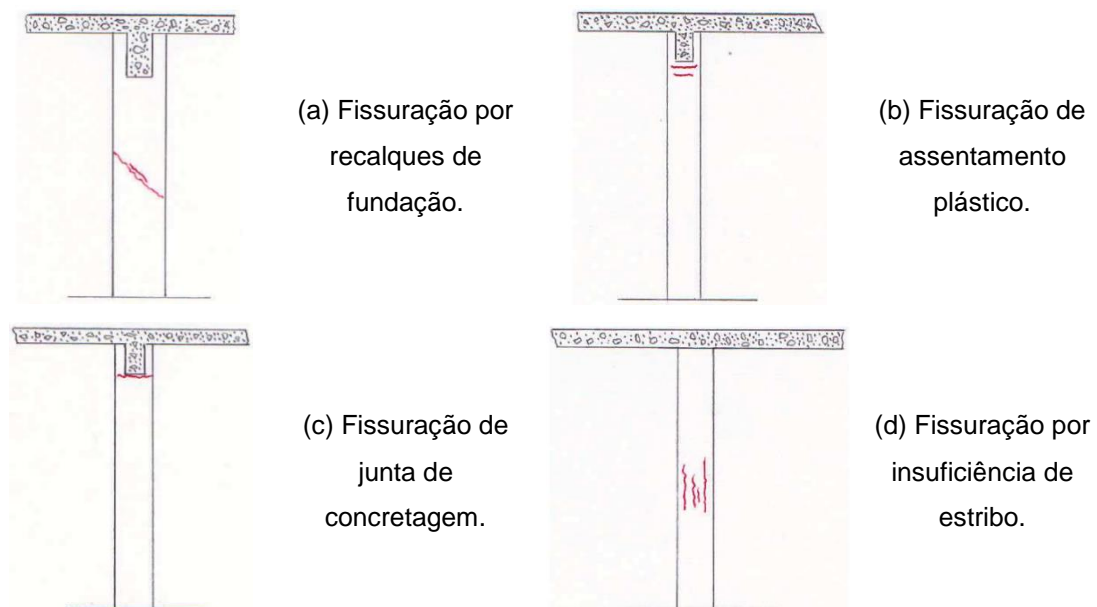
As fissuras por esmagamento do concreto, com surgimento na face inferior das lajes, ocorrem devido a insuficiência da espessura do concreto ou por sobrecargas não previstas (OLIVARI, 2003).

As fissuras por retração hidráulica e contração térmica, com surgimento na face inferior das lajes, ocorrem devido a cura e proteção ineficiente, ao excesso de calor de hidratação ou por excesso de água de amassamento (HELENE, 1992).

- Fissuras em pilares

As fissuras em pilares podem se manifestar de diferentes formas, aparecendo como fissuras verticais nos corpos dos pilares, ou ainda como fissuras horizontais ou ligeiramente inclinadas (THOMAZ, 1989). As manifestações típicas referentes a fissuração em pilares podem ser observadas na **Figura 7a-d**.

**Figura 7a-d – Fissuras em pilares**



Fonte: OLIVARI, 2003.

A manifestação de fissura em pilar na direção vertical, como ilustrado na **Figura 7a**, são ocasionados por recalque de fundação, sobrecargas não previstas ou por concreto de resistência inadequada (OLIVARI, 2003).

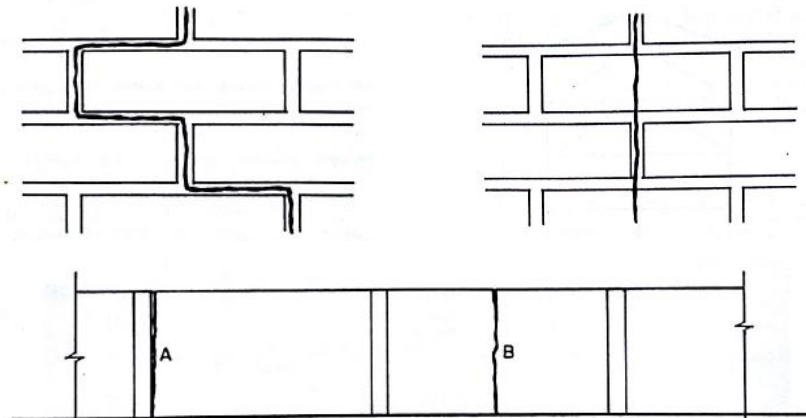
As manifestações de fissuras em topo de pilar, no caso do ilustrado na **Figura 7b**, podem ocorrer devido a utilização de concreto muito fluido, fôrmas não estanques, adensamento inadequado do concreto ou por realizar a concretagem simultânea de pilares, vigas e lajes. Para o caso da **Figura 7c**, essas fissuras são ocasionadas devido a concretagem do pilar antes das vigas (junta de concretagem), ou por excesso de nata de cimento (exsudação) ou sujeira no topo do pilar (HELENE, 1992).

Para os casos de fissuras verticais nos corpos dos pilares, aproximadamente no terço médio das suas alturas (**Figura 7d**), ocorrem em função da diferença entre o módulo de deformação do agregado graúdo e da argamassa intersticial, criando-se superfícies de cisalhamento paralelas à direção do esforço de compressão. Portanto, as fissuras verticais no pilar indicam a insuficiência de estribo (THOMAZ, 1989).

- Fissuras em paredes

De acordo com Sena *et al.* (2020), muitas das manifestações patológicas observadas nas paredes de vedação são notadas na camada de revestimento. Os sistemas de vedação verticais externos são compostos tanto pelas alvenarias (vedações) quanto pelos revestimentos (acabamentos), de modo que uma anomalia em uma dessas camadas pode afetar diretamente a outra. Esses problemas podem resultar tanto dos componentes da alvenaria quanto de fatores externos, como sobrecargas, reações químicas e outros agentes. Entre as anomalias, as fissuras são as mais frequentes nas vedações. A seguir, são destacadas as principais manifestações patológicas em alvenarias e suas causas.

Os muros frequentemente apresentam fissuras causadas por movimentações térmicas, que se manifestam, em geral, na forma de fissuras verticais (**Figura 8**). Essas fissuras costumam surgir a partir da base do muro, uma vez que a fundação restringe sua livre movimentação. Dependendo da resistência à tração da argamassa de assentamento e dos materiais que compõem a alvenaria, as fissuras podem seguir as juntas verticais de assentamento ou se estender diretamente através dos componentes de alvenaria (THOMAZ, 1989).

**Figura 8** – Fissuras por movimentações térmicas em muros

Fonte: THOMAZ, 1989.

