



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



GREYSSON HENRIQUE DE OLIVEIRA BARBOSA

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO
MÉTODO DE ISHIKAWA: ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA

Maceió-AL

2025

GREYSSON HENRIQUE DE OLIVEIRA BARBOSA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO
MÉTODO DE ISHIKAWA: ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado do curso de graduação em engenharia civil, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientadora: Professora Dra. Cássia Vanessa Albuquerque de Melo.

Maceió-AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Jone Sidney A. de Oliveira – CRB-4 – 1485

B328a Barbosa, Greysson Henrique de Oliveira.

Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método de Ishikawa: estudo de caso em uma edificação histórica. / Greysson Henrique de Oliveira Barbosa. – 2025.
162 f. : il.

Orientador: Cássia Vanessa Albuquerque de Melo.

Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2025.

Bibliografia: f. 153-162.

1. Manifestação Patológica. 2. Método de Ishikawa. 3. Mapa de Danos.
I. Título.

CDU: 624

Dedico

Dedico este trabalho à minha família, pelo amor, apoio incondicional e incentivo constante em cada etapa desta jornada acadêmica. À minha mãe Luciene de Oliveira Barbosa, ao meu pai Carlos Henrique Barbosa de Oliveira e ao meu irmão Carlos Eduardo de Oliveira Barbosa, cuja fé em meu potencial me impulsionou a superar desafios e acreditar nos meus sonhos.

Dedico também à minha orientadora, Prof.^a Dra. Cássia Vanessa Albuquerque de Melo, por sua paciência, sabedoria e orientação precisa, que foram fundamentais para a concretização deste estudo.

Dedico com carinho e saudade ao meu amado cachorro, Charles, cuja alegria e companhia iluminaram meus dias de estudo e cujas memórias permanecerão eternamente em meu coração.

Por fim, dedico-me a mim mesmo, pela persistência e pelo fascínio inabalável pelo conhecimento, que me motivaram a investigar, aprender e aplicar métodos que contribuam para a preservação do nosso patrimônio histórico e para a segurança das futuras gerações.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, fonte de sabedoria, força e inspiração, por guiar cada passo desta jornada acadêmica.

A seguir, registro minha profunda gratidão à Prof.^a Dra. Cássia Vanessa Albuquerque de Melo, minha orientadora, cuja generosidade intelectual, paciência e olhar crítico foram fundamentais em cada etapa deste estudo. Suas orientações precisas e incentivo constante elevaram a qualidade deste TCC e me ensinaram a buscar sempre a excelência.

Agradeço à Universidade Federal de Alagoas e ao Centro de Tecnologia, que ofereceram toda a infraestrutura necessária para o desenvolvimento desta pesquisa.

À banca examinadora — Prof.^a Dra. Karoline Alves de Melo Moraes e Prof. Dr. Paulo César Correia Gomes —, sou grato pelas observações e sugestões valiosas, que ampliaram minha visão sobre as manifestações patológicas em edificações históricas.

À minha família, em especial à minha mãe, Luciene de Oliveira Barbosa, ao meu pai, Carlos Henrique Barbosa de Oliveira, e ao meu irmão, Carlos Eduardo de Oliveira Barbosa, pelo amor incondicional, incentivo constante e apoio em todos os momentos.

Aos colegas do curso de Engenharia Civil, obrigado pelos debates, trocas de referências bibliográficas e companheirismo nas longas horas de estudo.

Meu reconhecimento a saudosa Diretoria Adjunta de Infraestrutura de Obras e Serviços (DINFRA) do Tribunal de Justiça de Alagoas (TJAL), onde tive a oportunidade de estagiar por dois anos e aperfeiçoar minhas habilidades profissionais. Em especial, registro minha gratidão ao:

Eng. Civil Júlio Alexandre Soares de Souza, meu supervisor de engenharia, cujo conhecimento técnico em projetos e conselhos precisos orientaram meu desenvolvimento;

Eng. Civil Victor Correia Vasconcellos, pelas lições práticas em perícias de engenharia e pelo exemplo de dedicação em campo;

Eng. Mecânico João Batista Queiroz Ferro, cujo carisma e profissionalismo tornaram cada dia de trabalho mais inspirador;

Eng. Civil André Luiz Lopes Malta, cuja liderança estratégica mostrou-me a importância de visão e planejamento em cada etapa de uma obra;

Dra. Cláudia Lopes Lisboa Souza, chefe do departamento, por sua liderança inspiradora e pelo apoio constante à minha formação.

A todos, meu sincero obrigado por contribuírem de forma tão marcante na minha trajetória acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço a mim mesmo, pela determinação, disciplina e paixão pelo conhecimento, que tornaram possível a realização e a conclusão deste trabalho.

Aprender é descobrir aquilo que você já sabe. Fazer é demonstrar que você o sabe. Ensinar é lembrar aos outros que eles sabem tanto quanto você.

(Richard Bach)

RESUMO

Dentre as diversas técnicas de diagnóstico das manifestações patológicas existentes na construção civil, o presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas em uma edificação histórica por meio do método de Ishikawa, ferramenta eficaz na identificação das causas de problemas construtivos. Vale ressaltar que a edificação em estudo não possui tombamento pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como patrimônio histórico, mas que ela possui diversos registros históricos significativos atrelados ao seu valor social ao município de Maceió. O trabalho está dividido em duas etapas: revisão da literatura e um estudo de caso de manifestação patológica de uma edificação histórica pertencente ao Tribunal de Justiça do Estado de Alagoas (TJAL). Nesta edificação foi possível evidenciar a ocorrência de diversas manifestações patologias que de forma efetiva comprometem a segurança e a integridade estrutural da edificação. Por meio do Método de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito, foi possível mapear e categorizar os fatores contribuintes para o surgimento dessas manifestações patológica e chegar as principais causas do problema, demonstrando assim, a importância de um diagnóstico detalhado para a correta identificação das causas que originaram as patologias. Além disso, o estudo ressalta a relevância da recuperação de edificações históricas, enfatizando que a preservação destas edificações é de suma importância, tanto para a memória cultural quanto para a sustentabilidade urbana. A análise também destaca o papel crucial das normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das diretrizes do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE) na perícia de edificações, uma vez que esses instrumentos normativos e técnicos garantem a qualidade e a confiabilidade dos laudos periciais, orientando as intervenções de manutenção e reabilitação. Um diferencial deste estudo foi a utilização do AutoCAD para a criação do mapa de danos da edificação, onde este foi utilizado com o intuito de mapear as manifestações patológicas, possibilitando a criação de representações gráficas detalhadas das áreas afetadas. Essa abordagem digital não só facilita a visualização e a análise das condições estruturais, como também promove uma comunicação mais eficaz entre os profissionais envolvidos, além de servir como uma documentação técnica que acompanha a evolução das patologias ao longo do tempo. Desta forma, o trabalho contribui para a consolidação de práticas que integrem métodos diagnósticos e a aplicação rigorosa das normas técnicas, promovendo a preservação e a segurança das construções históricas.

Palavras-chave: manifestação patológica; método de Ishikawa; mapa de danos.

ABSTRACT

Among the various diagnostic techniques for pathological manifestations in civil construction, this study aims to analyze the pathological manifestations in a historical building using the Ishikawa method, an effective tool for identifying the causes of construction problems. It is worth noting that the building under study is not listed as a historical heritage by the National Institute of Historic and Artistic Heritage (IPHAN); however, it holds several significant historical records linked to its social value for the municipality of Maceió. The work is divided into two stages: a literature review and a case study of a pathological manifestation in a historical building belonging to the Court of Justice of the State of Alagoas (TJAL). In this building, it was possible to observe several pathological manifestations that effectively compromise both the safety and the structural integrity of the structure. Through the Ishikawa Method, or cause-and-effect diagram, it was possible to map and categorize the contributing factors to the emergence of these pathological manifestations and determine the main causes of the problem, thus demonstrating the importance of a detailed diagnosis for correctly identifying the causes that led to the pathologies. Furthermore, the study highlights the relevance of restoring historical buildings, emphasizing that the preservation of these structures is of utmost importance for both cultural memory and urban sustainability. The analysis also underscores the crucial role of the standards set by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) and the guidelines of the Brazilian Institute of Engineering Evaluations and Expertise (IBAPE) in building assessments, as these normative and technical instruments ensure the quality and reliability of the expert reports, guiding maintenance and rehabilitation interventions. A distinctive aspect of this study was the use of AutoCAD for creating the damage map of the building, which was employed to map the pathological manifestations and allowed for the creation of detailed graphical representations of the affected areas. This digital approach not only facilitates the visualization and analysis of structural conditions, but also promotes more effective communication among the professionals involved, in addition to serving as a technical documentation that tracks the evolution of the pathologies over time. In this way, the work contributes to the consolidation of practices that integrate diagnostic methods with the strict application of technical standards, promoting the preservation and safety of historical constructions.

Keywords: pathological manifestation; Ishikawa method; damage map

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Igreja da Ordem Primeira de São Francisco	22
Figura 2 - Antes e o depois do Edifício Andréa.....	25
Figura 3 - Emissário submarino de Maceió-Alagoas.....	28
Figura 4 - Vistoria no Emissário Submarino de Maceió	29
Figura 5 - Usina hidrelétrica de Itaipu	32
Figura 6 - Panteão Romano - 128 d.C.....	34
Figura 7 – Demolição do Edifício Palace II	38
Figura 8 - Palácio Gustavo Capanema.....	45
Figura 9 - Colapso do viaduto Paulo de Frodin.....	49
Figura 10 - Principais causas químicas de deterioração do concreto	51
Figura 11 - Eflorescência decorrente da lixiviação	52
Figura 12 - Canal em concreto armado com a presença de ataque por sulfatos	53
Figura 13 - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), microanálise de raios x do concreto	54
Figura 14 – Representação química do ataque das hidroxilas á sílica	56
Figura 15 - Microestrutura de um tijolo de barro observada no microscópio de varredura	60
Figura 16 - Causas do aporte e da remoção da água nas alvenarias.....	61
Figura 17 - Principais causas ou agentes de deterioração da alvenaria e anomalias a eles associados.	62
Figura 18 – Diagrama de Causa e efeito	82
Figura 19 - Detalhe de um registro da extensão dos danos da estrutura no arquivo CAD	84
Figura 20 - Exemplo de uma rotina de fluxo de atividades feito no Bizagi	87
Figura 21 – Organograma da metodologia adotada	89
Figura 22 – Mapa de localização do Estado de Alagoas destacando o município de Maceió	91
Figura 23 – Mapa de localização da edificação do TJAL adm.	92
Figura 24 – Distância da edificação a praia da avenida em Maceió	92
Figura 25 - Mercado Modelo de Maceió em 1848	93

Figura 26 - Liceu Alagoano no ano de 1960.	94
Figura 27 - Antiga secretária de educação do Estado de Alagoas em 2014.	94
Figura 28 - Futuro TJ Administrativo.	95
Figura 29 - Planta baixa do projeto arquitetônico do TJ administrativo.	95
Figura 30 - Panorama geral da laje técnica e fachada.	99
Figura 31 – Vista aérea laje técnica	99
Figura 32 - Piso com a presença de vegetação.	99
Figura 33 - Laje técnica.	99
Figura 34 – Laje treliçada	100
Figura 35 - Laje de concreto armado.	100
Figura 36 – Tramo da viga de concreto armado	100
Figura 37 – Viga contínua de concreto armado	100
Figura 38 - Viga invertida da laje técnica com reforço	101
Figura 39 - Viga invertida laje técnica.	101
Figura 40 – Pilares de concreto armado (Vista 01)	101
Figura 41 – Pilares de concreto armado (vista 02)	101
Figura 42 – Junção dos Pilares de concreto armado com a laje.	102
Figura 43 – Pilares da fachada do 1º pavimento	102
Figura 44 - Sala 2 do 1º Pavimento.	102
Figura 45 - Sala 10 do 1º Pavimento.	102
Figura 46 - 1º Pavimento.	103
Figura 47 – Sala 17 - 1º Pavimento.	103
Figura 48 - Fachada principal (vista 01)	103
Figura 49 - Fachada principal (vista 02)	103
Figura 50 - Fachada principal (vista 03)	104
Figura 51 - Fachada principal (vista 04)	104
Figura 52 – 1º pavimento corredor esquerdo (vista 01)	104
Figura 53 - 1º pavimento corredor esquerdo (vista 02)	104
Figura 54 - 1º pavimento corredor direito (vista 01)	105
Figura 55 – 1º pavimento corredor direito (vista 02)	105
Figura 56 – CREA-AL e IBAPE em visita técnica ao emissário submarino	107
Figura 57 - Planta baixa do pavimento Térreo.	112
Figura 58 - Planta baixa do pavimento superior	113

Figura 59 – Análise dos principais agentes causadores das manifestações patológicas nas lajes através do diagrama de Ishikawa	118
Figura 60 - Análise dos principais agentes causadores das manifestações patológicas nas vigas e pilares através do diagrama de Ishikawa.....	119
Figura 61 - Análise dos principais agentes causadores das manifestações patológicas nas alvenarias através do diagrama de Ishikawa	120
Figura 62 - Inventário do estado da superfície do pavimento	121
Figura 63 - Distribuição das manifestações patológicas e suas respectivas incidências na edificação	138
Figura 64 – Distribuição das manifestações patológicas	139
Figura 65 – Gráfico de velocímetro do estado de conservação do substrato.....	142
Figura 66 - Mapa de danos da fachada principal da edificação	144
Figura 67 - Mapa de danos da área de circulação e laje técnica	145
Figura 68 - Fluxograma do diagnóstico a terapia das manifestações patológicas em uma edificação histórica.....	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais de construção utilizados no Brasil nos anos 1960 que foram readequados ou entraram em processo de desuso	40
Quadro 2 - Prioridades em patamares de urgência.	43
Quadro 3 - Desafios da Terapia Aplicada ao Palácio Gustavo Capanema	45
Quadro 4 - Principais mecanismos físico-químicos de deterioração das estruturas de concreto armado e protendido	47
Quadro 5 - Principais tipos de fissuras em vigas de concreto armado.....	58
Quadro 6 - Métodos de reabilitação do concreto	64
Quadro 7 - Métodos de reabilitação das armaduras	71
Quadro 8 - Principais métodos de reforço de estruturas.....	75
Quadro 9 - Registro fotográfico das principais estruturas da edificação	99
Quadro 10 - Vantagens da utilização de gráficos de setores e de incidência	108
Quadro 11 - Descrição dos tipos de manifestação patológica e tratamento recomendado	123
Quadro 12 – Descrição das etapas do fluxograma de processos de terapia da edificação histórica.....	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos ambientes segundo a agressividade dos sulfatos.....	53
Tabela 2 – Classificação das fissuras	57
Tabela 3 – Ficha de classificação dos danos da edificação	136
Tabela 4 – Análise do estado de conservação do substrato através do método dos quatro parâmetros.....	141

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Comentários iniciais	18
1.2	Objetivos	20
1.2.1	Objetivo geral	20
1.2.2	Objetivos específicos.....	21
1.3	Justificativa.....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	Patologia das construções	24
2.1.1	Sintomatologia.....	25
2.1.2	Origens e Causas.....	26
2.1.3	Desempenho e vida útil	30
2.1.4	Durabilidade	32
2.1.5	Diagnóstico.....	35
2.1.6	Prognóstico	37
2.1.7	Principais materiais de construção utilizados no Brasil na década de 1960.....	39
2.1.8	Classificação do grau de risco	41
2.1.9	Organização das prioridades em patamares de urgência.....	42
2.1.10	Terapia	43
2.2	Patologia no concreto armado	46
2.2.1	Mecanismos de deterioração do concreto	50
2.2.2	Diagnóstico de fissuras em estruturas de concreto armado.....	56
2.3	Patologia das alvenarias	59
2.4	Métodos de reabilitação	63
2.4.1	Métodos de reabilitação do concreto	63
2.4.2	Método de reabilitação das armaduras.....	70
2.5	Métodos de reforço de estruturas	75
3	FERRAMENTAS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	77
3.1	Conduta de inspeção e manutenção de edificações	77
3.2	Método de Ishikawa.....	80

3.3	Mapa de danos.....	83
3.4	Aplicação do software Bizagi no processo de tratamento de manifestações patológicas	86
4	METODOLOGIA	88
4.1	Tipologia da pesquisa.....	90
4.2	Objeto do estudo de caso	90
4.2.1	Localização geográfica da edificação em estudo.....	91
4.2.2	Histórico sociocultural da edificação	93
4.2.3	Histórico documental	96
4.2.4	Registro fotográfico da edificação.....	97
4.3	Técnica e procedimentos de coleta e análise de dados	105
4.3.1	Inspeção visual.....	106
4.4	Representação em gráficos de setores da ocorrência de manifestações patológicas	108
4.5	Indicador de desempenho do estado de conservação do substrato...109	
4.5.1	Definição dos parâmetros de avaliação	109
4.5.2	Estabelecimento dos intervalos de classificação	110
4.6	Estratégia para a elaboração do mapa de danos	111
4.7	Procedimento metodológico	114
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	116
5.1	Investigação das manifestações patológicas através do método de Ishikawa.....	116
5.2	Classificação dos danos.....	121
5.3	Análise percentual e frequência das manifestações patológicas.....	137
5.4	Análise por indicador de velocímetro do estado de conservação do substrato	140
5.5	Mapa de danos da edificação	143
5.6	Processo de diagnóstico a terapia das manifestações patológicas utilizando o software bizagi	146
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	150
	REFERÊNCIAS.....	153

1 INTRODUÇÃO

1.1 Comentários iniciais

A preservação de edificações históricas é um desafio que envolve a manutenção da integridade estrutural e a adaptação às necessidades contemporâneas.

De acordo com Riegl (2008), “O valor histórico de um monumento reside na sua capacidade de representar uma época passada com fidelidade, sendo um documento material de sua cultura, arte e sociedade”. Essas construções carregam memórias coletivas e contribuem para a identidade local, atuando como pontos de referência que enriquecem o patrimônio cultural.

Desta forma, a preservação dessas estruturas é fundamental, pois garante a continuidade dessa memória, possibilitando a pesquisa histórica e estimulando o turismo cultural. Além disso, a conservação de edificações históricas requer abordagens técnicas que conciliem a intervenção moderna com o respeito à integridade original, sendo o uso de método de Ishikawa, um recurso valioso para identificar e mitigar as manifestações patológicas sem comprometer a autenticidade do bem.

Segundo Oliveira (2008), o reconhecimento e a preservação do patrimônio construído são essenciais para manter viva a história e a identidade de uma sociedade. De forma complementar, Ferreira (2012) destaca que a integração de técnicas modernas de diagnóstico e manutenção pode oferecer soluções inovadoras para a conservação de edificações históricas, preservando sua relevância cultural e funcionalidade para as futuras gerações.

Neste aspecto, é de suma importância não apenas para a manutenção da memória histórica e cultural, mas também para a promoção da sustentabilidade urbana, uma vez que a recuperação de construções existentes minimiza o impacto ambiental decorrente da demolição e da nova construção. Em um cenário onde a degradação estrutural e as manifestações patológicas se tornam cada vez mais evidentes em construções históricas, a adoção de métodos diagnósticos precisos e

integrados revela-se fundamental para assegurar a integridade e a segurança dessas obras.

A compreensão das manifestações patológicas no concreto armado é essencial para garantir a segurança, a durabilidade e a sustentabilidade das edificações, especialmente quando se trata de construções históricas. As manifestações patológicas como corrosão das armaduras, fissuras entre outros defeitos podem comprometer a integridade estrutural e reduzir a vida útil das obras civis. O estudo desses fenômenos possibilita a identificação precoce dos danos e a implementação de estratégias de manutenção e reparo, contribuindo para a preservação do patrimônio construído.

No que se refere ao concreto armado, a aplicação do método de Ishikawa revelou-se particularmente valioso, pois organiza e sistematiza os diversos fatores que podem desencadear ou agravar as manifestações patológicas do concreto armado. Essa abordagem facilita a análise das raízes dos problemas, permitindo intervenções mais precisas e eficazes, o que é indispensável na reabilitação de edificações históricas onde os métodos construtivos originais podem diferir significativamente dos atuais.

Segundo Silva *et al.* (2010), a análise detalhada dos mecanismos de deterioração no concreto armado é fundamental para o desenvolvimento de estratégias preventivas que assegurem a estabilidade e a segurança das estruturas. De forma similar, Andrade (2013) ressalta que a integração de métodos diagnósticos, como o diagrama de Ishikawa, potencializa a identificação das causas dos danos, possibilitando a adoção de medidas corretivas mais eficientes e sustentáveis.

No que concerne às manifestações patológicas em alvenarias, esta análise é essencial para garantir a segurança, a durabilidade e a preservação das edificações, especialmente quando se trata de construções históricas. Ao identificar e diagnosticar as causas de degradação, sejam elas decorrentes de falhas construtivas, condições ambientais adversas, ou degradação natural dos materiais, a engenharia civil tem o papel de propor soluções que não só corrigem os problemas existentes, mas também previnem futuras deteriorações.

A utilização do método de Ishikawa, ou diagrama de causa e efeito voltado às alvenarias, destaca-se nesse contexto, pois organiza de forma sistemática os diversos fatores que influenciam o surgimento das manifestações patológicas. Essa abordagem facilita a identificação das raízes dos problemas, permitindo intervenções

mais precisas e eficazes. Dessa forma, o estudo das manifestações patológicas das alvenarias não só contribui para a melhoria dos processos de manutenção e reabilitação das estruturas, mas também desempenha um papel crucial na preservação do patrimônio cultural e arquitetônico.

Segundo Silva *et al.* (2007), a compreensão detalhada dos mecanismos de deterioração é um pré-requisito para a implementação de estratégias de intervenção que minimizem riscos e prolonguem a vida útil das edificações. De maneira similar, Mendes (2015) ressalta a importância de métodos diagnósticos integrados, como o diagrama de Ishikawa, que promovem uma abordagem holística na gestão e conservação de construções históricas.

Neste contexto, o presente trabalho propõe a análise das manifestações patológicas na construção civil, aplicando o método de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, como ferramenta central para identificar e categorizar os fatores que contribuem para o surgimento de falhas e degradações em uma edificação histórica. A eficácia do método de Ishikawa reside em sua capacidade de oferecer uma visão sistêmica das possíveis causas, facilitando a compreensão dos processos que levam ao aparecimento de manifestações patológicas e permitindo a definição de estratégias corretivas mais precisas.

Portanto, este estudo de caso busca não somente evidenciar a importância de um diagnóstico acurado das manifestações patológicas, mas também demonstrar como a conjugação de métodos tradicionais e ferramentas digitais pode resultar em estratégias de intervenção mais eficientes e sustentáveis, reafirmando o papel das normativas e dos procedimentos periciais na preservação do patrimônio edificado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho pretende, através do estudo de caso, analisar a aplicação do método de Ishikawa, na visualização do diagnóstico das manifestações patológicas

encontradas na edificação histórica pertencente ao Poder Judiciário de Alagoas (TJAL).

1.2.2 Objetivos específicos

Especificamente, o trabalho objetiva:

- Identificar os tipos de manifestação patológica encontradas na edificação histórica.
- Sugerir medidas de intervenção e manutenção com base nos resultados da análise, visando a conservação e restauração da edificação.

1.3 Justificativa

A relevância deste estudo fundamenta-se na necessidade premente de recuperar edificações históricas, que não são apenas testemunhos da memória e da cultura, mas também elementos fundamentais para a sustentabilidade urbana. Com o passar do tempo, essas construções apresentam diversas manifestações patológicas como fissuras, infiltrações e degradação de materiais que de maneira efetiva, comprometem sua integridade e segurança, exigindo diagnósticos precisos e intervenções adequadas.

A investigação das manifestações patológicas em elementos estruturais de concreto armado e alvenarias revela-se imprescindível para a garantia da segurança, durabilidade e eficiência das construções. Em um contexto onde as edificações estão sujeitas a processos de envelhecimento, exposição a agentes agressivos (como a umidade, a corrosão e variações climáticas) e a falhas construtivas, a identificação e o diagnóstico precoce desses defeitos tornam-se fundamentais para evitar colapsos e prejuízos econômicos elevados decorrentes de manutenções corretivas emergenciais.

Desta forma, compreender os mecanismos de deterioração possibilita a elaboração de estratégias de manutenção preventiva e reabilitação, contribuindo para a sustentabilidade das obras e a preservação do patrimônio construído. Essa abordagem não apenas minimiza os riscos associados à segurança dos usuários, mas também propicia a otimização dos recursos investidos em intervenções, gerando benefícios a longo prazo para a sociedade e para o setor da construção civil.

O foco principal do estudo das manifestações patológicas em concreto armado e alvenarias é reconhecer a importância de uma análise detalhada dos fatores que comprometem a integridade estrutural. Essa investigação promove a melhoria contínua dos métodos construtivos e de manutenção, incentivando a adoção de práticas inovadoras que atendam às exigências de um mercado cada vez mais atento à segurança e à sustentabilidade.

A título de exemplo, a trágica ocorrência do desabamento da igreja no centro histórico de Salvador (Figura 1), ilustra a importância do diagnóstico das manifestações patológicas em edificações históricas. Este episódio evidencia que a ausência de um monitoramento contínuo e a falta de intervenções preventivas podem resultar em falhas estruturais catastróficas, colocando em risco não apenas a integridade física dos usuários, mas também o patrimônio cultural e histórico de uma cidade.

Figura 1 – Igreja da Ordem Primeira de São Francisco



Fonte: G1, 2025.

O diagnóstico precoce de manifestações patológicas permite identificar, por meio de técnicas específicas e metodologias sistemáticas, como o diagrama de Ishikawa, sinais de deterioração, tais como fissuras, corrosão, delaminação e outros danos que se acumulam silenciosamente ao longo do tempo. Sem essa análise detalhada, os problemas podem evoluir até um ponto em que a estrutura perde sua capacidade de suportar as cargas para as quais foi originalmente projetada, culminando em colapsos inesperados.

No caso da igreja em Salvador, a ausência de um diagnóstico rigoroso e a falta de manutenção preventiva foram fatores determinantes para o desabamento. Este evento reforça que a implementação de um sistema de monitoramento e avaliação periódica das condições estruturais é essencial para a tomada de decisões fundamentadas, permitindo a priorização de intervenções que garantam a segurança dos usuários e a preservação de importantes elementos do patrimônio histórico.

Segundo Harari (2019), estudos apontam que 35% das edificações em áreas urbanas apresentam algum tipo de patologia estrutural, e a reabilitação dessas construções representa uma economia de até 40% em relação aos custos de novas construções.

De acordo com Costa (2016), a recuperação de edificações históricas pode reduzir os custos energéticos em até 30%, contribuindo de forma decisiva para a sustentabilidade urbana e para a conservação do patrimônio cultural.

Segundo Oliveira (2018) a reabilitação de edifícios antigos não só preserva os valores históricos e culturais que são essenciais para a identidade urbana, mas também pode gerar uma significativa economia nos custos de manutenção a longo prazo – estimada em até 25%. Essa economia advém da possibilidade de, ao se renovar e modernizar as estruturas, reduzir a necessidade de intervenções constantes que, muitas vezes, são onerosas quando se trata de manutenção corretiva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Patologia das construções

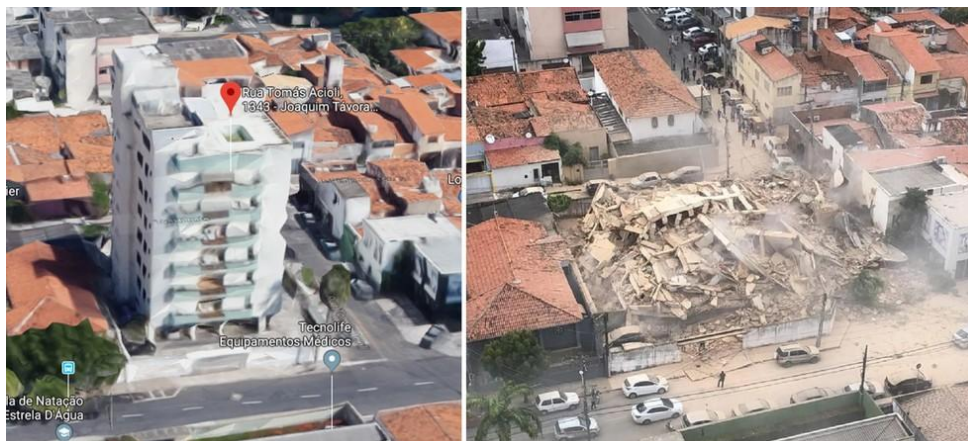
De acordo com Carmo (2000), a patologia na construção pode ser entendida, analogamente à Ciência Médica, como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, formas de manifestação, origens e causas das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações.

De acordo com Helene (1992), é possível definir a Patologia como o ramo da Engenharia que estuda e examina os sintomas, o mecanismo, as origens e as causas das falhas das obras civis, desta forma é possível caracterizá-la como o estudo de todos os componentes que formam o diagnóstico do problema.

Toda edificação possui um período de vida útil a que se destina. Muitas vezes, antes mesmo deste prazo ser alcançado, o nível de desempenho já se encontra abaixo do satisfatório devido, por exemplo, à falta de manutenção periódica. A manutenção não evitará que o estabelecimento alcance, um dia, o fim da sua durabilidade, mas sim, prorroga a vida útil deste, buscando sempre a ausência de manifestações patológicas.

Como exemplo ilustrativo, destaca-se o colapso do Edifício Andrea, ocorrido em 2020 (Figura 2), localizado no estado de Pernambuco. Segundo o Ministério Público do Estado do Ceará (MPCE), a perícia técnica concluiu que o desabamento resultou de um conjunto de fatores, entre os quais se destacam a ausência de manutenções adequadas ao longo da vida útil da edificação e a adição de cargas não previstas no projeto original. Esses aspectos foram agravados por intervenções estruturais inadequadas realizadas pela empresa responsável.

Figura 2 - Antes e o depois do Edifício Andréa



Fonte: G1, 2020.

Manifestações patológicas estão presentes na maioria das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando o período de aparição e a forma de manifestação. Segundo Lichtenstein (1985), estes problemas podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidentes ou, então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada. As manifestações patológicas encontradas com maior frequência são infiltrações, fissuras, corrosão da armadura, movimentações térmicas, descolamentos, entre outros.

Sob a perspectiva normativa, a NBR 5674 (ABNT, 2012) estabelece que a responsabilidade pela manutenção de uma edificação recai sobre o proprietário, podendo esta ser delegada a empresas ou profissionais legalmente habilitados, conforme sua decisão.

2.1.1 Sintomatologia

Segundo Helene (2011), a identificação das manifestações patológicas deve considerar aspectos visuais, físicos e mecânicos, correlacionando-os às causas prováveis.

De acordo com Helene (2011), a sintomatologia das manifestações patológicas deve ser analisada de forma sistêmica, levando em consideração não apenas os sinais visíveis, mas também a progressão do dano e os fatores ambientais. A correta

interpretação das anomalias estruturais é essencial para a escolha do método de recuperação adequado.

“Sintomatologia é caracterizada como a área da Patologia das construções que estuda os sinais apresentados pela edificação, tendo como objetivo diagnosticar o problema patológico” (Tutikian, Pacheco, 2013, n.p.).

De acordo com Helene (2011), a sintomatologia das manifestações patológicas em estruturas deve ser avaliada por meio de inspeção técnica, considerando fissuras, corrosão, infiltração e outros danos, conforme os critérios normativos.

“Com o intuito de obter o correto diagnóstico de uma manifestação patológica, é imprescindível coletar dados, inicialmente, através de uma inspeção visual, de forma a identificar os sintomas observados, sua localização e sua intensidade” (Tutikian, Pacheco, 2013, n.p.).

2.1.2 Origens e Causas

As manifestações patológicas têm origem em recorrentes falhas no processo construtivo e representam um dos principais fatores de comprometimento do desempenho das edificações ao longo de sua vida útil. Essas manifestações estão associadas não apenas à durabilidade dos materiais empregados, mas também às condições climáticas, às técnicas construtivas adotadas e ao nível de controle de qualidade durante a execução da obra. Conforme aponta Santos *et al.* (2017, n.p), “as manifestações patológicas podem ser geradas por erros que acontecem durante a execução de uma ou mais atividades relacionadas ao processo da construção civil”.

No que se refere à construção civil, pode-se destacar que a velocidade na forma de execução e utilização de tecnologias modernas tornam o mercado da construção mais competitivo. Tais inovações, despertam a necessidade de criar novos conhecimentos acerca das estruturas e dos materiais, com o objetivo de impulsionar a construção civil.

Diante disso, o alto número de defeitos e manifestações patológicas constantes nas edificações residenciais no Brasil é devido à ampla escala de produção de edificações residenciais construídas em um curto período de tempo, carência de conhecimento dos clientes aos hábitos de uso, assim como também ao mau uso da

correta técnica construtiva. “Estudos evidenciam que quanto mais cedo uma anomalia for detectada, menos onerosa e mais eficiente é a intervenção” (Lira, Lordsleem JR., 2018; Fioriti et al., 2017, n.p.).