Thomaz (1989) destaca ainda as movimentações de origem térmica causadas nos elementos estruturais, sobretudo a dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperaturas ao longo de suas alturas induzem tensões de tração e de cisalhamento nas paredes das edificações. Apesar de que as ações térmicas são mais evidentes, é importante também destacar as movimentações higroscópicas (devido à umidade). Tais ações acontecem simultaneamente e quando unidas podem ser chamadas de fenômenos higrotérmicos. As fissuras se desenvolvem quase que exclusivamente nas paredes, apresentando tipicamente as configurações indicadas na **Figura 9**.

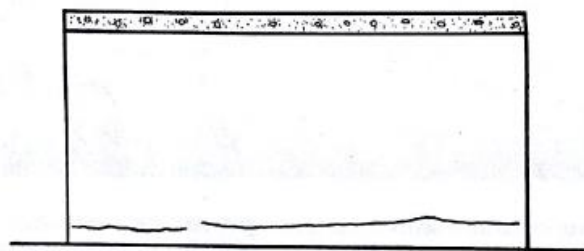
**Figura 9** – Fissuras por movimentação térmica no topo da parede

Fonte: THOMAZ, 1989.

Fissuras horizontais na base da alvenaria (**Figura 10**) podem surgir em edificações quando há falhas na impermeabilização das fundações. Nesses casos, a umidade do solo é absorvida pelos componentes da alvenaria em contato direto com o solo, provocando uma movimentação ascendente da água. Ao mesmo tempo, as fiadas superiores da construção

estão expostas à insolação direta, resultando em perda de água por evaporação. Essas diferenças de umidade e movimentação entre as partes inferiores e superiores das paredes causam tensões que levam ao surgimento de fissuras horizontais na estrutura (THOMAZ, 1989).

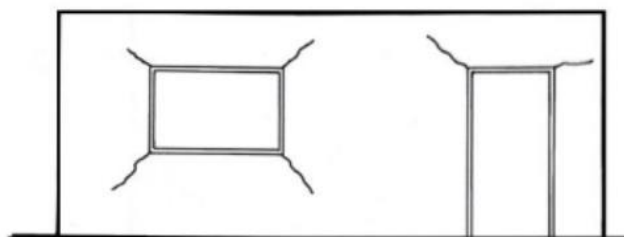
**Figura 10** – Fissuras por efeito da umidade na base da parede



Fonte: THOMAZ, 1989.

Segundo Thomaz (1989), quando uma construção é sobrecarregada por fatores como peso próprio, ação do vento ou variações de temperatura, as tensões são aliviadas principalmente nas alvenarias, que possuem menor resistência. No entanto, quando há aberturas na alvenaria, como vãos de portas e janelas, os esforços se concentram nas quinas e ao redor dessas aberturas. Como resultado, surgem fissuras nos cantos das esquadrias, como ilustrado na **Figura 11**, formando ângulos de aproximadamente 45° com a horizontal e estendendo-se verticalmente no centro dos vãos. A fissuração em esquadrias pode ocorrer também devido à ausência ou ineficiência de vergas e contravergas.

**Figura 11** – Fissuração típica nos cantos das aberturas

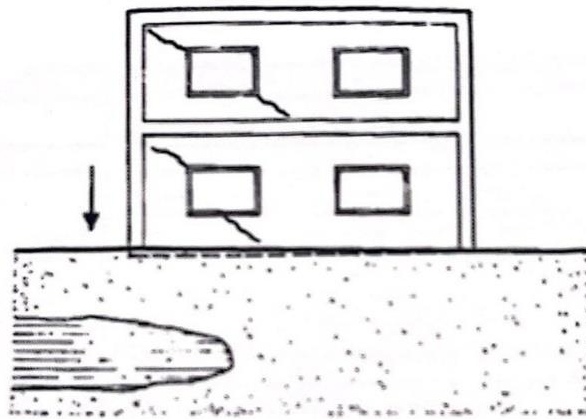


Fonte: THOMAZ, 1989.

As fundações sofrem deslocamentos verticais que acompanham o movimento natural do solo, o que é essencial para manter o equilíbrio entre o solo e as cargas aplicadas à estrutura. No entanto, se essas movimentações não forem devidamente previstas no projeto, podem ocorrer recalques diferenciais, resultando no aparecimento de fissuras. Quando os

esforços solicitantes excedem a capacidade de resistência, eles se distribuem pelos pilares conectados à fundação e são transferidos para as vigas. Devido à menor resistência, as fissuras tendem a aparecer na alvenaria na direção diagonal, conforme apresentado na **Figura 12**. Em casos de recalques acentuados, é possível observar uma variação na abertura das fissuras (THOMAZ, 1989).

**Figura 12** – Fissuração típica por recalque diferencial



Fonte: THOMAZ, 1989.

#### 3.4.4 Ninhos de concretagem

Os ninhos de concretagem são falhas estruturais que ocorrem no concreto armado devido à segregação no concreto, conforme apresentado na **Figura 13**. Essas falhas são formadas principalmente por discontinuidades no processo de concretagem, causadas por práticas inadequadas de lançamento e adensamento, dosagem incorreta dos materiais e excesso de armaduras. Como resultado, surgem espaços vazios ou porosidades na pasta de cimento, que tornam o concreto permeável e suscetível à entrada de agentes agressivos.

A mistura do concreto deve ser homogênea em todos os pontos, com seus componentes (areia, brita, cimento e água) proporcionados corretamente, de modo que a argamassa envolva adequadamente os agregados graúdos. Contudo, essa uniformidade pode ser comprometida ao inserir o concreto nas fôrmas dos elementos estruturais da edificação, devido a fatores como erros no lançamento ou adensamento, vibração inadequada, vazamento da pasta de cimento pelas fôrmas ou a concentração excessiva de armaduras, que dificulta a passagem da brita (KUHL, 2020).

**Figura 13** – Ninhos de concretagem

Fonte: NAKAMURA, 2020.

Ambrosio (2004) destaca que, as anomalias de concreto segregado são constatadas frequentemente nas seguintes regiões dos elementos estruturais:

- Junto a base (de pilares, paredes e elementos estruturais verticais);
- Junto a face inferior (de vigas, lajes e elementos estruturais horizontais);
- Em junta de concretagem (de elementos estruturais em geral);
- Em junta de dilatação (de elementos estruturais em geral);
- Em junção de elementos;
- Concreto segregado geral.

#### 3.4.5 Desagregação do concreto

A desagregação do material é um fenômeno frequentemente observado em estruturas de concreto, sendo causado por diversos fatores e, na maioria dos casos, associado à fissuração. Esse processo envolve a separação física de placas ou fragmentos de concreto, resultado da perda de aderência entre seus componentes. Um exemplo comum ocorre na corrosão das armaduras, quando reações expansivas aumentam o volume das barras de aço, provocando a expansão e desagregação do concreto ao seu redor (SOUZA; RIPPER, 1998).