A estrutura durante a vida útil está sujeita ao desgaste, por conta da ação das cargas e sobrecargas, dinâmicas, estáticas, impactos, vibrações e recalques diferenciados em pontos de fundação ao longo dos anos e cavitação e erosão por ação dos agentes líquidos e sólidos nos canais, reservatórios e tanques (Gonçalves, 2015, n.p.).

Neste aspecto, a título de exemplo, pode-se destacar o Emissário Submarino de Maceió, inaugurado em maio de 1989 pela Companhia de Saneamento de Alagoas (Casal) construído na Avenida Assis Chateaubriand, é um sistema destinado a lançar os esgotos sanitários para além da costa, aproveitando a vazão do oceano para realizar um despejo descentralizado. Pode-se destacar o problema estrutural ocasionado pela deterioração do emissário submarino (Figura 3 e Figura 4). Como pode-se observar na Figura 3, identificamos sinais de corrosão e erosão na estrutura de concreto armado, onde sua evolução progressiva pode desenvolver um possível colapso da estrutura, resultando no possível lançamento irregular de esgoto no oceano, podendo acarretar sérios danos ambientais.

Figura 3 - Emissário submarino de Maceió-Alagoas



Fonte: Tribunahoje, 2024.

Figura 4 - Vistoria no Emissário Submarino de Maceió



Fonte: G1, 2024.

Segundo Batista *et al.* (2016), uma grande preocupação da engenharia está relacionada ao crescente número do desempenho insatisfatório das construções. Diagnósticos sobre a ineficiência de tais construções evidenciam as deficiências do projeto, utilização de materiais inadequados, falta de fiscalização, dentre outros.

No que se refere ao desempenho do produto final, em relação a qualidade, varia conforme a qualidade das atividades realizadas no processo, que pode ser dividido em: planejamento, projeto, escolha dos materiais, realização e utilização. Todas as estruturas devem visar, além do papel para qual é feita, o controle de surgimento das manifestações patológicas, que pode se desenvolver numa das fases do processo construtivo (Fonseca *et al.*, 2016, n.p.).

As manifestações patológicas podem prover de erros que acontecem durante a realização de uma ou mais atividade do processo genérico da construção civil. Os problemas de deterioração estrutural e dos materiais que as constituem provém, geralmente, de um projeto incorreto e uma execução mal cuidada, carências que ainda se tem como comuns, gerando falhas que acarretam na necessidade de recuperação ou reforço estrutural.

Grande parte as manifestações patológicas poderiam ser evitadas se existisse um maior detalhamento do projeto, escolha adequada dos materiais e correta realização, bem como uma maior preocupação com as intervenções de manutenção (Santos, Silva, Nascimento, 2017; Fonseca *et al.*, 2016; Martins, 2016, n.p.).

Segundo Santos *et al.* (2017), é necessário que a caracterização dos elementos do concreto armado esteja em conformidade com as normas técnicas. É essencial o controle tecnológico dos materiais de concreto, antes do fornecimento, buscando atender aos requisitos básicos da obra, como maior eficiência e outros aspectos decorrentes das condições ambientais e de execução das obras. Portanto, é necessário controlar corretamente a aquisição dos elementos de concreto, com a finalidade da compatibilização das exigências especificadas.

2.1.3 Desempenho e vida útil

Do ponto de vista normativo brasileiro a NBR 15575 (ABNT, 2021), trata do desempenho de uma edificação, consistindo na capacidade da estrutura em manter-se em condição plena de utilização durante sua vida útil, não devendo de maneira efetiva, apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.

De acordo com Souza (2015) o termo desempenho, que em última instância significa comportamento em utilização, foi apresentado com o intuito de caracterizar o produto, evidenciando que este deve apresentar certas propriedades que o capacitem, no que se refere ao cumprimento de sua função quando sujeito a determinadas ações.

Diante do exposto, é observado que o conceito de desempenho, de certa forma está relacionado com o conceito de vida útil de uma edificação. Do ponto de vista normativo brasileiro a NBR 15575-5 (ABNT, 2013), define Vida útil como o “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

Os materiais que estão presentes nos edifícios estão sujeitos a uma gama de variedade de ações, no sentido amplo do termo, ações estas devidas aos fenômenos de origem natural, devidas à utilização do edifício e até mesmo decorrentes de sua própria concepção.

As edificações de maneira geral estão expostas a um conjunto de ações, atuantes durante toda sua vida útil. No que se refere às ações de origem natural, estão incluídas as ações do vento, da radiação solar, da chuva, da umidade do ar, do calor, do frio, entre outras ações relacionadas ao clima da região onde a edificação está exposta. Neste aspecto, os edifícios, também estão expostas as ações do fogo, das cargas permanentes, dos esforços de manuseio, dos ruídos gerados interna e externamente, de impactos de uso, de ataques químicos por produtos de limpeza e todas aquelas outras ações decorrentes da concepção do edifício e de seu uso.

No que se refere ao desempenho estrutural e vida útil, pode-se destacar uma grande obra de engenharia civil binacional, pertencente ao Brasil e ao Paraguai, sendo ela a Usina Hidrelétrica de Itaipu (Figura 5), sendo vital garantir a sua segurança, funcionalidade, desempenho e vida útil. Esse tipo de estrutura precisa suportar enormes pressões de água, variações de temperatura e intempéries, para que seja possível proporcionar segurança e desempenho estrutural. Para que isso seja possível, são necessários o dimensionamento estrutural preciso, materiais de alta qualidade e técnicas de construção modernas e avançadas com o intuito de garantir o efetivo desempenho da estrutura e vida útil conforme o especificado no projeto.

Figura 5 - Usina hidrelétrica de Itaipu



Fonte: Sindenergia, 2016.

No caso específico de Itaipu, a utilização de concreto massivo, projetado para resistir a forças extremas, assegura a integridade da barragem ao longo de décadas. Além disso, do ponto de vista da segurança, é de suma importância as inspeções regulares e manutenções contínuas, sendo estas ações efetivamente cruciais para a identificação de desgastes e danos estruturais, evitando possíveis falhas catastróficas.

A importância do referido desempenho de obras de engenharia vai além da segurança. Ele também garante o funcionamento eficiente da usina, permitindo o abastecimento de energia limpa e renovável para milhões de brasileiros e paraguaios. Diante do exposto, obras de engenharia como a de Itaipu são exemplos claros de como a engenharia estrutural bem planejada é indispensável para o progresso sustentável e a preservação de recursos essenciais, garantindo o desempenho e a vida útil das obras de engenharia civil.

2.1.4 Durabilidade

Do ponto de vista normativo brasileiro, a ABNT (2014) define durabilidade como a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

“A durabilidade das estruturas está diretamente ligada à qualidade dos materiais empregados, aos processos de execução e às condições ambientais às quais a estrutura está submetida” (Helene, 2011, n.p.).

No que se refere a durabilidade de edificações históricas, além de sua importância arquitetônica, essas edificações têm um valor cultural e histórico significativo. Elas são testemunhos da história e cultura de uma sociedade, e sua preservação é vital para a educação e a identidade cultural.

Neste aspecto, as técnicas e materiais utilizados na construção de edificações históricas, são de fundamental relevância, a título de exemplo, pode-se destacar o concreto romano, sendo este altamente durável e adaptável ao ambiente local.

Diante disso, de acordo com Seymour *et al.* (2023), os antigos romanos têm notáveis contribuições no tocante a engenharia civil, tendo eles construído vastas redes de estradas, aquedutos, portos e edifícios, onde tais obras de engenharia sobreviveram por milênios.

Muitas dessas estruturas foram construídas com concreto. A título de exemplo, pode-se destacar o famoso Panteão de Roma (Figura 6), que tem a maior cúpula de concreto não reforçado do mundo, sendo este edificado em 128 d.C., e atualmente ainda intacto. Em adição, pode-se destacar a existência de aquedutos romanos antigos que ainda fornecem água para Roma nos dias atuais.

Figura 6 - Panteão Romano - 128 d.C.



Fonte: Viajante sem fim, 2020.

Segundo Seymour *et al.* (2023), a pesquisa revelou que a durabilidade excepcional do concreto romano se deve ao uso de estratégias de fabricação antigas, incluindo a adição de clastos de cal rica em cálcio, que proporcionam propriedades de autossanificação ao material. Essas descobertas podem inspirar de maneira efetiva, o desenvolvimento de concretos modernos mais duráveis e sustentáveis.

De acordo com Hirt (2014), no que se refere à construção durável de edificações, esta resulta na adoção de uma série de medidas e procedimentos cujo objetivo é garantir à estrutura e aos materiais que a constituem, um desempenho considerado satisfatório ao longo de sua vida útil.

A durabilidade das construções é um tema relevante hoje devido aos desafios enfrentados pela indústria da construção, como a deterioração prematura de materiais, que pode levar a falhas estruturais e comprometer a segurança. Além disso, o alto custo de manutenção e reparo associados a estruturas menos duráveis representam um ônus financeiro significativo.

No contexto da segurança, estruturas duráveis são mais resilientes a condições adversas, como intempéries e desastres naturais, protegendo vidas e bens. Assim, a

durabilidade é um fator estratégico para atender às demandas por construções mais eficientes, sustentáveis e confiáveis.

Do ponto de vista ambiental, a baixa durabilidade de construções aumenta a necessidade de reconstrução e substituição, resultando em maior geração de resíduos e consumo de recursos naturais. Portanto, pode-se afirmar que investir em materiais e técnicas que prolonguem a vida útil das edificações contribui para a sustentabilidade, a redução de custos e a preservação de recursos naturais.

2.1.5 Diagnóstico

De acordo com Silva (2011), pode-se definir a palavra diagnóstico como tendo a sua origem no grego *diagnosticu* – *dia* = “através de, durante, por meio de” + *gnosticu* = “alusivo ao conhecimento de” – e significa conhecimento (efetivo ou em confirmação) sobre algo, ao momento do seu exame; ou a descrição minuciosa de algo, feita pelo examinador, classificador ou pesquisador.

De acordo com Mazer (2012), o procedimento para diagnosticar a manifestação patológica consiste em definir as causas de sua formação e da gravidade potencial da manifestação patológica, a partir da análise dos sintomas e na eventual realização de ensaios e estudos específicos.

Segundo Freitas *et al.* (s.d.), quando um edifício apresenta um conjunto significativo de patologias não é possível partir diretamente para os procedimentos de intervenção e recuperação sem um correto estudo de diagnóstico, que será a primeira fase do processo de reabilitação.

Pode-se definir o estudo de diagnóstico como o conjunto de procedimentos destinados a garantir o justo conhecimento acerca de um edifício ou estrutura, incluindo a avaliação do seu estado de conservação e segurança e a determinação das causas das anomalias observadas (Appleton, 2002, n.p.).

Para a adequada identificação e tratamento das patologias nas edificações, é fundamental determinar a origem das manifestações, por meio de estudos e análises que possibilitem um diagnóstico preciso do problema.

De acordo com Helene (2003), após a formulação do diagnóstico e das hipóteses que levaram o aparecimento das patologias deve estar explícito nas conclusões e recomendações, a necessidade de medidas de recuperação dos elementos que tiveram seu desempenho comprometido, evidenciando os processos e materiais utilizados para realização dos reparos.

No que se refere ao diagnóstico, segundo Goicoechea *et al.* (2006) a investigação deve ser executada de forma profunda e ordenada, sendo imprescindível elaborar uma metodologia para cada caso. O profissional patologista de engenharia civil deverá possuir grande conhecimento, não só das técnicas construtivas como também das características e do comportamento estrutural, dos materiais, da forma de execução e da correta escolha dos prováveis fatores que possam ter ocasionado as patologias.

Segundo Goicoechea *et al.* (2006), O profissional patologista de engenharia civil, deverá possuir uma visão global das construções juntamente com um sentido apurado de observação, sendo necessário utilizar todos os seus sentidos: visão, audição, olfato e tato, devendo interpretar o que se observa em uma inspeção visual ou mediante diferentes instrumentos que utiliza. Este profissional também deverá possuir engenho para criar técnicas e procedimentos que no processo de investigação não destruam dados (elementos) que poderão ter valor.

2.1.5.1 Metodologia do diagnóstico

De acordo com Appleton (2002), é de suma importância o estudo do diagnóstico das patologias das construções, sendo considerada uma atividade destinada a profissionais de grande conhecimento técnico científico, já que num processo patológico de uma dada construção se identificam problemas de diversas magnitudes, exigindo o conhecimento amplo da engenharia civil.

Desta forma, de acordo com Appleton (2002), o estudo de diagnóstico é destinado para o profissional generalista, com sólida formação em áreas tão diversas

da engenharia civil como geotecnia, estruturas, alvenarias, revestimentos, isolamentos e acabamentos, instalações técnicas, sendo posteriormente encaminhado, para um especialista, ou melhor, para equipes de especialistas que prossigam o aprofundamento de cada tema, a partir do ponto em que o profissional generalista identificou.

De acordo com Freitas *et al.* (s.d.), levando em consideração que cada caso é um caso particular pode-se, de forma geral, adotar a seguinte metodologia:

- Análise dos documentos e projetos, especificações técnicas de trabalhos executados, histórico de eventuais intervenções;
- Realização de um estudo para identificar os locais mais degradados que devem ser visitados inicialmente, verificar os aspectos sistemáticos de certas patologias, detectar as exigências dos usuários;
- Proceder à vistoria ao interior e exterior das edificações;
- Realização de um levantamento fotográfico da edificação e suas patologias, sendo de grande importância quando não dispomos de informação em projeto;
- Medidas in situ ou em laboratório;
- Efetuar um conjunto de sondagens, que permitam caracterizar a composição de determinados elementos construtivos, caso seja necessário.

2.1.6 Prognóstico

De acordo com Souza (2010), prognóstico pode ser definido como a previsão do comportamento futuro de um fenômeno com base em dados atuais e tendências observadas, sendo utilizado em diversas áreas do conhecimento para estimar possíveis cenários e orientar a tomada de decisões.

“Do ponto de vista da medicina, prognóstico é a previsão da provável evolução de uma doença, incluindo a possibilidade de complicações e o desfecho final, baseada no conhecimento da história natural da enfermidade, nas características individuais do paciente e na resposta ao tratamento” (Silva, 2015, p. 123).

Segundo Silva (2011), a palavra prognóstico tem origem no latim *prognosticu* – *pro* = “antecipado, anterior, prévio” + *gnosticu* = “alusivo ao conhecimento de” – e significa juízo médico, baseado no diagnóstico e nas possibilidades terapêuticas acerca da duração e evolução de uma doença; ou predição, agouro, presságio, relativos a qualquer assunto.

De acordo com o IBAPE (2014), prognóstico é definido como a previsão técnica fundamentada sobre a evolução futura de uma patologia ou condição observada em uma edificação ou estrutura, considerando as causas identificadas, os mecanismos de deterioração e as possíveis consequências ao longo do tempo.

No Brasil, no que se refere a importância do prognóstico em obras civis, pode-se destacar o edifício Palace II, desabou parcialmente no dia 22 de fevereiro de 1998, resultando em oito mortes e deixando dezenas de famílias desabrigadas. Posteriormente, os blocos restantes foram demolidos por risco iminente de novos colapsos (Figura 7).

Figura 7 – Demolição do Edifício Palace II



Fonte: G1, 2022.

Antes do colapso, já haviam sido identificadas fissuras e problemas estruturais, indicando falhas na construção. O prognóstico, se devidamente realizado e efetivamente considerado, poderia ter evitado o desastre. Uma análise prévia teria permitido prever o agravamento da situação estrutural e tomado medidas preventivas, como evacuação e reforço da estrutura.

O caso evidencia a importância do diagnóstico e do prognóstico estrutural na engenharia civil, especialmente em construções de grande porte. Desde então, houve

um avanço na legislação e nas normas técnicas para inspeção predial e segurança estrutural.

Atualmente, as principais normas técnicas que orientam essas práticas são:

- ABNT NBR 16747:2020 – Inspeção Predial: Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimentos
- ABNT NBR 5674:2012 – Manutenção de Edificações: Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção
- ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais: Desempenho

Além das normas citadas, o IBAPE (2021) publicou a Norma de Inspeção Predial, que detalha procedimentos para a realização de inspeções prediais, complementando as diretrizes da NBR 16747 (ABNT, 2020).

2.1.7 Principais materiais de construção utilizados no Brasil na década de 1960

O método construtivo brasileiro da década de 1960 apresentava várias diferenças em relação aos dias atuais, principalmente no que diz respeito aos materiais de construção. No Quadro 1, pode-se destacar os principais fatores que levaram ao desuso ou adequação destes materiais de construção amplamente utilizados nos anos 60.