Como consequência, uma estrutura com seções desagregadas (**Figura 14**) perde, de forma localizada ou generalizada, a capacidade de resistir aos esforços a que está submetida. Entre os principais fatores que contribuem para essa patologia estão o desgaste do concreto, fissuras, movimentação das fôrmas, corrosão e ataques biológicos.

**Figura 14** – Desagregação do concreto

Fonte: SILVA, 2020.

### 3.4.6 Corrosão de armaduras

A corrosão das armaduras é um dos principais fatores de degradação em estruturas de concreto armado. De acordo com Souza e Ripper (1998), esse processo pode ocorrer quando estão presentes elementos como, a presença de água, ar, área anódica e catódica, um condutor metálico (as armaduras) e um eletrólito (solução aquosa presente no concreto). O mecanismo de corrosão do aço no concreto é essencialmente eletroquímico e pode se manifestar de duas formas principais: corrosão localizada e corrosão generalizada.

A corrosão localizada, também chamada de pites ou cavidades, ocorre principalmente em ambientes onde há presença de íons agressivos, como cloretos. Ela é favorecida pela presença de oxigênio e umidade. Enquanto a corrosão generalizada ocorre quando o pH do concreto cai abaixo de 9, comprometendo a película passivante que protege a superfície das barras de aço. Essa película é formada graças à alta alcalinidade do meio. Em condições ideais, o concreto oferece proteção às armaduras com um pH entre 12,5 e 13,5, o que garante a manutenção dessa camada protetora, preservando a integridade das barras de aço e evitando o processo corrosivo.

A corrosão das armaduras (**Figura 15**) é um processo degradante que se inicia na superfície do concreto e avança para o interior da estrutura, onde as armaduras estão localizadas. O revestimento do concreto age como uma barreira física, protegendo o aço contra o contato direto com agentes agressivos externos. No entanto, quando essa proteção é

comprometida, a corrosão das armaduras começa a se manifestar, resultando em uma troca da seção de aço resistente por ferrugem, o que diminui a capacidade resistente da armadura.

Esse fenômeno patológico não apenas reduz a área de aço disponível, como também desencadeia outros processos de degradação, como a perda de aderência entre o aço e o concreto, a desagregação da camada de concreto que envolve as armaduras e o surgimento de fissuras. Essas fissuras são consequência das tensões geradas pela expansão dos produtos de corrosão, como óxi-hidróxidos, que ocupam um volume maior que o aço original, resultando em elevadas tensões de tração.

Como o concreto não é capaz de resistir a essas tensões de tração, surgem fissuras paralelas às barras longitudinais, levando ao deslocamento da camada superficial do concreto. Isso provoca a redução da seção das barras de aço, perda de aderência entre a armadura e o concreto, e, em casos mais graves, pode resultar no colapso da estrutura. A sequência de manifestações da corrosão é visível inicialmente pelo aparecimento de manchas amarronzadas na superfície, seguidas por expansões e, posteriormente, fissuras e deslocamentos.

Sena *et al.* (2020) destaca dois dos principais agentes agressivos responsáveis pelo desencadeamento de reações de corrosão, sendo os mesmos descritos nos próximos itens.

- Despassivação por Carbonatação

A carbonatação do concreto é o resultado de um processo físico-químico que ocorre devido à ação dissolvente do dióxido de carbono, presente na atmosfera, que é transportado através dos poros e fissuras do concreto reagindo com hidróxido de cálcio presente no cimento hidratado, formando após outras reações o carbonato de cálcio, provocando assim uma redução do pH do concreto para níveis inferiores a 9, o que compromete a proteção alcalina que o concreto proporciona às armaduras. A corrosão tem início quando a frente de carbonatação atinge a profundidade de cobrimento do concreto e alcança as armaduras, despassivando-as.

- Despassivação por Cloretos

A corrosão localizada é caracterizada pela ação de íons agressivos, especialmente cloretos, e ocorre sempre que há umidade e presença de oxigênio. Os íons cloretos podem entrar no concreto de várias maneiras, como através da água de amassamento contaminada, do uso de agregados miúdos ricos em cloretos, como a areia de praia, e da aplicação de aceleradores de endurecimento.

Em ambientes onde há contato com áreas marinhas, os cloretos podem penetrar na estrutura do concreto por meio de névoa salina, contato direto com a água e respingos de maré, facilitados pela porosidade do material e pela presença de fissuras. A ação dos cloretos nas armaduras pode despассивá-las, mesmo quando o pH do concreto é elevado.

**Figura 15** – Corrosão da armadura

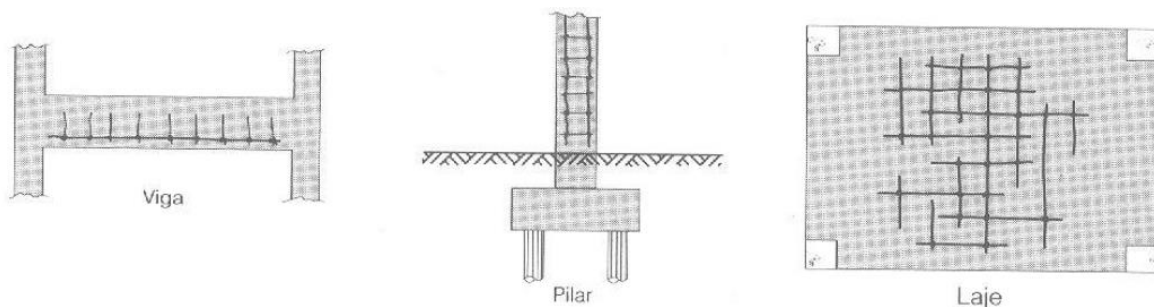


Fonte: SILVA, 2018.

Em conformidade com a NBR 6118 (ABNT, 2023), as medidas preventivas contra a corrosão consistem em dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto, com um cobrimento adequado das armaduras e o controle da fissuração, para minimização do efeito da corrosão, recomenda-se também o uso de concreto de baixa porosidade.

Helene (1992) apresenta a manifestação típica ocasionada por este processo em elementos estruturais, ilustrado na **Figura 16**.

**Figura 16** – Manifestação típica de corrosão de armaduras



Fonte: HELENE, 1992.

As causas prováveis para o surgimento dessas manifestações podem estar relacionadas a utilização de concreto com alta permeabilidade ou com elevada porosidade, cobertura insuficiente das armaduras e a má execução do serviço.

Outra manifestação típica relacionada à corrosão de armaduras ocorre através do aparecimento de manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas na superfície do elemento estrutural. Neste caso, o diagnóstico pode estar relacionado a presença de agentes agressivos do ambiente impregnados na estrutura (cloretos) ou de agentes agressivos incorporados involuntariamente ao concreto durante seu amassamento (HELENE, 1992).

Portanto, fatores como o controle da porosidade e da permeabilidade do concreto, a manutenção das peças dentro dos limites de tensões de serviço estabelecidos pelas normas, a escolha adequada das bitolas das barras da armadura principal, um bom detalhamento, a execução cuidadosa das peças e a proteção adicional das superfícies do concreto por meio de pintura são fundamentais. A observância desses aspectos é crucial para reduzir a possibilidade de corrosão nas barras da armadura.

## 4. METÓDO

O método utilizado no presente trabalho busca diagnosticar as principais manifestações patológicas em uma edificação escolar pública. O processo inicia-se com uma revisão de literatura sobre os trabalhos mais relevantes para o tema da pesquisa, seguida por um estudo de caso que inclui a investigação das não conformidades presentes na edificação. O levantamento de dados ocorre por meio da anamnese e inspeção visual, sendo esses dados posteriormente analisados para diagnosticar as possíveis causas, origem e soluções para os problemas patológicos. A abordagem segue três etapas principais: revisão teórica, coleta de dados em campo e análise dos resultados obtidos.

### 4.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo foi um edifício escolar público, especificamente a EMEF Ponte da Amizade (**Figura 17**), reinaugurada no ano de 2006, localizada na cidade de Foz do Iguaçu-PR, na Avenida Tancredo Neves, número 3159, em frente à subestação elétrica. O edifício possui dois pavimentos, sendo um térreo e um pavimento superior, construído em concreto armado.

**Figura 17** – Vista superior EMEF Ponte da Amizade



Fonte: Google Maps, 2024.

**Figura 18** – Fachada EMEF Ponte da Amizade

Fonte: Google Maps, 2024.

## 4.2 Anamnese

Uma etapa crucial no processo de inspeção é a anamnese, que se refere ao levantamento do histórico da edificação desde a sua origem, abrangendo modificações, manutenções, falhas e eventos relevantes ocorridos em sua estrutura. Durante esse processo, descobrem-se informações que não estão formalmente registradas em projetos ou documentações oficiais, tornando essa etapa de extrema importância na identificação de possíveis problemas estruturais (SENA *et al.*, 2020).

A anamnese da edificação envolve uma análise abrangente do seu histórico, que inclui diálogo com os proprietários para compreender os diversos usos e operações do imóvel, além do registro de danos potenciais, tais como acidentes, colapsos, manutenções, reformas, materiais utilizados, intervenções ao longo do tempo e agentes de deterioração. Esse processo visa fornecer uma compreensão mais profunda da estrutura em questão.

## 4.3 Inspeção visual

De acordo com o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2021), a inspeção predial tem como objetivo principal avaliar o estado de manutenção, conservação e funcionalidade dos sistemas e subsistemas da edificação. Isso permite um acompanhamento sistemático do seu desempenho ao longo de sua vida útil, garantindo as condições mínimas necessárias para sua segurança, habitabilidade e durabilidade. É essencial abordar todos os sistemas construtivos e seus elementos durante a inspeção, porém, para este trabalho específico, será dada ênfase aos sistemas e elementos estruturais.

Portanto, para o levantamento de dados, foi realizado uma inspeção visual na edificação para identificar as manifestações patológicas presentes no local. Durante a visita, os elementos do edifício foram analisados de maneira detalhada, permitindo a compilação de problemas sob uma nova perspectiva, indo além das observações dos frequentadores do local. Sendo de extrema importância, observar detalhes como cores, dimensões e texturas para caracterizar com precisão as manifestações patológicas e seu entorno. Junto a inspeção visual foi realizado o registro fotográfico, com anotações dos tipos de anomalias encontradas.

#### **4.4 Análise dos dados**

Após a coleta de informações visuais, juntamente com uma sólida base teórica, foi possível identificar e relatar as possíveis causas e origens das manifestações patológicas presentes na EMEF Ponte da Amizade. A análise dos dados permitiu também uma sugestão de definição de conduta a seguir, para assegurar a integridade estrutural do concreto armado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo são apresentados os dados coletados ao longo das etapas do estudo, juntamente com as análises e discussões dos resultados, com algumas definições de conduta que possam auxiliar na resolução dos problemas.

### 5.1 A anamnese do caso

O levantamento do histórico da edificação foi realizado com algumas funcionárias da escola. A escola já existia desde 1968, porém uma ampliação foi realizada no ano de 2006, onde apenas uma pequena parte da antiga construção foi mantida e reformada, com a maior parte da escola atualmente sendo parte da ampliação. As funcionárias relataram que começaram a perceber o aparecimento das manifestações um ano após a inauguração. Ressaltaram que há muitos casos de infiltração, e algumas vezes até alagamentos em determinados ambientes, principalmente em dias de chuva. Foi também questionado sobre a realização de manutenções, contudo apenas informaram que realizavam reparos superficiais, como a troca de alguns aparelhos hidráulicos ou pintura da edificação e seus ambientes.

### 5.2 Diagnóstico das manifestações patológicas

A seguir, são apresentadas as manifestações patológicas mais recorrentes e significativas identificadas durante a inspeção visual, acompanhadas de suas prováveis causas e origens.

**Figura 19** – Fissuras nos domus para telhado



Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras na base dos domus e manchas de pingos de chuva.
- Causas prováveis: Movimentação térmica e retração hidráulica, domus danificado.
- Origem: Falha de execução e falta de manutenção.