Quadro 1 - Materiais de construção utilizados no Brasil nos anos 1960 que foram readequados ou entraram em processo de desuso

(Continua)

Material de construção	Imagem	Uso na década de 60	Situação atual
Amianto (asbesto)	 Fonte: Brasildefato, 2019.	Muito empregado em telhas, caixas d'água, tubulações e isolamentos devido à sua resistência e baixo custo.	O uso do amianto foi proibido em muitos países, incluindo o Brasil, devido aos riscos à saúde, como doenças respiratórias e câncer.
Concreto com baixo controle técnico	 Fonte: Autor, 2024.	Era comum o preparo manual do concreto, com menor controle sobre a dosagem e qualidade dos materiais.	O concreto é produzido em usinas com rigoroso controle tecnológico, garantindo maior qualidade e durabilidade.
Tubulações de ferro fundido ou chumbo	 Fonte: wikipedia, 2024.	Tubos de ferro fundido eram comuns em redes de água e esgoto, enquanto o chumbo era usado em conexões.	Substituídos por tubos de PVC, CPVC e PEX, que são mais leves, resistentes à corrosão e seguros.
Madeira de extração predatória	 Fonte: MPF, 2020.	Utilizava-se madeira nativa sem critérios de manejo sustentável, tanto para construção de estruturas quanto para acabamentos.	Hoje, há maior preocupação com a origem da madeira, privilegiando produtos certificados ou substitutos como madeira de reflorestamento ou materiais compostos.

(Continua)

Material de construção	Imagem	Uso na década de 60	Situação atual
Argamassa de revestimento feita com saibro	 Fonte: Autor, 2024.	O reboco com saibro era uma técnica amplamente utilizada em construções antigas, principalmente em áreas rurais ou em regiões onde materiais industrializados eram de difícil acesso.	O saibro entrou em desuso, pois este não oferecia a mesma resistência mecânica e durabilidade que os materiais industrializados atuais. Além disso, possui Alta sensibilidade à umidade, resultando em rachaduras e erosão com o tempo.
Revestimentos e tintas com chumbo	 Fonte: UNEP, 2024.	Tintas e vernizes continham chumbo em sua composição, o que proporcionava durabilidade, mas apresentava riscos à saúde.	As formulações atuais não incluem chumbo, a exposição ao chumbo, mesmo em níveis baixos, pode levar a danos graves e irreversíveis aos sistemas neurológico e cardiovascular.

Fonte: Autor, 2025.

2.1.8 Classificação do grau de risco

Segundo o IBAPE (2012), a classificação das anomalias e falhas observadas em edificações, no âmbito de uma inspeção predial, deve considerar os riscos que tais ocorrências representam aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, respeitando os limites e escopo da própria inspeção. As anomalias e falhas são classificadas nos seguintes graus de risco:

➤ Crítico

Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível da vida útil (IBAPE, 2012, s.p.).

➤ Médio

“Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce” (IBAPE, 2012, s.p.).

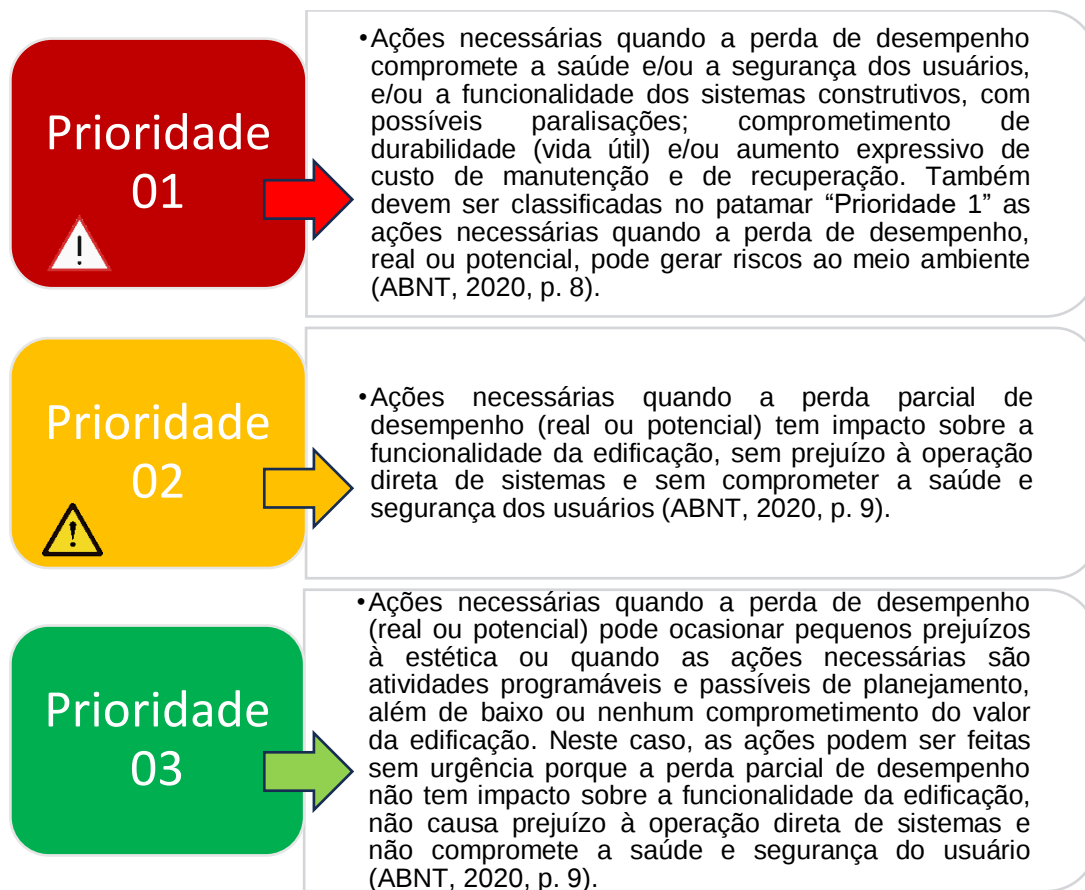
➤ Mínimo

“Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário” (IBAPE, 2012, s.p.).

2.1.9 Organização das prioridades em patamares de urgência

De acordo com ABNT (2020), especificamente a NBR 16747, aborda as recomendações técnicas para correção das anomalias, falhas de uso, operação ou manutenção e/ou não conformidades com a documentação analisada, devendo ser organizadas em patamares de urgência, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Prioridades em patamares de urgência.



Fonte: Autor, 2025.

2.1.10 Terapia

O termo terapia das construções refere-se ao conjunto de técnicas e procedimentos aplicados para corrigir, recuperar e reforçar estruturas que apresentam patologias estruturais, funcionais ou estéticas.

Segundo Helene *et al.* (1992) a terapia das construções envolve a identificação da causa das anomalias, a escolha dos materiais e métodos adequados para sua recuperação e a implementação de medidas preventivas para evitar a recorrência dos danos.

De acordo com Souza *et al.* (1998, p. 57), "a reabilitação de estruturas requer um diagnóstico preciso das patologias existentes e a seleção criteriosa dos processos

de intervenção, visando restabelecer a integridade estrutural e funcional da edificação".

Mehta *et al.* (2014) destacam que o sucesso da terapia das construções depende não apenas da correção dos sintomas aparentes, mas principalmente da eliminação das causas subjacentes dos problemas.

De acordo com Lapa (2008), após as definições de diagnóstico e prognóstico, nos dirigimos para a fase da elaboração de intervenções viáveis e da determinação da terapia que poderá ser seguida para a resolução do problema.

No que se refere a conduta a ser seguida, tanto ela pode incluir pequenos reparos localizados, assim como também a recuperação generalizada da estrutura. desta forma é recomendável que, após qualquer uma das intervenções citadas, sejam adotadas medidas de proteção da estrutura, através de um programa de manutenção periódica (Helene, 1992, n.p.).

Diante disso, segundo Helene (1992), para a escolha dos materiais e das técnicas utilizadas nestes procedimentos, é de suma importância observar o diagnóstico do problema, as características da região que será corrigida e as exigências de funcionamento do elemento que será objeto da correção.

Neste aspecto, pode-se destacar o Palácio Gustavo Capanema, no Rio de Janeiro, um caso emblemático onde a terapia das construções foi particularmente desafiadora. Inaugurado em 1945, o edifício sofreu diversas degradações ao longo dos anos, exigindo uma complexa intervenção para sua restauração (Figura 8).

Figura 8 - Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Serra, 2024.

Pode-se destacar os principais desafios da Terapia Aplicada a esta edificação (Quadro 3):

Quadro 3 - Desafios da Terapia Aplicada ao Palácio Gustavo Capanema

Materiais Originais e Técnicas Históricas	O edifício utilizou concreto armado com técnicas inovadoras para a época. A recuperação exigiu compatibilidade com os materiais originais sem comprometer a estética e a funcionalidade.
Preservação dos Elementos Artísticos	A edificação abriga murais de Cândido Portinari, além de azulejos de Burle Marx. A terapia teve que garantir a recuperação estrutural sem danificar esses elementos.
Correção de Patologias Graves	Havia problemas estruturais, como fissuras no concreto, corrosão de armaduras e infiltrações. A intervenção exigiu um estudo detalhado das causas e a aplicação de métodos específicos para cada patologia.
Normas de Preservação do Patrimônio	Como se trata de um edifício tombado pelo IPHAN, qualquer intervenção precisava ser aprovada pelos órgãos de preservação, limitando as opções de materiais e técnicas modernas.

Fonte: Autor, 2025.

Em resumo, a recuperação envolveu ensaios não destrutivos, técnicas de reforço estrutural com fibra de carbono, e o uso de argamassas compatíveis com o concreto original. Além disso, métodos específicos foram utilizados para restaurar os painéis artísticos sem comprometer a estrutura.

Esse caso mostra como a terapia de edificações pode ser desafiadora quando há a necessidade de equilibrar preservação histórica, integridade estrutural e inovação tecnológica.

2.2 Patologia no concreto armado

Do ponto de vista normativo a NBR 6118 (ABNT, 2014), preconiza que as estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas de forma a conservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante a sua vida útil.

Segundo Helene *et al.* (1992), a durabilidade do concreto armado está diretamente relacionada à sua resistência à penetração de agentes agressivos, sendo essencial um correto cobrimento das armaduras para evitar processos patológicos como a corrosão.

Conforme Lapa (2008), o concreto armado, por se tratar de um compósito reativo, está sujeito a processos de transformação ao longo de sua vida útil, decorrentes das interações físico-químicas entre seus constituintes (cimento, agregados miúdos e graúdos, água e aço), bem como da influência de aditivos e da exposição a agentes agressivos externos, como substâncias ácidas, gases corrosivos e íons provenientes de sais.

De acordo com Bauer (2010), às manifestações patológicas no concreto armado podem ser divididas em defeitos de projeto, execução e manutenção, sendo fundamental a identificação correta para a escolha da melhor técnica de reparo.

De acordo com Vitório (2003), os sintomas mais comuns apresentados são o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas, correspondendo a aberturas de espessuras distintas que aparecem de maneira expressiva ou em forma de linha na superfície do material.

Por sua vez, o Quadro 4 apresenta uma visão geral dos principais mecanismos físico-químicos de deterioração das estruturas de concreto armado e protendido.

Segundo Souza *et al.* (1998), o surgimento dos problemas patológicos indica, de maneira geral, a existência de falhas durante a execução e o controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil.

Quadro 4 - Principais mecanismos físico-químicos de deterioração das estruturas de concreto armado e protendido

Agressividade do ambiente		Consequências sobre a estrutura	
Natureza do processo	Condições particulares	Alterações iniciais na superfície do concreto	Efeitos a longo prazo
Carbonatação	UR 60% a 85%	Imperceptível	Redução do pH, corrosão de armaduras, fissuração superficial
Lixiviação	Atmosfera ácida, águas puras	Eflorescências, manchas brancas	Redução do pH, corrosão de armaduras, desagregação superficial
Retração	Umedecimento e secagem, ausência de cura, UR baixa (<50%)	Fissuras	Fissuração, corrosão de armaduras
Fuligem	Partículas ácidas em suspensão na atmosfera urbana e industrial	Manchas escuras por deposição sobre a estrutura	Redução do pH, corrosão de armaduras
Fungos e mofo	Colônias ácidas em temperaturas (>20°C e <50°C) com UR >75%	Manchas escuras e esverdeadas	Redução do pH, desagregação superficial, corrosão de armaduras
Concentração salina, Cl-	Atmosfera marinha e industrial	Imperceptível	Despassivação e corrosão de armaduras
Sulfatos	Esgoto e águas servidas	Fissuras	Expansão-fissuras, desagregação do concreto, corrosão de armaduras
Álcali-agregado	Composição do concreto, agregados reativos, umidade, UR>95%	Fissuras, gel ao redor do agregado graúdo	Expansão-fissuras, desagregação do concreto, corrosão de armaduras

Fonte: Andrade, Medeiros e Helene, 2011, p.784

Segundo Gurgel (2016), a corrosão das armaduras é a principal causa de deterioração das estruturas de concreto armado, podendo ser potencializada por condições ambientais agressivas e baixa qualidade dos materiais empregados.

Para Mehta *et al.* (2008), a reação álcali-agregado é uma das patologias mais estudadas no concreto armado, pois pode provocar expansões significativas e fissuração generalizada, reduzindo a vida útil da estrutura.

Quando tratamos de estruturas de concreto armado em contato com o solo, a metodologia de inspeção visual fica inacessível em alguns casos, como o caso das fundações, mas elas têm um papel crucial no comportamento estrutural da edificação de forma geral.

Segundo Massad (2003), os recalques diferenciais são uma das principais causas de patologias em fundações de concreto armado, podendo levar a fissuras e deslocamentos significativos nas estruturas superiores.

De acordo com Velloso *et al.* (2017), a inadequada caracterização do solo pode resultar na escolha incorreta do tipo de fundação, aumentando o risco de instabilidades e recalques excessivos.

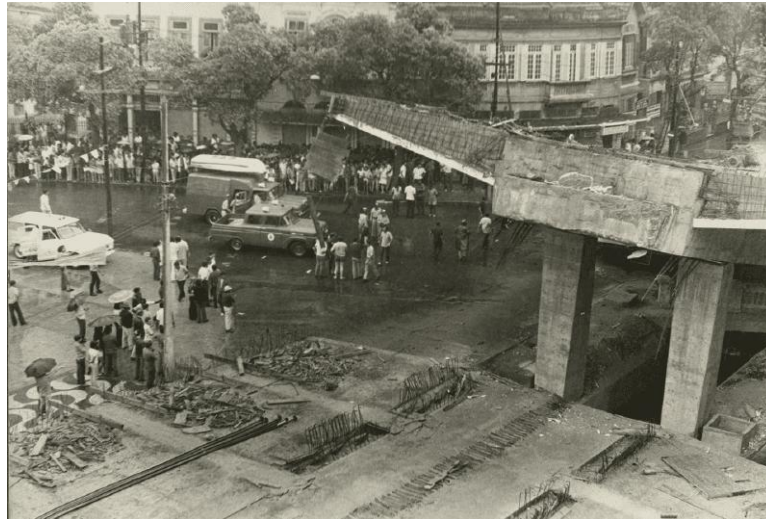
Para Molin (2012, p. 192), “as manifestações patológicas em fundações podem estar relacionadas a falhas no dimensionamento, execução inadequada ou variações nas condições do solo ao longo do tempo”.

Conforme Teixeira (2010), as infiltrações e erosões no solo são fatores determinantes para o surgimento de problemas nas fundações de concreto armado, podendo comprometer a estabilidade da edificação.

No que se refere ao contexto de obras de engenharia civil, um caso emblemático de patologia no concreto armado foi o colapso do Viaduto Rio-Niterói (Viaduto Paulo de Frontin), no Rio de Janeiro, em 1971.

Em 20 de novembro de 1971, um trecho de aproximadamente 50 metros do Viaduto Paulo de Frontin, que fazia parte da ligação entre a Ponte Rio-Niterói e o centro do Rio de Janeiro, desabou durante sua construção. O acidente causou a morte de 29 trabalhadores e deixou dezenas de feridos (Figura 9).

Figura 9 - Colapso do viaduto Paulo de Frotin



Fonte: Roncarati, 2024.

- As principais patologias e falhas estruturais encontradas, foram:
 - Falha no escoramento e forma inadequada – durante a concretagem, a estrutura não suportou o peso do concreto fresco, levando ao colapso.
 - Problemas de resistência do concreto – a qualidade do concreto utilizado apresentava deficiências, agravando a instabilidade estrutural.
 - Erro no cálculo estrutural – houve falhas na concepção do projeto, principalmente na verificação das cargas atuantes sobre a estrutura em construção.
 - Fissuração e falha progressiva – antes do desabamento, já havia relatos de deformações e fissuras na estrutura, sinais de que algo estava errado.
- As principais consequências e impactos foram:
 - O acidente levou a mudanças nos procedimentos de segurança para construção de viadutos no Brasil.
 - A fiscalização em obras de infraestrutura foi intensificada, com normas mais rigorosas para concretagem e escoramento.
 - O caso demonstrou a importância do controle de qualidade no concreto armado e da revisão criteriosa dos cálculos estruturais.