**Figura 20** – Manifestações patológicas na laje do pavimento superior



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras, manchas de umidade e bolor no banheiro masculino do pavimento superior.
- Causas prováveis: Infiltração na laje.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 21** – Manifestações patológicas na laje do pavimento superior



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras, manchas de umidade e bolor, e descascamento da pintura no banheiro feminino do pavimento superior.
- Causas prováveis: Infiltração na laje.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 22** – Manifestações patológicas na laje do pavimento superior



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras, manchas de umidade e bolor em algumas salas do pavimento superior.
- Causas prováveis: Infiltração na laje.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 23** – Fissuras nas lajes do pavimento superior



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras nas lajes das salas do pavimento superior.
- Causas prováveis: Fissuras por corrosão das armaduras, concreto com alta permeabilidade e/ou porosidade, cobrimento insuficiente das armaduras.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 24** – Fissuras nas vigas do pavimento superior



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras verticais nas vigas na região da rampa.
- Causas prováveis: Fissuras de flexão, sobrecargas não previstas, insuficiência de armadura ou de ancoragem, armadura mal posicionada no projeto ou na execução.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 25** – Fissura na base das paredes do pavimento superior



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras horizontais na base das paredes em algumas salas do pavimento superior.
- Causas prováveis: Movimentação térmica da laje de cobertura, concreto de resistência inadequada ou por movimentação térmica e retração hidráulica.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 26** – Fissuras nas aberturas do pavimento térreo



Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras nas extremidades e próximas as aberturas do pavimento térreo.
- Causas prováveis: Acúmulo de tensões em regiões menos resistentes, falta ou mal dimensionamento de vergas e contravergas.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 27** – Fissuras nas aberturas do pavimento superior

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras próximas as aberturas do pavimento superior.
- Causas prováveis: Acúmulo de tensões em regiões menos resistentes, falta ou mal dimensionamento de vergas e contravergas.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 28** – Manifestações patológicas na lateral da rampa

Fonte: Autor, 2024.

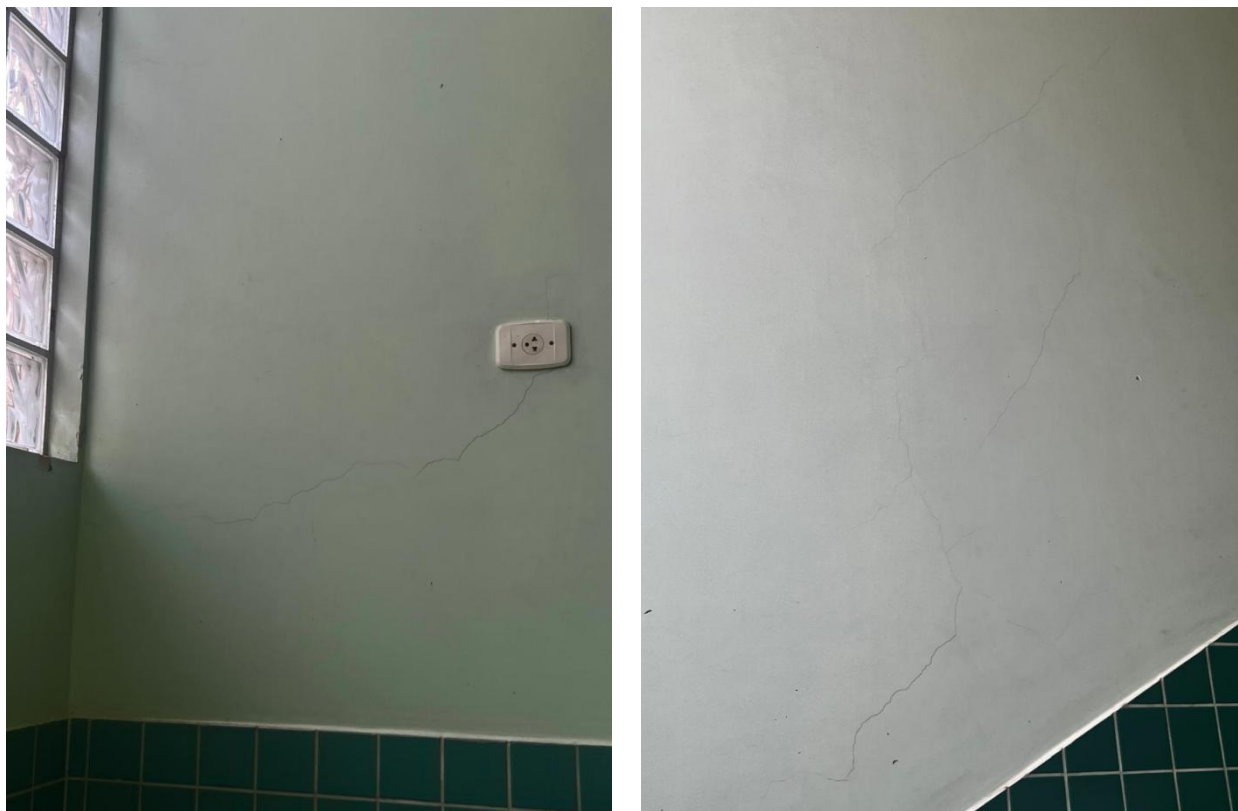
- Manifestação patológica: Descolamento com empolamento do reboco.
- Causas prováveis: Infiltração de umidade.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 29** – Manifestações patológicas na laje da área da rampa



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras, manchas de umidade e bolor, desagregação da pintura e empolamento do reboco.
- Causas prováveis: Infiltração na laje.
- Origem: Falha de execução, falta de manutenção.

**Figura 30** – Fissuras na parede da escada

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras na diagonal atravessando toda a parede.
- Causas prováveis: um possível recalque diferencial.
- Origem: Falha de execução, projeto.

**Figura 31** – Fissura acentuada em uma janela do pavimento superior

Fonte: Autor, 2024.

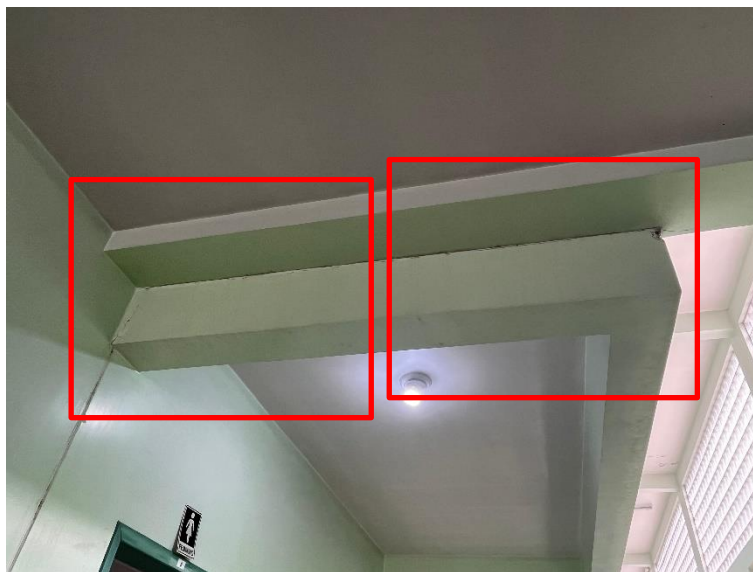
- Manifestação patológica: Fissura diagonal passando pela quina de uma das janelas do pavimento superior.
- Causas prováveis: Inexistência de pilar entre as alvenarias, má execução de amarração entre as alvenarias, acúmulo de tensões em regiões menos resistentes, falta ou mal dimensionamento de vergas e contravergas.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 32** – Fissuras na interface entre viga e pilar

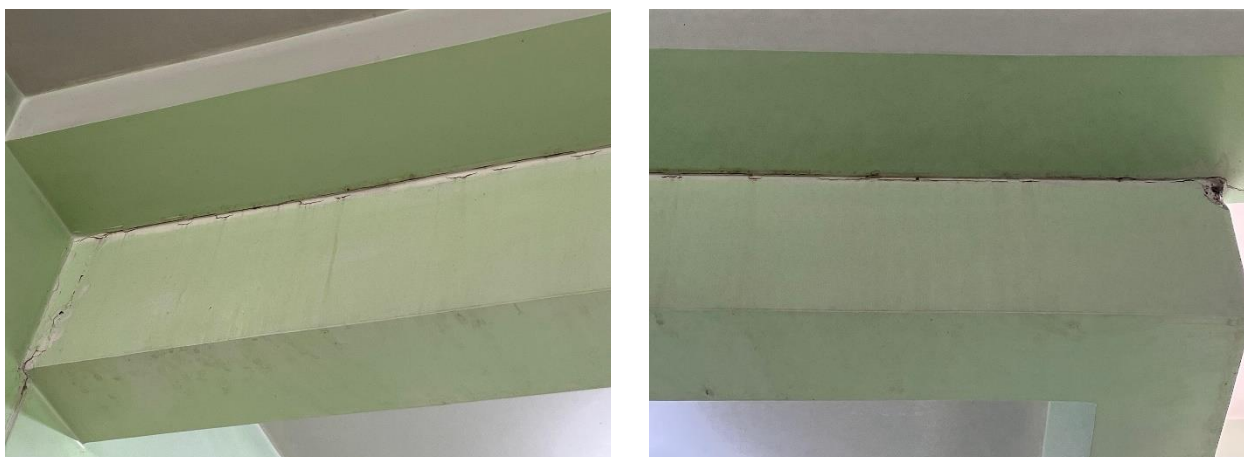


**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras na interface entre viga e pilar próximo a entrada no pavimento térreo.
- Causas prováveis: Fissuras por compressão localizada, sobrecarga ou ancoragem insuficiente.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 33 – Fissura na junta de dilatação**

Fonte: Autor, 2024.

**Figura 34 – Detalhe fissura na junta de dilatação**

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissura na junta de dilatação e manchas de umidade.
- Causas prováveis: Infiltração.
- Origem: Falha de execução, falta de manutenção.

**Figura 35 – Deterioração da junta de dilatação**

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Deterioração das juntas de dilatação.
- Causas prováveis: Desgaste excessivo, falta de adesão do selante, falta de manutenção.
- Origem: Falha de execução, falta de manutenção.

**Figura 36** – Fissuras nas janelas da área da rampa

**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Deterioração das juntas de dilatação.
- Causas prováveis: Acúmulo de tensões em regiões menos resistentes, falta ou mal dimensionamento de contravergas.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 37** – Fissuras na interface entre viga e pilar

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras na interface entre viga e pilar na área da rampa.
- Causas prováveis: Fissuras por compressão localizada, sobrecarga, concreto de resistência inadequada, movimentações térmicas.
- Origem: Falha de execução, projeto.

**Figura 38** – Fissuras nas vigas da área da rampa

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras nas vigas e desagregação do concreto.
- Causas prováveis: Fissuras por corrosão das armaduras, possivelmente houve infiltração na região, que causou a expansão, consequentemente gerando a desagregação do concreto.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 39** – Manifestações patológicas próximas a junta de dilatação



**Fonte:** Autor, 2024.

**Figura 40** – Detalhe manifestações patológicas próximas a junta de dilatação

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras, desagregação do reboco e bolor.
- Causas prováveis: Infiltração, deformação estrutural ou térmica, junta de dilatação deteriorada.
- Origem: Falha de execução, falta de manutenção.

**Figura 41** – Fissuras e desagregação do reboco

Fonte: Autor, 2024.

**Figura 42** – Detalhe fissuras e desagregação do reboco

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras e desagregação do reboco interface entre alvenaria e viga.
- Causas prováveis: Infiltração, deformação estrutural ou térmica, encunhamento inadequado que acarretou fissuras e desagregação do reboco na alvenaria.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 43** – Detalhe fissura na alvenaria entre aberturas

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissura na alvenaria entre aberturas.
- Causas prováveis: Acúmulo de tensões em regiões menos resistentes, falta ou mal dimensionamento de vergas e contravergas.
- Origem: Falha de execução.

**Figura 44** – Fissuras e descolamento da cerâmica



Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras na interface entre pilar e alvenaria, descolamento de revestimento cerâmico.
- Causas prováveis: Deterioração da junta de dilatação, infiltração, movimentações térmicas.
- Origem: Falha de execução, falta de manutenção.

**Figura 45** – Fissura, mancha de umidade e fungo

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissura na interface entre viga e alvenaria, manchas de umidade e proliferação de fungos.
- Causas prováveis: Deterioração da junta de dilatação, infiltração, umidade constante.
- Origem: Falha de execução, falta de manutenção.

**Figura 46** – Fissura na base do pilar de extremidade

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissura na base do pilar de extremidade e desagregação do concreto.
- Causas prováveis: Corrosão das armaduras, possível recalque diferencial.
- Origem: Falha de execução, projeto.

**Figura 47 – Brecha no muro**



**Fonte:** Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Brecha no muro, descolamento interface entre pilar e alvenaria.
- Causas prováveis: Brecha causada por recalque diferencial, ou recalque devido a retirada de árvore próxima ao local.
- Origem: Falha de projeto, execução.

**Figura 48 – Fissuras nas interfaces entre alvenaria e superestrutura**

Fonte: Autor, 2024.

- Manifestação patológica: Fissuras nas interfaces entre alvenaria e superestrutura, fachadas com manchamentos e algumas com proliferação de fungos.
- Causas prováveis: Fissuras causadas por movimentações térmicas ou possivelmente recalque diferencial. Manchamentos e fungos causados por presença de umidade, deposição de sujeira proveniente de partículas atmosféricas, agentes climáticos, entre outros.
- Origem: Falha de execução, projeto e falta de manutenção.