2.2.1 Mecanismos de deterioração do concreto

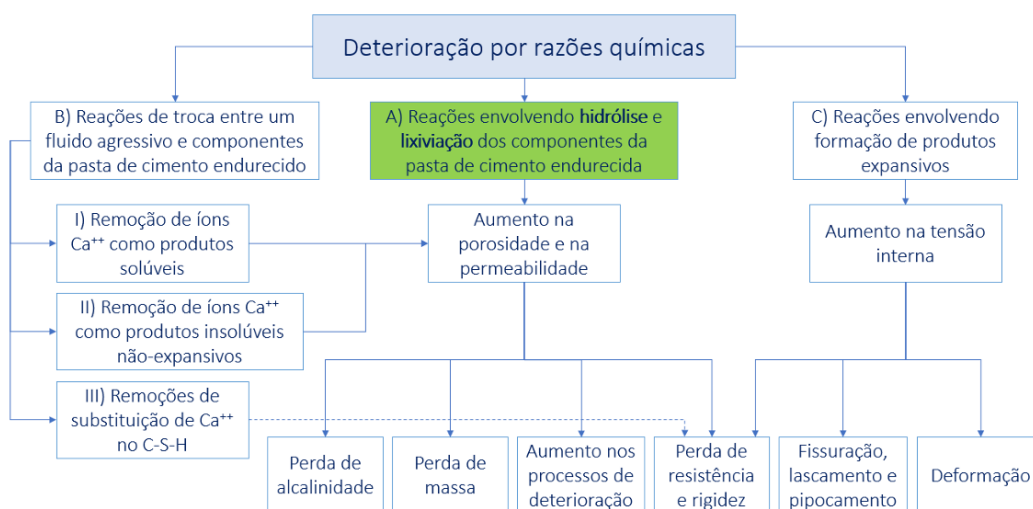
De acordo com Vieira (2016), a degradação global a que uma edificação está sujeita resulta em distintas anomalias, as quais podem ser atribuídas a fatores variados, tais como o envelhecimento natural, eventos acidentais e falhas decorrentes de práticas profissionais inadequadas.

De acordo com a ABNT (2014), é imprescindível considerar, ao menos, os mecanismos de envelhecimento e deterioração inerentes ao concreto, à armadura e à própria estrutura.

Os principais mecanismos da deterioração do concreto são classificados de acordo com sua natureza, dividindo os processos em mecânico, físico, químico, biológico e eletromagnético. De acordo com Lapa (2008), na realidade, a deterioração resulta, muitas vezes, da combinação de diversos fatores internos e externos.

Assim, os efeitos de um fenômeno físico podem favorecer o surgimento de processos químicos, como exemplifica a formação de fissuras com aberturas excessivas, que propiciam a corrosão das armaduras ou a penetração de sulfatos no interior do concreto.

No que se refere as causas químicas, estas serão apresentadas em um organograma (Figura 10). Destacam-se, nesse contexto, as reações de hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento, as quais serão abordadas posteriormente.

Figura 10 - Principais causas químicas de deterioração do concreto

Fonte: ENAP, 2022.

2.2.1.1 Lixiviação

A lixiviação configura-se como um processo físico-químico em que soluções de baixa concentração iônica (água pura, água carbônica agressiva, ácida ou outras) promovem a dissolução e remoção de compostos do concreto, em especial aqueles contendo cálcio.

Segundo Souza *et al.* (1998), a lixiviação caracteriza-se pela dissolução e arraste do hidróxido de cálcio existente na massa de cimento Portland endurecido (liberado na hidratação), devido ao ataque de águas puras ou com poucas impurezas, e ainda de águas pantanosas, subterrâneas, profundas ou ácidas, que serão responsáveis pela corrosão. Os autores assimilam este fenômeno que ocorre no concreto com à osteoporose do esqueleto humano, e pode levar, em um espaço de tempo relativamente curto, o elemento estrutural atacado à ruína.

De acordo com Mehta *et al.* (2014), quando a pasta de cimento é exposta à ação de águas puras resultantes da condensação de neblina ou vapor, a ausência de íons de cálcio no fluido intensifica a hidrólise e a dissolução dos produtos cimentícios, acarretando perda de resistência mecânica. Além disso, ocorre a formação de crostas esbranquiçadas de carbonato de cálcio na superfície, fenômeno denominado eflorescência (Figura 11), caracterizado pela deposição de sais cristalizados.

Figura 11 - Eflorescência decorrente da lixiviação



Fonte: Engenharia 360, 2025.

Segundo Lapa (2008), em ambientes ainda mais agressivos, como na presença de ácidos ou água do mar, ocorre a dissolução de parte da pasta de cimento Portland endurecido, com consequente redução da durabilidade e da integridade estrutural do concreto.

2.2.1.2 Ataque por sulfato

Segundo Mehta *et al.* (2008), o ataque por sulfatos caracteriza-se por reações químicas que geram produtos expansivos, comprometendo a integridade estrutural do concreto. De acordo com Souza (2006), esse fenômeno resulta da interação entre os íons sulfato e a pasta de cimento hidratada, podendo se manifestar de formas variadas conforme a origem dos íons sulfato, que pode ser interna ao concreto ou proveniente do ambiente externo.

De acordo com Silva (1998), os sulfatos podem ter origem nos constituintes do concreto ou resultar da interação deste com solos ou águas ricos nesse agente agressivo, sendo capazes de penetrar na matriz cimentícia por meio de processos de difusão iônica ou sucção capilar. Desta forma, o ataque por sulfatos é devido a sua ação expansiva, que pode gerar tensões capazes de fissurá-lo (Figura 12). Os sulfatos podem estar também na água de amassamento, nos agregados ou no próprio cimento.

Figura 12 - Canal em concreto armado com a presença de ataque por sulfatos



Fonte: Thomaz, 2025.

A ABNT (2015) classifica os ambientes segundo a agressividade de sulfato solúvel em água em fraca, moderada e severa, sendo as concentrações de sulfato de 0 a 150 ppm (partes por milhão), 150 a 1500 ppm e acima de 1500 ppm, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos ambientes segundo a agressividade dos sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

^a Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

^b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

^c Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

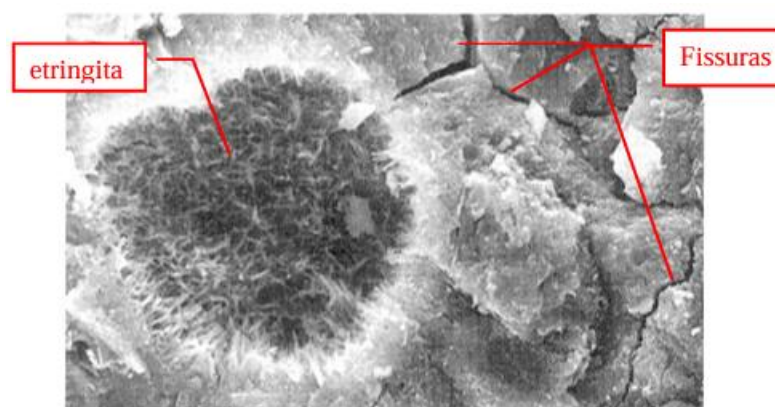
Fonte: ABNT, 2015.

Segundo Andrade (2016), os sulfatos de cálcio, magnésio, sódio e potássio existem em solos argilosos, frequentemente em quantidades consideráveis. Todos os

sulfatos levam à deterioração do concreto de cimento Portland, mas o mecanismo e grau de agressividade depende do tipo de sulfato presente.

De acordo com Andrade (2016), ao penetrar no concreto o íon sulfato reage com hidróxido de cálcio, formando gesso, com o aluminato tricálcico, formando a etringita (Figura 13) ou com a alumina do agregado, causando expansões, fissuração, destacamento do concreto, amolecimento e desintegração. Neste aspecto, o ataque do íon sulfato é ocasionado por difusão, quando o concreto está saturado e por adsorção, quando está seco.

Figura 13 - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), microanálise de raios x do concreto com a presença de ataque por sulfato de cálcio a argamassa de cimento



Fonte: Thomaz, 2025.

Pode-se destacar que o sulfato de magnésio é o mais agressivo, pois além de formar o gesso, também forma o hidróxido de magnésio (Brucita), ambos com expansão exacerbada.

De acordo com Souza (2006), os principais fatores que podem influenciar de maneira efetiva, em maior ou menor grau na degradação do ataque por sulfato são:

- Permeabilidade e porosidade;
- Geometria;
- Concentração de cimento;
- Concentração da solução de sulfato;
- O pH e a temperatura;
- Quantidade e a natureza do sulfato presente;
- Nível de água e sua variação sazonal;

- Fluxo de água subterrânea e a porosidade do solo;
- Forma da construção;
- Qualidade do concreto.

2.2.1.3 Reação álcali-agregado (RAA)

De acordo com Nogueira (2011), a reação álcali-agregado (RAA) é uma das manifestações patológicas de maior grau de deterioração do concreto, principalmente em obras de infraestrutura, barragens e pontes. Os principais fatores que influenciam a reação provêm de processos químicos, entre alguns dos compostos mineralógicos do agregado com hidróxidos alcalinos originários do cimento, água de amassamento e agentes externos, os quais estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Essa reação, apesar de lenta, conduz a um quadro patológico irreversível, gerando produtos expansivos capazes de ocasionar microfissuras ao concreto, causando a perda de homogeneidade, de resistência mecânica e de durabilidade.

Para Nogueira (2011), apesar de existirem formas eficientes de evitar que a RAA se desenvolva do ponto de vista preventivo, após a instalação do processo deletério, os danos causados são irreversíveis e as soluções de recuperação ainda são paliativas.

É de fundamental importância o conhecimento das diretrizes preconizadas pelas normas Brasileiras, a fim de se entender todos os intervenientes que envolvem a anomalia e as medidas para evitá-la, levando em consideração especificamente as prescrições da NBR 15577 (ABNT, 2008).

Tiecher (2006) descreve a RAA como sendo um processo que envolve íons alcalinos, em especial o sódio (Na^+) e o potássio (K^+), derivados de frações argilosas (argila ou xisto) provenientes do cimento, íons hidroxilas (OH^-) e alguns minerais que compõem os agregados.

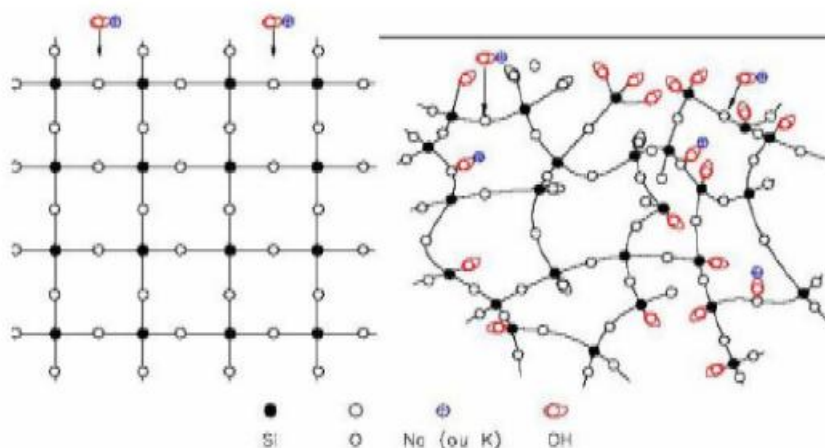
Segundo Diamond (1975), os álcalis originados do cimento podem ser solúveis, encontrados nos sulfatos; e insolúveis encontrados nas fases sólidas presentes no clínquer, podendo todos os álcalis participar da reação deletéria.

De acordo com Nogueira (2011), reação álcali-agregado ocorre em minerais com fases silicosas micro cristalinas, criptocristalinas e amorfas por apresentarem

maior área de contato e estrutura desordenada e não ocorre em minerais com fases silicosas bem cristalizadas.

Glasser *et al.* (1981) representaram a química da RAA de duas formas: a primeira quando o ataque dos íons hidroxilas (oriundos da reação de hidratação do cimento) se dá na superfície bem cristalizada da sílica e, a segunda, quando a sílica é bem cristalizada o ataque dos íons hidroxilas se dá somente na superfície externa, sendo que esse processo é muito lento, e poucos íons de sílica passam para a fase fluida. A sílica pouco cristalina permite a penetração generalizada dos íons hidroxila e dos íons alcalinos 19 (Na^+ ou K^+), o que acaba por romper as ligações do sistema Si-O-Si, resultando em estruturas poli eletrolítica contendo álcalis, ou seja, o gel da RAA. Quando a sílica de um mineral é bem organizada (cadeia cristalina), os íons hidroxilas e alcalinos atacam somente na superfície externa e poucos íons de sílica passam para a fase fluida pelo fato desse processo ser lento, fase representada na Figura 14.

Figura 14 – Representação química do ataque das hidroxilas á sílica



Fonte: Nogueira, 2010.

2.2.2 Diagnóstico de fissuras em estruturas de concreto armado

Conforme Helene (1992), as patologias estruturais manifestam uma evolução progressiva, apresentando tendência de agravamento ao longo do tempo. Assim, intervenções corretivas realizadas em estágio inicial tendem a ser mais econômicas, simples e com maior durabilidade.

2.2.2.1 Fissuras

Segundo Santos (2021), o estudo das fissuras em edificações é de suma importância para garantir a segurança, durabilidade e funcionalidade das estruturas. As fissuras podem indicar problemas estruturais graves, como sobrecarga, recalques diferenciais ou degradação dos materiais. Além disso, comprometem a estética, reduzem a vida útil da construção e podem permitir a infiltração de água, acelerando a deterioração.

De acordo com Santos (2021), a análise adequada auxilia na identificação das causas, prevenindo danos maiores e permitindo a adoção de medidas corretivas eficientes.

A classificação de uma fissura pode ser feita através da espessura da sua ruptura, conforme especificado no Tabela 2.

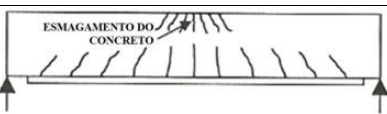
Tabela 2 – Classificação das fissuras

Classificação	Espessura
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: Olivari, 2003.

Conforme Vitório (2003), as aberturas podem ser classificadas em ativas ou passivas. As fissuras passivas atingem uma amplitude máxima e se estabilizam devido ao equilíbrio dos esforços mecânicos. Já as fissuras ativas resultam de ações de magnitude variável, gerando deformações no concreto que podem oscilar em função de variações diárias e sazonais. O Quadro 5 apresenta os principais tipos de fissuras em vigas de concreto armado.

Quadro 5 - Principais tipos de fissuras em vigas de concreto armado

LEGENDA	TIPO DE FISSURA	REPRESENTAÇÃO
FR	Fissura de Retração	
FF	Fissura de Flexão	
PCE	Pequeno Comprimento dos Estribos	
F-CA	Flexão - Cisalhamento nos Apoios	
RC	Retração do Concreto	
TO	Torção	
F-PSA	Flexão – Peça Super Armada	
TD	Tração Diagonal	
EC	Esmagamento do Concreto	

Fonte: Autor, 2025.

2.3 Patologia das alvenarias

Caporrino (2018) define alvenaria como conjuntos compostos de unidades menores, podendo ou não ser unidas por material ligante, justapostas em camadas horizontais que se sobrepõem umas às outras. De acordo com Moliterno (1995) alvenaria é o conjunto de materiais pétreos, naturais ou artificiais, unidos por si por meio de argamassa.

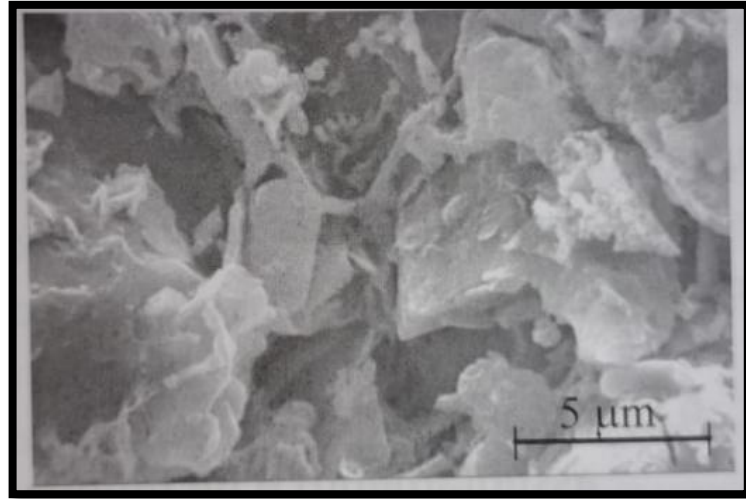
De acordo com Bertolini (2010), pode-se destacar que as alvenarias são elementos estruturais complexos, caracterizados pela presença de diversos materiais (Tijolos, pedras, argamassas etc.). A sua degradação de maneira geral, pode ser atribuída a ações de natureza mecânica ou ao efeito do ambiente.

De acordo com Caporrino (2018), as alvenarias não estruturais têm por finalidade compartimentar ambientes, devendo resistir a alguns fatores como ao seu peso próprio, às cargas de vento, a certo nível de impacto sem entrar em ruína e a ação do fogo. Já a alvenaria estrutural além de possuir as mesmas funções da alvenaria não estrutural também deve ter a função de suporte estrutural.

Segundo Bertolini (2010), as alvenarias são em geral constituídas de elementos de dimensão retangular (tijolos ou blocos) unidos por uma argamassa, a superfície geralmente é revestida com argamassa denominada de reboco. No que se refere aos blocos em concreto, são em geral, realizados com agregados monodispersos, de modo a realizar uma porosidade elevada entre os grânulos de agregado.

Nesse aspecto, pode-se destacar que a porosidade em tijolos de barro varia em função da composição das matérias primas, sendo destacado o teor de fundente do material, da temperatura de cozimento e da finura da argila. No que se refere à microestrutura dos tijolos de barro, ela é caracterizada pela presença de poros de dimensão da ordem dos micrometros, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Microestrutura de um tijolo de barro observada no microscópio de varredura



Fonte: Bertolini, 2010.

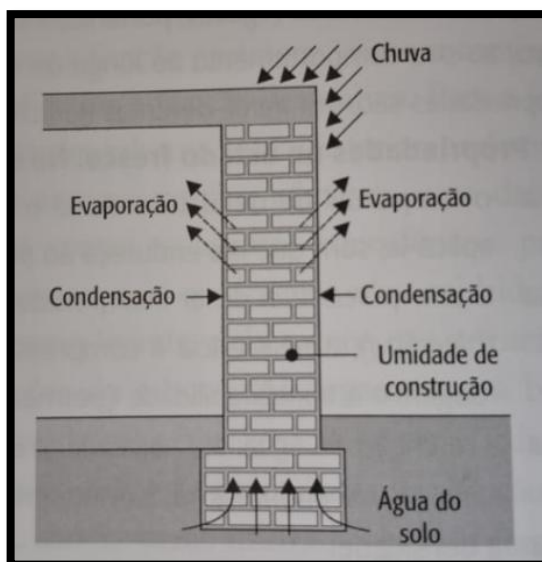
Como pode ser observado, estes poros são interconectados e abertos em direção à superfície, onde a porosidade total pode ser determinada por ensaios de absorção de água.

Segundo Bertolini (2010), a umidade na alvenaria pode ter numerosas origens, diante disso, pode-se destacar as principais causas:

- Umidade de construção: gerada pela água utilizada para a colocação ou a cura dos materiais, que em alguns casos específicos pode permanecer por longo tempo;
- Umidade descendente: devido ao contato direto com a água pluvial, em geral por erros de projeto ou infiltrações;
- Umidade por vapor: devido a condensação da água na superfície da alvenaria ou no interior dos poros capilares;
- Umidade por elevação: Ligada ao fenômeno de absorção capilar e produzida pelo contato direto da parte mais baixa da alvenaria com água ou solos úmidos.

Por outro lado, a água pode abandonar a alvenaria por evaporação. Neste aspecto pode-se afirmar que o teor de umidade é obtido pelo balanço entre os contributos dos diversos fenômenos conforme a Figura 16:

Figura 16 - Causas do aporte e da remoção da água nas alvenarias.



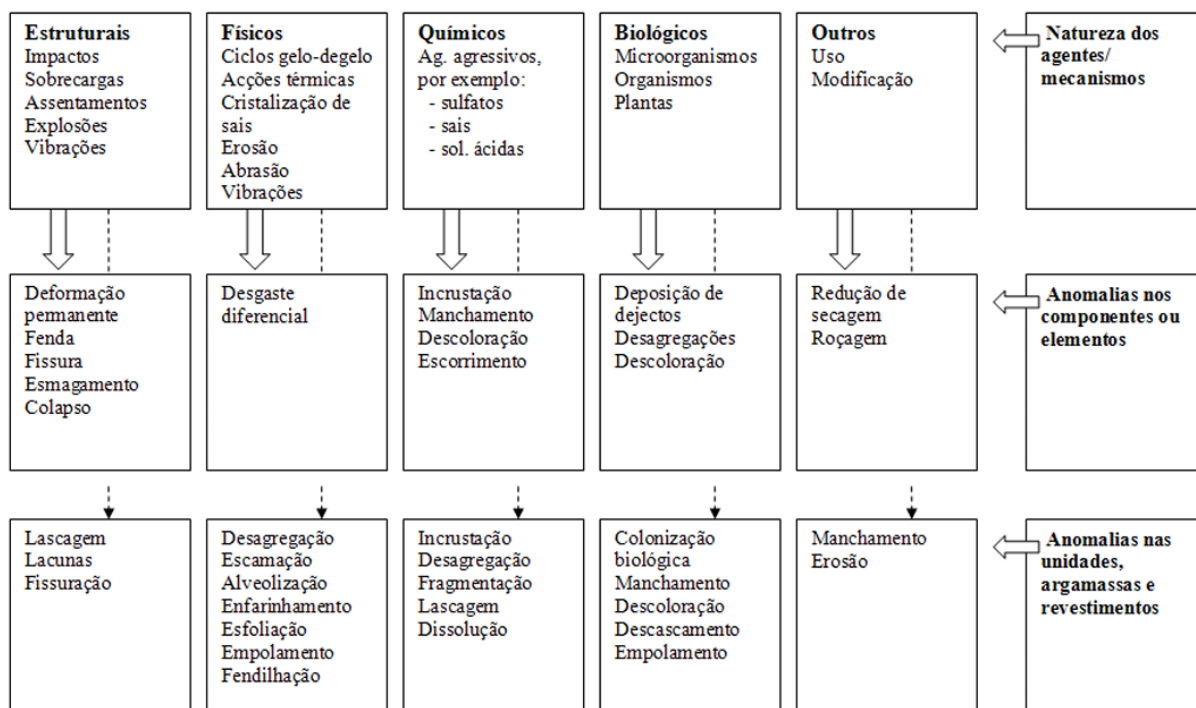
Fonte: Bertolini, 2010.

Como os processos de degradação não ocorrem quando o conteúdo de umidade da alvenaria é suficientemente baixo, a remoção da umidade acaba se tornando um dos principais objetivos das intervenções de reabilitação.

De acordo com Kazmierczak (1989), para se verificar a qualidade de uma alvenaria é fundamental seguir os processos construtivos de cada um dos materiais empregados na execução da parede de alvenaria. Segundo Sampaio (2019), as propriedades dos blocos utilizados em alvenaria podem apresentar variações decorrentes, principalmente, das inconsistências nos processos de fabricação, os quais contribuem para a ocorrência de desvios nos parâmetros físicos e mecânicos dos elementos produzidos. Alguns exemplos de componentes das alvenarias são: blocos de concreto, bloco cerâmico de vedação, bloco cerâmico estrutural, bloco cerâmico maciço.

Diante disso, além da patologia do componente ou elemento de alvenaria no seu conjunto (geralmente paredes, mas também embasamentos, colunas, arcos e abóbadas de diversos tipos), torna-se ideal distinguir as anomalias das unidades que constituem a alvenaria, da argamassa de assentamentos e do revestimento de proteção existente (rebocos, pinturas, azulejos, entre outros.). A Figura 17, apresenta as principais causas ou agentes de deterioração da alvenaria e anomalias a eles associados.

Figura 17 - Principais causas ou agentes de deterioração da alvenaria e anomalias a eles associados.



Fonte: Coiás, 2006.

Para o correto estudo das patologias ou anomalias que afetam uma edificação são estudados, sobretudo, os materiais que constituem o elemento alvenaria, como as argamassas de assentamento e revestimentos de proteção.

Os revestimentos nem sempre correspondem ao incremento pretendido de qualidade e durabilidade do edifício. Diversos fenômenos patológicos podem se manifestar nas estruturas em decorrência de falhas de projeto, deficiências na execução, inadequada especificação ou seleção de materiais, solicitações mecânicas externas, agentes atmosféricos e outras ações ambientais adversas.

Neste aspecto, Veiga (2009) destaca que as anomalias notáveis são a descolagem e o desprendimento de placas, tornando-se particularmente graves por conta do risco à segurança física dos usuários dos espaços circundantes do edifício. Outras anomalias que se pode destacar, são as manchas de carbonatação ou de humidade, a colonização biológica e a fissuração da argamassa.

2.4 Métodos de reabilitação

De acordo com Brasil (2010), os métodos de reabilitação de estruturas são essenciais para restaurar a funcionalidade, segurança e durabilidade das construções afetadas por deterioração, sobrecargas ou falhas construtivas. A aplicação dessas técnicas permite corrigir patologias como fissuras, corrosão de armaduras e recalques diferenciais, evitando colapsos estruturais e reduzindo custos com demolições e reconstruções.

De acordo Ripper *et al.* (1998), a reabilitação pode melhorar o desempenho da edificação, adaptando-a a novas exigências normativas e aumentando sua vida útil. Métodos como reforço com fibra de carbono, injeção de resinas e adição de elementos estruturais garantem maior resistência e estabilidade. Dessa forma, a reabilitação estrutural é uma solução sustentável e econômica para a preservação do patrimônio construído.

2.4.1 Métodos de reabilitação do concreto

De acordo com David *et al.* (2020), as definições e recomendações de produtos de reabilitação que constam na Quadro 6, referem-se à restauração do concreto, contudo é importante destacar que a reabilitação envolve a análise integral do sistema estrutural, considerando que as deficiências inerentes ao concreto também afetam as armaduras.

Quadro 6 - Métodos de reabilitação do concreto

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DO CONCRETO						(Continua)
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
MRC-IH	IMPREGNAÇÃO HIDROFÓBICA	A impregnação hidrofóbica é um método de recuperação de estruturas de concreto que consiste na aplicação de agentes químicos, normalmente à base de silanos, siloxanos ou silicones capazes de penetrar na matriz do concreto e formar uma barreira que reduz significativamente a capilaridade. Essa barreira atua impedindo a entrada excessiva de água e, conseqüentemente, a ação de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, que podem acelerar a corrosão das armaduras e promover a degradação do material.	Produto A	Empresa 1	Silano	Aplicação sobre superfícies de concreto.
			Produto B	Empresa 2	Organo - siloxanos	Aplicação sobre superfícies de concreto.
			Produto C	Empresa 3	Silano/Siloxano	Aplicação sobre superfícies de concreto.
MRC-I	IMPREGNAÇÃO	O método consiste na aplicação de um produto líquido que penetra no concreto e bloqueia os poros total ou parcialmente, aumentando a dureza superficial do concreto, e formando um filme descontínuo na sua superfície	Produto A	Empresa 1	Acrílico	Aplicação sobre superfície de concreto.
			Produto B	Empresa 2	Silicatos	Aplicação sobre superfície de concreto.
			Produto C	Empresa 3	Poliuretano	Aplicação sobre superfície de concreto.

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DO CONCRETO (Continua)						
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
MRC-R	REVESTIMENTO	O método consiste na aplicação de produto na superfície da estrutura, produzindo uma camada protetora contínua, de modo a impedir a passagem de agentes. A espessura da camada, vai de 0,1 mm até 5,0 mm. Os ligantes podem ser, por exemplo, polímeros orgânicos, polímeros orgânicos contendo cimento com carga ou cimento hidráulico com dispersão de polímero.	Produto A	Empresa 1	Epóxi	Impermeabilização e proteção de estruturas em contato com substâncias agressivas.
			Produto B	Empresa 2	Cimentícia	Impermeabilização em superfícies de concreto.
			Produto C	Empresa 3	Epóxi	Revestimento epóxi universal resistente à abrasão, para proteção do concreto exposto a ambientes de média a elevada agressividade química.
MRC-IF	INJEÇÃO DE FISSURAS	O método se embasa no perfeito preenchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda com materiais rígidos cimentícios ou epoxídicos ou flexíveis como resinas acrílicas ou poliuretânicas. Ele visa recuperar o monolitismo da estrutura pela injeção de material a pressão adequada para o tipo de produto utilizado e para a espessura e profundidade da fissura.	Produto A	Empresa 1	Epóxi	Recuperação de estruturas de concreto monolítico. Não aplicável em fissuras ativas.
			Produto B	Empresa 2	Epóxi	Injeção de trincas ativas e juntas de estruturas de piso
			Produto C	Empresa 3	Poliuretano	Injeção de trincas e fissuras de estruturas de concreto.

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DO CONCRETO (Continua)						
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
MRC-SF	SELAGEM DE FISSURAS	Existem duas abordagens ao método, onde ambas não envolvem necessariamente o preenchimento completo da fissura. Primeiramente, o método de selagem é uma técnica de vedação dos bordos das fissuras ativas, utilizando material necessariamente aderente, resistente mecânica e quimicamente, não retrátil e com módulo de elasticidade apropriado à movimentação da fenda (SOUZA, RIPPER, 1998). A segunda abordagem será a expansão da técnica, neste trabalho, para a selagem das microfissuras passivas, onde sua fenda tem menor profundidade e espessura.	Produto A	Empresa 1	Poliuretano	Selamento de juntas e fissuras ativas.
			Produto B	Empresa 2	Poliuretano	Estanqueamento de fissuras
			Produto C	Empresa 3	Poliofelina Flexível Modificada (FPO)	Selador líquido spray adequado para selagem de fissuras/juntas submetidas a cargas leves
MRC-AMA	APLICAÇÃO MANUAL DE ARGAMASSA	É o método de reparo por aplicação manual de argamassa tixotrópica, isto é, material que não sofre embarrigamento ou desprendimento do substrato. Empregado em reparos localizados, e superficiais, geralmente	Produto A	Empresa 1	Cimentícia Polimérica	Argamassa / Revestimento de baixa difusibilidade
			Produto B	Empresa 2	Cimentícia	Aplicação em peças estruturais gerais

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DO CONCRETO (Continua)						
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
	(Continua)	em posição horizontal sobre cabeça (QUESADA, 2003).	Produto C	Empresa 3	Cimentícia Polimérica	Argamassa com fibras sintéticas e inibidor de corrosão integrado.
MRC-RS	RESTAURAÇÃO DA SEÇÃO	O método compreende os reparos do concreto que visam trazer a estrutura para a sua forma e função original. Sendo compreendido de forma generalizada, englobando todos os métodos de reabilitação do concreto que preservem ou restaurem a forma do elemento, pode utilizar técnicas auxiliares para a montagem e execução do reparo.	Produto A	Empresa 1	Epóxi	Argamassa
			Produto B	Empresa 2	Cimentício	Aplicação em peças estruturais gerais
			Produto C	Empresa 3	Cimentício Polimérico	Aplicação em peças estruturais gerais.
MRC-AAP	APLICAÇÃO DE ARGAMASSA PROJETADA	O método compreende a aplicação de material de reparo projetado pneumaticamente em alta velocidade sobre o substrato da estrutura existente. O material é composto por argamassa com aditivos ou adições para a melhoria da trabalhabilidade e do desempenho em estado fresco e endurecido.	Produto A	Empresa 1	Cimentício / Polimérico	Argamassa com fibras sintéticas e inibidor de corrosão integrado.
			Produto B	Empresa 2	Cimentício / Polimérico	Reparos em pontes, pilares, vigas e elementos pré-moldados reparos estruturais de áreas internas ou externas e acima ou abaixo do solo.

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DO CONCRETO (Continua)						
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
	(Continua)		Produto C	Empresa 3	Sílica	Adição de sílica - controle de exsudação, melhorar trabalhabilidade, reduzir permeabilidade
MRC-ASA	ADIÇÃO OU SUBSTITUIÇÃO DE ARMADURAS	O método diz respeito a intervenções nas estruturas com caráter de recuperação ou reforço estrutural. As duas situações englobam um projeto e detalhamento adequado, com informações sobre tipo, quantidade, dimensão e posição das barras. Os materiais empregados são armaduras, do tipo especificado ao esforço, e produtos à base de ligantes hidráulicos, de resinas sintéticas ou mistura destes, com consistência pastosa ou fluida para ancorar armaduras de aço em estruturas de concreto.	Produto A	Empresa 1	Epóxi	Ancoragem de barras roscadas / barras de reforço, parafusos e sistemas especiais de fixação.
			Produto B	Empresa 2	Epóxi	Ancoragem de barras de aço.
			Produto C	Empresa 3	Epóxi	Ancoragem de barras de aço e chumbadores.
MRC-CER	COLAGEM DE ELEMENTOS DE REFORÇO	O método diz respeito às intervenções que vão conferir capacidade portante à estrutura sem grandes alterações em sua geometria, por meio da colagem	Produto A	Empresa 1	Fibra de Carbono	Colagem de elementos

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DO CONCRETO (Continua)						
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
	(Continua)	de elementos, sejam eles de concreto, chapas ou perfis metálicos ou mantas e lâminas de fibra de carbono, ligados à estrutura por meio de resinas epoxídicas ou de poliésteres.	Produto B	Empresa 2	Epóxi	Adesivo para colagem estrutural, particularmente reforço estrutural.
			Produto C	Empresa 3	Fibra de Carbono	Tecido feito com fibras de carbono utilizado para aumentar a capacidade de carga de elementos estruturais.