### 5.2.1 Análise geral das manifestações patológicas

A análise das anomalias identificadas na edificação estudada revela que a maior parte das manifestações patológicas está relacionada a fissuras. Essas fissuras ocorrem principalmente próximas a aberturas, nas interfaces entre a alvenaria e a superestrutura de concreto armado (vigas, pilares e lajes). As causas mais frequentes envolvem infiltração e umidade, variações térmicas, sobrecargas e recalque diferencial. No que se refere à origem dessas manifestações, destaca-se, em maior número, falhas na execução da obra, seguidas por erros de projeto e falta de manutenção.

Além disso, durante a inspeção visual, constatou-se que as juntas de dilatação estão deterioradas e sem a aplicação de selante, sendo que a maioria das anomalias se concentra nas proximidades dessas juntas. Desde a ampliação da edificação, ocorrida há quase 20 anos, não foram realizadas manutenções significativas que pudessem corrigir ou mitigar as manifestações patológicas, especialmente no sistema de cobertura, que pode ter um impacto considerável nas infiltrações.

### 5.3 Propostas de soluções para os problemas observados

Para realizar o diagnóstico e definir a terapia (tratamento) adequada para as manifestações patológicas, é essencial a execução de ensaios, que podem ser destrutivos ou não-destrutivos, dependendo da necessidade. Esses ensaios auxiliam na identificação das anomalias, permitindo verificar a resistência do concreto, determinar sua permeabilidade, medir a profundidade da carbonatação, detectar as armaduras, entre outros. No entanto, neste trabalho, serão apresentadas propostas de soluções para os principais problemas identificados somente com a inspeção visual.

Em casos de recalque de fundação, a recuperação do componente danificado nem sempre é a prioridade. Quando há risco de continuação do movimento, qualquer método de reparo pode ser ineficaz, uma vez que a causa principal do problema não foi resolvida. Mesmo o uso de selantes flexíveis, por exemplo, pode criar apenas uma aparência temporária de solução, mascarando potenciais riscos à segurança da estrutura. Assim, a recuperação do componente só deve ocorrer quando o movimento estiver estabilizado ou quando se tiver comprovação da estabilidade da obra. Caso contrário, o foco inicial deve ser no combate às causas do recalque, adotando técnicas de consolidação do terreno ou reforço da fundação. Medidas complementares, como impermeabilização superficial do terreno ao redor da edificação, drenagem para evitar acúmulo de água próximo às fundações, e até a remoção

de árvores que extraem grandes volumes de água do solo, também são recomendadas para prevenir novos recalques e garantir a estabilidade do edifício.

Ademais, na **Tabela 4** é apresentado algumas alternativas de tratamento para as principais manifestações patológicas identificadas neste trabalho.

**Tabela 4** – Ações corretivas para as manifestações patológicas

Anomalia	Alternativa de Tratamento
Infiltração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização da recuperação dos elementos estruturais que geram a infiltração e aplicar uma nova impermeabilização na superfície.</li> <li>• Garantir que as juntas de dilatação estejam devidamente vedadas, impedindo que a água infiltre por essas áreas.</li> </ul>
Manchas ou bolores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover a fonte de umidade.</li> <li>• Limpeza na área afetada com auxílio de uma escova e produtos com base de cloro.</li> </ul>
Proliferação de fungos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminação da infiltração da umidade.</li> <li>• Secagem do revestimento.</li> <li>• Escovamento da superfície.</li> <li>• Reparo do revestimento quando pulverulento.</li> <li>• Lavagem com solução de hipoclorito.</li> </ul>
Descolamento com empolamento do reboco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renovação da camada de reboco.</li> <li>• Renovação da pintura.</li> </ul>
Fissuras em torno de aberturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selagem com selantes elásticos.</li> <li>• Tratar a fissura com reforço em tela.</li> <li>• No caso de vergas e contravergas insuficientes, retirar Castilhos, refazer vergas e contravergas, e colocar Castilhos.</li> </ul>
Fissuras verticais na alvenaria de vedação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se a causa é pelo peso próprio da alvenaria, a solução é refazê-la.</li> <li>• Se a causa for momentânea e parou, a solução é: tirar todas as camadas do revestimento, chapiscar, fazer o emboço e inserir uma tela de reforço na região, considerando uma área para ancoragem da tela e refazer o revestimento.</li> </ul>

Fissuras nas interfaces entre alvenaria e superestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se a causa for por movimentação higroscópica, deve-se sanar a presença de água.</li> <li>• Realizar encunhamento adequado.</li> <li>• Tratar a fissura com reforço de tela.</li> </ul>
Fissura horizontal na base da parede	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar uma junta de movimentação no local da fissura e preencher com selante.</li> <li>• Efetuar proteção térmica eficiente e recompor monolitismo através de injeção de resina epóxi.</li> </ul>
Corrosão de armaduras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstituir a seção original da armadura.</li> <li>• Em casos de início de corrosão sem comprometimento do concreto e das barras de aço, recuperar o elemento estrutural através de aplicação de argamassas de alta aderência e resistência em todas as superfícies, para aumentar o cobrimento e proteger o componente estrutural.</li> <li>• Em casos avançados de corrosão, reforçar o elemento estrutural aumentando as dimensões originais.</li> <li>• Aplicar revestimento de proteção.</li> </ul>
Fissuras de flexão em viga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restaurar o monolitismo através de: injeção de resina epóxi com ou sem limitação de sobrecarga, conforme análise estrutural; reforçar.</li> <li>• Chapa metálica aderida com epóxi.</li> <li>• Abertura de sulcos, colocação de armaduras e preenchimento com argamassa epóxi.</li> </ul>
Fissuras de compressão localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restaurar o monolitismo através de injeção de resina epóxi em caso de fissura passiva.</li> </ul>
Deterioração da junta de dilatação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento das juntas e o fechamento delas com aplicação de selante epóxi.</li> <li>• Realizar as manutenções.</li> </ul>

**Fonte:** Autor, 2024.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das manifestações patológicas é de extrema importância para garantir o desempenho e a durabilidade das edificações. Quando essas anomalias não são controladas, podem comprometer significativamente a estrutura, afetando a segurança e a funcionalidade do concreto armado e outros componentes. O controle adequado, desde a fase de concepção até a manutenção ao longo da vida útil da edificação, é fundamental para evitar danos e custos elevados com reparos.

A presença de manifestações patológicas em ambientes frequentados por crianças, caso da edificação deste trabalho, representa uma grande preocupação quanto à saúde e segurança. Essas condições podem comprometer a estrutura e salubridade do ambiente, aumentando o risco de acidentes e expondo as crianças a agentes nocivos.