Fonte: Adaptado de David *et al.*, 2020.

2.4.2 Método de reabilitação das armaduras

De acordo com David *et al.* (2020), os métodos de reabilitação das armaduras (Quadro 7), são fundamentais para garantir a integridade das estruturas de concreto armado, onde essas técnicas possibilitam a correção de danos causados pela corrosão e desgaste natural dos materiais garantindo, ao restabelecer a capacidade de carga, a estabilidade e a segurança dos edifícios.

Segundo Ripper *et al.* (1998), a manutenção preventiva por meio da reabilitação reduz a necessidade de intervenções mais onerosas, além disso, promove a sustentabilidade ao preservar os recursos e minimizar resíduos. É de suma importância a atualização constante dos métodos é essencial para acompanhar as evoluções tecnológicas na engenharia.

Os métodos de reabilitação das armaduras tangem intervenções que visam proteger as armaduras do processo corrosivo diretamente, implicando na proteção do sistema estrutural “concreto armado” como um todo.

Quadro 7 - Métodos de reabilitação das armaduras

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DAS ARMADURAS						(Continua)
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
MRA-ACAC	AUMENTO DO COBRIMENTO COM ARGAMASSA OU CONCRETO	O método de aumento de cobrimento visa aumentar as barreiras físicas aos contaminantes ou agentes agressivos do sistema estrutural. Os materiais utilizados são argamassas e concretos contendo ou não adições ou aditivos que confirmem ao ligante maior desempenho no seu estado fresco ou endurecido.	Produto A	Empresa 1	Cimentício	Reparos estruturais em edificações /Revestimento de baixa difusibilidade
			Produto B	Empresa 2	Cimentícia / Aditivos	Reparo de pilares, vigas e lajes de concreto.
			Produto C	Empresa 3	Cimentício / Fibras / Polímeros	Reparos em pontes, pilares, vigas e elementos pré-moldados Reparos estruturais de áreas internas ou externas e acima ou abaixo do solo.
MRA-SCCC	SUBSTITUIÇÃO DE CONCRETO CARBONATADO OU CONTAMINADO	O método consiste na retirada de concreto contaminado ou carbonatado e na aplicação de novo material, que renovará a proteção do elemento contra agentes agressivos. Utiliza-se	Produto A	Empresa 1	Cimentício / Polimérico	Preenchimento de reparos de elementos de concreto nas condições verticais, horizontais e fundo de lajes / vigas;

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DAS ARMADURAS						(Continua)
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
	(Continua)	ligante hidráulico com ou sem adições ou aditivos.	Produto B	Empresa 2	Cimentício / Aditivos	Recomposição de cantos vivos e peças de concreto; Preenchimento de reparos localizados rasos na consistência seca
			Produto C	Empresa 3	Cimentício	Groute
MRA-APE	APLICAÇÃO DE POTENCIAL ELÉTRICO	O método diz respeito à proteção catódica aplicando nas armaduras uma corrente levando-as permanentemente ao potencial de imunidade. São utilizados dispositivos de corrente impressa ou de ânodo de sacrifício.	Produto A	Empresa 1	Ânodo de zinco	Ânodo híbrido para mitigação de corrosão.
			Produto B	Empresa 2	Ânodo de zinco Tipo II	Ânodo de sacrifício de Zinco
			Produto C	Empresa 3	Composto de liga de zinco	Ânodo de sacrifício de Zinco

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DAS ARMADURAS						(Continua)
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
MRA-RB	REVESTIMENTO COM BARREIRA	O método consiste no revestimento das armaduras com elemento que forme uma barreira impedindo a água dos poros contendo cloretos e outros contaminantes de alcançar as armaduras. Sua eficácia depende da capacidade do revestimento de isolar a armadura do ambiente local, portanto é necessário que haja continuidade em sua extensão.	Produto A	Empresa 1	Cimento, resina acrílica e inibidor de corrosão.	Em armaduras em processo de corrosão de estruturas de concreto, que estão sendo tratadas nos serviços de reparo e reforço estrutural.
MRA-RI	REVESTIMENTO COM INIBIDOR	O método consiste na aplicação superficial de materiais inibidores, ou seja, que atuam como agentes químicos que desencorajam a formação de regiões anódicas na armadura, formados por produtos à base de nitritos, benzoatos e aminoálcois. Sua eficiência depende da capacidade do produto de revestir a superfície da armadura.	Produto A	Empresa 1	Poliuretano	Aplicado sobre a armadura.
			Produto B	Empresa 2	Cimentício	Aplicado sobre a armadura

MÉTODO DE REABILITAÇÃO DAS ARMADURAS						(Continua)
LEGENDA	MÉTODO DE REABILITAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO INDICADO	MARCA	BASE QUÍMICA	APLICAÇÃO
MRA-RCCD	REALCALINIZAÇÃO DO CONCRETO CARBONATADO POR DIFUSÃO	O método consiste em elevar o pH do concreto carbonatado por meio de difusão de soluções alcalinas por ação capilar e forças hidráulicas, sem aplicação de campo elétrico e de fluxo de corrente. A sua eficácia depende da adequada absorção das soluções em seus poros capilares e das reações entre as soluções alcalinas e os elementos contidos na água presente no concreto	Produto A	Empresa 1	Nitrogênio / Orgânico / Amino alcoóis e sais de amino alcoóis.	Aplicação sobre a superfície do concreto por impregnação.
			Produto B	Empresa 2	Orgânico / Amino alcoóis e sais de amino alcoóis.	Aplicação sobre a superfície do concreto por impregnação.
			Produto C	Empresa 3	ICM (Organo – aquil silanos)	Aplicação sobre a superfície do concreto, em camadas, por impregnação.

Fonte: Adaptado de David *et al.*, 2020.

2.5 Métodos de reforço de estruturas

Os métodos de reforço de estruturas são essenciais para garantir a segurança e a viabilidade econômica de obras de recuperação. Ao adotar técnicas como o uso de materiais compósitos (fibras de carbono), aumento de seções ou injeção de resinas, é possível restaurar e até melhorar a capacidade de carga das estruturas, prevenindo riscos de colapso e assegurando a integridade dos edifícios.

De acordo com Ripper *et al.* (2013), a recuperação e o reforço de estruturas de concreto não são apenas medidas corretivas, mas estratégias indispensáveis para assegurar a integridade das edificações, conciliando segurança e economia na preservação do patrimônio construído.

Do ponto de vista econômico, essas intervenções frequentemente se mostram mais vantajosas do que a demolição e reconstrução, pois reduzem os custos, o tempo de obra e os impactos ambientais, representando uma solução sustentável e eficiente para prolongar a vida útil das construções.

O Quadro 8 apresenta, em resumo, os principais métodos de reforço de estruturas.

Quadro 8 - Principais métodos de reforço de estruturas

(continua)

MÉTODO	LEGENDA	DESCRIÇÃO
Reforço por Aumento de Seção (RAS)	RAS-ECA	Encamisamento com Concreto Armado (ECA): Consiste na aplicação de uma nova camada de concreto armado sobre elementos estruturais (pilares, vigas, lajes). Essa técnica aumenta a área efetiva e, conseqüentemente, a capacidade de carga e rigidez do elemento.
	RAS-CM	Chapeamento Metálico (CM): Utiliza placas de aço fixadas à estrutura existente para reforçar a resistência, sendo muito utilizada em vigas e pilares.

(continua)

MÉTODO	LEGENDA	DESCRIÇÃO
Reforço com Materiais Compósitos	RMC	Utiliza fibras (como carbono, vidro ou aramida) incorporadas a resinas epóxi para formar laminados que são aplicados sobre a estrutura. Por serem leves e de alta resistência, os compósitos melhoram a capacidade de suportar forças de tração e flexão sem adicionar peso excessivo, mantendo ou até aumentando a segurança contra deformações e falhas progressivas.
Reforço por Protensão Adicional	RPA	Envolve a instalação de cabos de aço tensionados dentro dos elementos estruturais (como vigas e lajes), que atuam para reduzir as tensões internas e redistribuir as cargas. A protensão minimiza fissuras e deformações excessivas, permitindo que a estrutura responda de forma mais robusta a esforços dinâmicos e imprevistos, o que é essencial em edificações sujeitas a cargas variáveis.
Reforço por Adição de Elementos Estruturais	RAEE	Consiste na inclusão de novos elementos, como pilares, vigas ou sistemas de contraventamento, que auxiliam na redistribuição das cargas e no controle dos deslocamentos laterais. Essa abordagem melhora a estabilidade global da edificação, especialmente contra forças laterais (como ventos intensos e terremotos), reduzindo o risco de colapso e ampliando a capacidade de absorver e distribuir esforços.

Fonte: Autor, 2025.

Cada método apresenta vantagens específicas e a escolha da técnica ideal depende das condições da estrutura, do tipo de carga que se deseja reforçar e do diagnóstico realizado. A aplicação correta desses reforços é determinante para a segurança das edificações, contribuindo para a prevenção de acidentes e garantindo a longevidade das construções.

3 FERRAMENTAS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

3.1 Conduta de inspeção e manutenção de edificações

A ABNT (2020), define a inspeção predial como um processo técnico para avaliar as condições de uma edificação, verificando aspectos estruturais, sistemas elétricos, hidrossanitários, entre outros, a fim de garantir sua segurança e funcionalidade.

Segundo a ABNT (2020), a inspeção predial é um processo técnico que visa avaliar o estado de conservação, uso e manutenção da edificação. Desta forma ela estabelece diretrizes para a inspeção predial, com o objetivo de assegurar a segurança, funcionalidade e a valorização dos imóveis.

A inspeção predial é um procedimento essencial para garantir a segurança, a funcionalidade e a conservação das edificações. Por meio dela, é possível identificar falhas estruturais, problemas elétricos, hidrossanitários e outros fatores que podem comprometer a vida útil do imóvel. Além disso, auxilia na prevenção de acidentes, reduzindo riscos para os usuários e evitando custos elevados com reparos emergenciais. De maneira direta, a inspeção predial contribui para o cumprimento das normas técnicas e a valorização do patrimônio. Dessa forma, a inspeção predial é uma ferramenta fundamental na gestão e manutenção de edificações, promovendo sustentabilidade e bem-estar aos ocupantes.

De acordo com Silva (2013), a ausência de inspeção predial periódica compromete a segurança da edificação podendo gerar custos elevados para recuperação estrutural quando o dano já está em estágio avançado.

Melo (2016) destaca que a inspeção predial deve seguir diretrizes normativas para avaliar o desempenho da edificação, identificando falhas construtivas, desgastes naturais e riscos estruturais.

Segundo a ABNT (2020), a inspeção predial deve considerar aspectos como segurança, desempenho, habitabilidade, sustentabilidade e manutenção da edificação, proporcionando subsídios para a gestão patrimonial e a tomada de decisões sobre intervenções necessárias.

De acordo com a ABNT (2020, p. 6), especificamente a NBR 16747 (ABNT, 2020) apresenta o processo de inspeção predial, envolvendo as seguintes etapas:

- a) levantamento de dados e documentação;
- b) análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados;
- c) anamnese para a identificação de características construtivas da edificação, como idade, histórico de manutenção, intervenções, reformas e alterações de uso ocorridas;
- d) vistoria da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes;
- e) classificação das irregularidades constatadas;
- f) recomendação das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos da edificação afetados por falhas de uso operação ou manutenção, anomalias ou manifestações patológicas constatadas e/ou não conformidade com a documentação analisada (considerando, para tanto, o entendimento dos mecanismos de deterioração atuantes e as possíveis causas das falhas, anomalias e manifestações patológicas);
- g) organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial;
- h) avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674;
- i) avaliação do uso;
- j) redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

De acordo com a ABNT (2020), no que se refere ao desenvolvimento das etapas citadas anteriormente, estas devem ser planejadas conforme o tipo da edificação, considerando suas características construtivas, idade da construção, instalações, equipamentos e qualidade da documentação entregue ao profissional habilitado.

No que se refere à manutenção de edificações, ela desempenha um papel vital na construção civil, pois garante a integridade e a segurança das estruturas ao longo do tempo. Por meio de ações preventivas e corretivas, é possível identificar e solucionar problemas antes que se agravem, evitando reparos emergenciais e custos elevados. Essa prática contribui para a durabilidade dos empreendimentos, mantendo

a qualidade e a eficiência das obras. Além disso, a manutenção regular promove a conformidade com normas técnicas, assegurando ambientes seguros e confortáveis para os usuários. Desta forma, investir na manutenção é, portanto, essencial para preservar o patrimônio, aumentar o valor dos imóveis e fomentar a sustentabilidade na construção civil.

Segundo Pereira (2021), a norma NBR 5674 (ABNT, 2012) estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações, que inclui meios para preservar as características originais da edificação.

Segundo a ABNT (2012), a manutenção das edificações deve ser planejada e realizada de forma a garantir a segurança, funcionalidade e durabilidade dos sistemas construtivos.

A NBR 5674 (ABNT, 2012) destaca que é fundamental que as edificações passem por manutenções periódicas, uma vez que não podem ser consideradas bens descartáveis.

A ABNT (2012) estabelece que a gestão da manutenção deve considerar diretrizes que envolvem inspeção, diagnóstico, planejamento e execução de ações preventivas e corretivas.

De acordo com Pereira (2021), a norma NBR 5674 (ABNT, 2012) serve como um guia essencial para síndicos e gestores na manutenção adequada de edificações, garantindo a preservação do patrimônio e a segurança dos usuários. No que diz respeito ao registro das manutenções executadas, a norma enfatiza a importância de documentar todas as atividades de manutenção para garantir a rastreabilidade e o cumprimento das diretrizes técnicas.

Segundo a ABNT (2012), os serviços de manutenção devem ser executados por profissionais qualificados, seguindo diretrizes técnicas e de segurança estabelecidas.

Desta forma, a ABNT (2012), informa que devem ser previstas ações de manutenção preventiva e corretiva, visando a durabilidade dos elementos construtivos e a redução de custos com reparos emergenciais.

No que se refere à forma de execução da manutenção, a ABNT (2012) define que a manutenção das edificações deve ser estruturada em planos de curto, médio e longo prazo, garantindo a preservação do desempenho dos sistemas e componentes da construção.

Neste aspecto, de acordo com a ABNT (2012), a implementação de um sistema de gestão da manutenção deve incluir inspeções periódicas, diagnósticos técnicos e ações corretivas planejadas para evitar deterioração precoce da edificação.

3.2 Método de Ishikawa

Segundo Wikipedia (2025), método de Ishikawa ou popularmente conhecido como diagrama de causa e efeito, é amplamente reconhecido e validado para a identificação de causas raiz de problemas, sendo considerado uma ferramenta da qualidade que auxilia na investigação das causas que originam um problema, analisando todos os elementos que compõem a execução do processo. Neste aspecto, essa metodologia de análise foi proposta por Kaoru Ishikawa em 1960, sendo esta pertencente ao método de análise e solução de problemas, permitindo a organização das informações de maneira clara e objetiva, possibilitando de maneira efetiva a identificação das causas do problema.

Segundo Ishikawa (1985), no processo de controle de qualidade, o uso do diagrama de causa e efeito permite identificar, sistematicamente, as possíveis causas de um problema, proporcionando uma abordagem visual e organizada para a resolução de problemas. Diante disso, pode-se destacar que a parte mais importante do controle de qualidade é a prevenção. Sendo o diagrama de causa e efeito uma ferramenta poderosa para esse propósito. Neste aspecto, é possível destacar a importância do diagrama de Ishikawa na prevenção de problemas, o que é crucial para a gestão da qualidade.

Segundo Werkema (1995), o diagrama de Ishikawa é considerado uma ferramenta visual, utilizada na demonstração da relação existente entre as causas possíveis que levaram ao resultado de um processo, sendo destacado o efeito e os possíveis componentes que modificaram o resultado do processo investigado.