Na edificação estudada, as manifestações patológicas mais frequentes foram as fissuras, principalmente localizadas nas interfaces entre a alvenaria e a superestrutura de concreto armado (vigas, pilares e lajes). As causas mais persistentes para a ocorrência dessas falhas incluem a infiltração e umidade, variações térmicas, sobrecargas e até mesmo a possibilidade de recalque diferencial. Além disso, vale ressaltar que a ocorrência de um recalque diferencial pode ser um fator de agravamento ou surgimento de muitas manifestações patológicas presentes na edificação, assim como a deterioração das juntas de dilatação, que deveriam permitir uma movimentação controlada da estrutura, porém a existência dessas juntas não garantem o bom funcionamento da estrutura se a mesma estiver deteriorada, logo não exercendo a função para a qual foi feita.

As principais origens das falhas identificadas são relacionadas a execução da obra, revelando a importância de mão de obra qualificada e uma fiscalização eficiente dos serviços, assim como podem ser originados por projetos inadequados e a falta de manutenção. Falhas que resultam no aparecimento de manifestações patológicas, resultando na necessidade de recuperação ou reforço estrutural.

Com base no diagnóstico realizado, a escolha dos procedimentos de correção deve considerar diversos fatores, como a segurança da intervenção, a eficiência do método escolhido, os materiais e equipamentos a serem utilizados, o custo, as condições específicas da obra e a agressividade do ambiente. Cada tipo de manifestação patológica pode demandar mais de uma solução, e a decisão final deve levar em conta o melhor equilíbrio entre esses critérios.

É crucial que a recuperação e o reforço das estruturas sejam conduzidos com o máximo cuidado, empregando mão de obra especializada, equipamentos adequados e um rigoroso controle de qualidade dos materiais e das atividades envolvidas. A fiscalização eficaz

é indispensável para garantir que os processos de correção sejam executados corretamente, minimizando o risco de reincidência dos problemas.

Por fim, destaca-se a importância da implementação de um plano de manutenção preventiva, que pode evitar o surgimento de novas manifestações patológicas e prolongar a vida útil da edificação. A criação de rotinas de inspeção e reparos periódicos é essencial para detectar e corrigir precocemente possíveis falhas, garantindo a preservação das estruturas e reduzindo custos com intervenções emergenciais.

Espera-se que os resultados deste estudo forneçam subsídios para a elaboração de um plano de manutenção preventiva e corretiva, visando garantir a segurança estrutural e o prolongamento da vida útil da EMEF Ponte da Amizade. Além disso, espera-se que este trabalho contribua para o avanço do conhecimento na área de patologia das construções e para a disseminação de boas práticas de manutenção predial.

Esses resultados são fundamentais para a tomada de decisões e para a implementação de medidas eficazes que visem à preservação do patrimônio público e à segurança dos usuários da edificação.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de ensaios técnicos complementares e a análise do histórico documental da edificação como métodos fundamentais para um diagnóstico mais preciso das manifestações patológicas. Em especial, sugere-se a aplicação de ensaios não destrutivos, pois permitem uma análise detalhada das condições estruturais sem comprometer sua integridade, facilitando a identificação das causas das anomalias e a formulação de intervenções corretivas adequadas. Entre os ensaios não destrutivos indicados para a edificação em estudo, destacam-se: a esclerometria, que avalia a dureza superficial do concreto e sua uniformidade; o ultrassom, que identifica falhas internas, como fissuras e vazios, sem causar danos à estrutura; a termografia, que detecta variações de temperatura associadas a infiltrações; e o ensaio de permeabilidade, que avalia a resistência do concreto à penetração de líquidos, sendo fundamental para detectar problemas de umidade.

Simultaneamente, a análise do histórico documental da edificação, incluindo projetos originais, registros de manutenções e reformas anteriores, podendo fornecer informações valiosas sobre possíveis falhas construtivas, falta de manutenção ou modificações que possam ter contribuído para o surgimento das manifestações patológicas. A correlação entre os resultados dos ensaios e o histórico documental permite a formulação de soluções mais assertivas, seja para reparos ou ações preventivas, assegurando maior eficácia nas intervenções.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2024.

ABNT. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT. **ABNT NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2024.

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço em estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

BRANDES, Monique. **Análise das manifestações patológicas do centro de atenção psicossocial ponta do coral**. 2018. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CUNHA, Guilherme Antonio Corrêa. **A importância da construção civil para a economia brasileira**: a partir de uma abordagem insumo-produto. 2023. Dissertação (Mestrado em Economia), Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, Brasília, 2022.

FRANÇA, Alessandra; MARCONDES, Carlos Gustavo; ROCHA, Francielle; MEDEIROS, Marcelo; HELENE, Paulo. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, Paulo. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE). **Norma de inspeção predial**. São Paulo, 2021.

KUHL, Alan Arseno. **Modelo de laudo técnico de avaliação de patologias - estudo de caso**. 2020. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.

MORAES, Viviane Junqueira de. **Gestão de manutenção em prédios públicos: estudo de caso na universidade federal de ouro preto**. 2022. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

NAKAMURA, Juliana. **Argamassas estruturais e grautes permitem preencher vazios de concretagem**. 2020. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/argamassas-estruturais-e-grautes-permitem-preencher-vazios-de-concretagem/20509>. Acesso em: 27 setembro 2024.

NEVES, Antonio. **Eflorescência: saiba tudo sobre essa manifestação patológica**. 2024. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em: 27 setembro 2024.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações**. 2003. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

RIBEIRO, Ana Paula Araujo; PIRES, Lais Alves da Silva. **Proposta de roteiro de inspeção para edificações – estudo de caso em Brasília - DF**. 2018. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Centro Universitário, Instituto de Educação Superior de Brasília, Brasília, 2018.

ROGADO, Rita. **A humidade e o bolor podem ser "causas silenciosas" de doenças**. 2023. 1 fotografia. Disponível em: <https://sicnoticias.pt/saude-e-bem-estar/2023-01-29-A-humidade-e-o-bolor-podem-ser-causas-silenciosas-de-doencas-4ade1cf2>. Acesso em: 27 setembro 2024.

SANTANA, Karina Balbinot. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: Estudo de caso do prédio da FAET/UFMT**. 2021. TCC (Graduação em Engenharia

Civil), Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.

SENA, Gildeon Oliveira de; NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins; NABUT NETO, Abdala Carim (coord.). **Patologia das construções**. Salvador: 2B, 2020. 256 p.

SILVA, Daniel Henrique da. Recuperação de estruturas de concreto – Corrosão das Armaduras – Estudo levantado no Centro Oeste de Minas Gerais. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 02, n. 10, p. 64–77, 2018.

SILVA, Diêgo Raffael Fernandes da. Patologias em estruturas de concreto armado em ambiente industrial. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 06, n. 10, p. 14–41, 2020.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios – causas, prevenção e recuperação**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1989. 194 p.