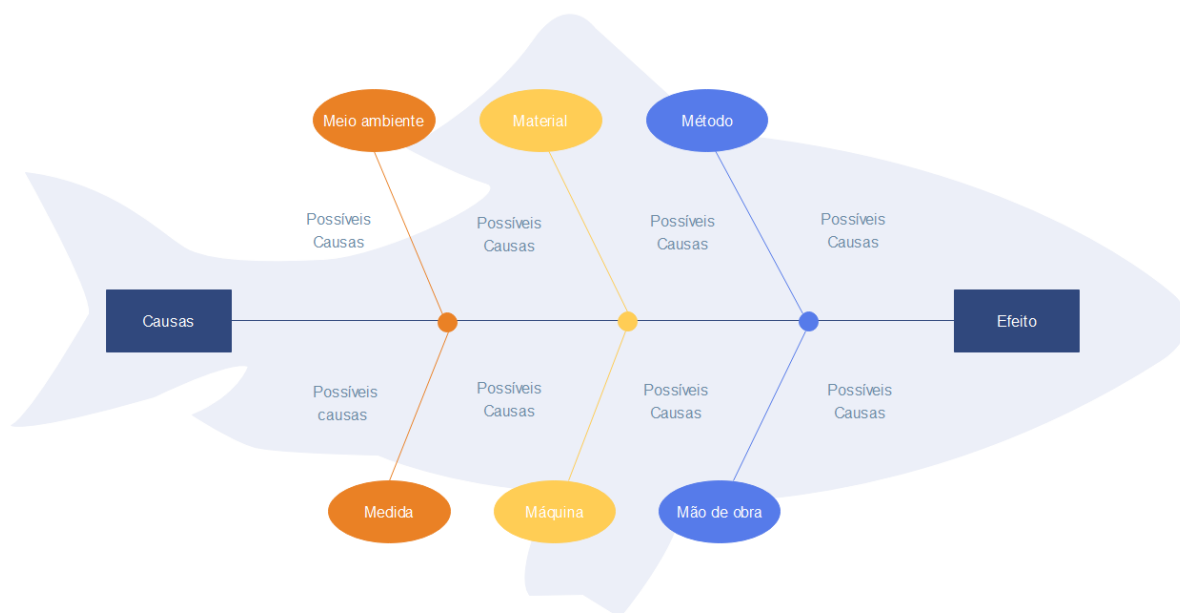
Nesse contexto, a aplicação do método de Ishikawa apresenta-se como uma ferramenta estratégica, pois possibilita a identificação sistemática das causas subjacentes às patologias, organizando os fatores em categorias que facilitam a compreensão dos processos de deterioração. A utilização deste método, aliada ao rigor metodológico e normativo proporcionado pelas diretrizes da ABNT e pelas

orientações do IBAPE, garante que os diagnósticos e as intervenções estejam fundamentados em parâmetros técnicos e científicos reconhecidos, aumentando a confiabilidade dos resultados e a eficácia das correções.

No que se refere a estrutura do diagrama de causa e efeito ou diagrama de espinha de peixe (Figura 18), consiste no seguinte processo:

- Cabeça do Peixe: Representa o problema principal ou o efeito que está sendo analisado.
- Espinha Dorsal: Linha horizontal que liga a cabeça do peixe às possíveis causas.
- Ramos Principais: Categorias de causas que contribuem para o problema. As categorias comuns incluem:
 - Máquinas (Equipamentos): Problemas relacionados ao maquinário ou equipamentos utilizados.
 - Métodos (Processos): Procedimentos ou métodos que podem estar causando o problema.
 - Materiais: Qualidade ou disponibilidade de materiais que influenciam o problema.
 - Mão de Obra (Pessoas): Fatores humanos, como treinamento, habilidades e atitudes.
 - Meio Ambiente: Condições ambientais que podem estar afetando o problema.
 - Medição (Controle): Sistemas de medição ou controle que podem estar inadequados.

Figura 18 – Diagrama de Causa e efeito



Fonte: Autor, 2025.

De acordo com Werkema (1995), de forma a ser possível a execução do diagrama, devem ser seguidas as seguintes etapas:

- Definir o problema a ser estudado e o que se deseja obter.
- Conhecer o processo envolvido através de observação, documentação, troca de ideias com pessoas envolvidas.
- Realizar a reunião com os profissionais envolvidos no processo e discutir o problema, é importante incentivar todos os envolvidos a exporem suas opiniões sobre o problema.
- Após coletar todas as informações, organizá-las em: causas principais, secundárias, terciárias, eliminando informações sem importância.
- Montar o diagrama, e conferir com todos a representação da situação atual.
- Marcar aquilo que é mais importante para obter o objetivo que se pretende alcançar.

3.3 Mapa de danos

O mapa de danos aplicado a edificações é uma ferramenta gráfica que representa a localização, a extensão e a gravidade dos danos sofridos pelas construções após adquirir manifestações patológicas ou até mesmo eventos adversos, como terremotos ou tempestades. O mapa de danos das edificações também é utilizado de outras formas em obras civis, sendo essa representação visual utilizada para facilitar a identificação das áreas críticas, permitindo que as equipes de emergência e os gestores públicos priorizem as intervenções necessárias.

Segundo diretrizes da FEMA (2001), o mapeamento de danos envolve a avaliação rápida e sistemática dos edifícios para classificar os níveis de comprometimento estrutural e não estrutural, fornecendo subsídios para a tomada de decisão em situações emergenciais.

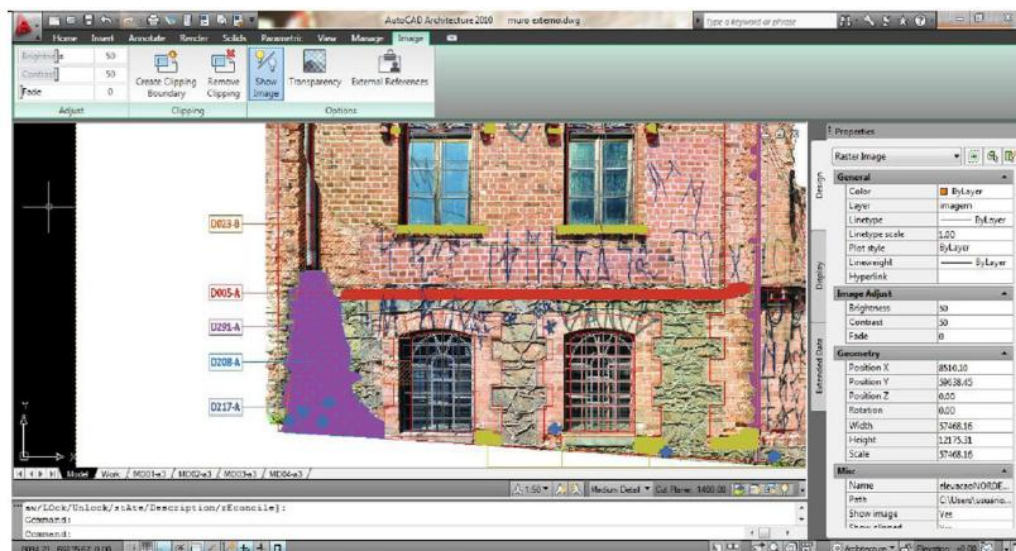
O NIST (2003) destaca que o registro dos danos por meio de mapas possibilita uma análise detalhada dos riscos, contribuindo para a definição de estratégias de reparo e mitigação dos efeitos futuros, além de auxiliar na documentação para futuras análises e reconstruções. Essa abordagem integrada é fundamental para melhorar a eficiência do atendimento pós-desastre e promover uma recuperação ordenada e segura.

Neste aspecto, quando tratamos do mapeamento das manifestações patológicas em edificações históricas, esta não trata apenas do aspecto estético da edificação, mas também da segurança de seus usuários como um todo.

Além disso, a incorporação de tecnologias digitais, como o mapeamento dos danos através do AutoCAD, permite uma visualização detalhada das áreas afetadas, promovendo uma comunicação mais eficaz entre os profissionais envolvidos.

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) também utiliza o AutoCAD para a criação de mapas de danos de manifestações patológicas, tendo se consolidado como uma ferramenta essencial no registro de dados, auxiliando de maneira efetiva a preservação do patrimônio histórico (Figura 19). Essa tecnologia permite a elaboração de representações gráficas detalhadas e precisas das áreas afetadas, facilitando a identificação, a quantificação e o acompanhamento das patologias que comprometem a integridade estrutural das edificações.

Figura 19 - Detalhe de um registro da extensão dos danos da estrutura no arquivo CAD



Fonte: Correa, 2011.

Tendo em vista que o Brasil não possui uma norma ABNT específica e exclusiva para a elaboração de mapas de danos em edificações, alternativamente existe a Comissão Normal (Normativa per Manufatti Lapidei), criada em 1979 por iniciativa do Instituto Central de Restauração (ICR), Itália, e do Conselho Nacional de Pesquisa (CNR-IT), Itália, com objetivo de elaborar métodos unificados de estudo das alterações de materiais de pedra e de acompanhamento da eficácia dos tratamentos para a preservação de artefatos de interesse histórico e artístico.

A norma UNI 11182 (UNI, 2006) define para cada patologia a parâmetros de “pedras naturais” ou “pedras artificiais”, uma nomenclatura e uma definição padrão, exemplificando com fotografias as características dos fenômenos a que se refere.

A principal diferença entre esta norma UNI e sua correspondente antecessora (a Norma 1/88) é que a norma anterior, além da nomenclatura e dos exemplos, determinava ainda um padrão de hachura para a representação das patologias em mapas de danos. A hachura, embora não conste mais na UNI 11182 (UNI, 2006), ainda é muito utilizada para a indicação de danos em desenhos na Itália e em outros países europeus. Pode-se dizer que a representação gráfica das alterações arquitetônicas com hachuras constitui-se na norma de fato e não a exceção no âmbito do registro das vicissitudes e processos degenerativos das arquiteturas históricas.

Outra forma de representar o mapa de danos é o proposto por Achiamé *et al.* (2017), onde representa uma contribuição significativa para a área de diagnóstico e documentação das patologias em edificações.

A seguir, serão apresentados alguns pontos fundamentais:

- Abordagem integrada e visual

Enquanto a UNI 11182 (UNI, 2006) fornece diretrizes padronizadas para a classificação e documentação de danos, Achiamé *et al.* (2017) enfatiza uma abordagem visual que facilita a compreensão dos problemas.

Segundo Achiamé *et al.* (2017) o uso de mapas e diagramas permite uma representação mais intuitiva e detalhada das manifestações patológicas, o que pode auxiliar profissionais a identificar rapidamente áreas críticas e a planejar intervenções específicas.

A obra não se limita apenas à mensuração dos danos, mas também propõe uma interpretação gráfica que une rigor técnico e sensibilidade estética, aspecto crucial em projetos de restauro que envolvem patrimônios culturais e históricos.

- Flexibilidade e contextualização

A norma UNI 11182 (UNI, 2006) tem um caráter normativo, ideal para processos de inspeção em larga escala. Em contrapartida, o livro oferece diretrizes que podem ser ajustadas a diferentes contextos e particularidades de cada edificação, permitindo uma análise mais aprofundada das condições específicas e dos desafios que cada projeto de restauro apresenta. Ao proporcionar uma metodologia que integra a avaliação visual com critérios técnicos, a obra contribui para a identificação precoce de problemas, favorecendo estratégias de manutenção e intervenções corretivas que prolonguem a vida útil das edificações.

- Complementaridade e inovação

Embora a UNI 11182 (UNI, 2006) ofereça uma base sólida para a padronização dos diagnósticos, o livro serve como um complemento valioso, trazendo inovações

que podem ser adaptadas aos requisitos normativos internacionais, enriquecendo a prática dos profissionais de restauro.

Outro aspecto que pode-se destacar é a clareza e a riqueza dos elementos gráficos apresentados na obra facilitando a comunicação entre arquitetos, engenheiros, historiadores da arte e outros especialistas envolvidos no processo de restauro, o que é essencial para a execução de projetos complexos.

3.4 Aplicação do software Bizagi no processo de tratamento de manifestações patológicas

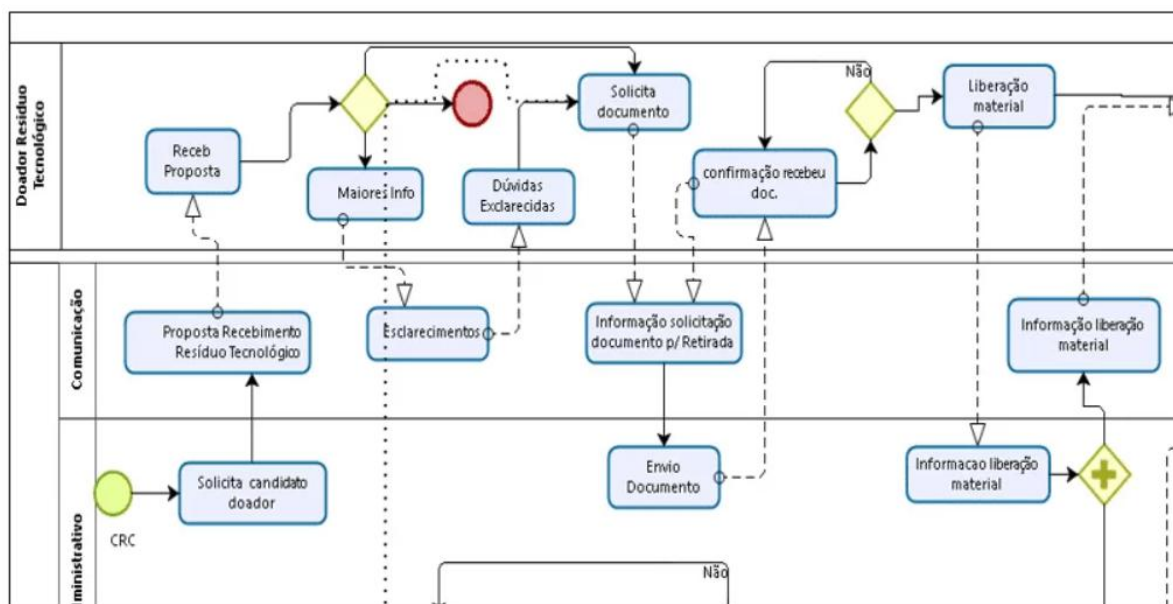
Segundo Bizagi (2020), o software Bizagi possibilita a modelagem visual e intuitiva dos processos empresariais, facilitando a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria.

De acordo com Bizagi (2020), a metodologia deste software se apresenta como uma ferramenta essencial para a visualização e o redesenho de processos empresariais, oferecendo uma abordagem prática que integra a modelagem teórica com a aplicação em ambientes corporativos, contribuindo para a melhoria contínua dos processos internos.

“Essa ferramenta facilita a identificação de ineficiências e a implementação de soluções ágeis para a gestão dos processos” (Bizagi, 2020, s.p.).

O método Bizagi tem se mostrado eficaz na modelagem de processos, permitindo uma análise detalhada das atividades e contribuindo para a otimização dos fluxos de trabalho (Figura 20).

Figura 20 - Exemplo de uma rotina de fluxo de atividades feito no Bizagi



Fonte: Núcleo do Conhecimento, 2016.

Neste aspecto, a metodologia Bizagi também pode ser utilizada para o gerenciamento do fluxo de processos necessários para a restauração de edificações antigas, pois oferece uma visão clara e estruturada dos fluxos de trabalho. Desta forma ao modelar os processos, possibilita identificar gargalos e otimizar etapas críticas, assegurando a execução precisa e eficiente das intervenções.

Além disso, a ferramenta integra diversas áreas envolvidas no projeto, promovendo uma comunicação efetiva entre os profissionais. Esse ambiente colaborativo contribui efetivamente para que todos os profissionais envolvidos no processo de recuperação da edificação possam participar de maneira ativa.

Outro aspecto importante é o registro documental padronizado que o Bizagi proporciona, armazenando todas as informações desde o planejamento até a execução das atividades. Essa documentação digital não só facilita a rastreabilidade e a transparência das ações, mas também serve como referência para manutenções futuras e avaliações de desempenho da edificação.

Em suma, a utilização do Bizagi potencializa a eficiência dos processos e fortalece o controle das atividades, contribuindo significativamente para a restauração e preservação de edificações históricas.

4 METODOLOGIA

De acordo com Bezzon (2005), no que se refere ao processo metodológico, este deve expor os meios e as técnicas fundamentais para alcançar os objetivos da pesquisa. É de suma importância relatar como a pesquisa será realizada, identificando a “localidade” onde os dados ou informações serão obtidos, as ferramentas utilizadas na coleta, o período de observação ao objeto, assim como também o cronograma das atividades planejadas.

Para fins diagnósticos, foi elaborada uma metodologia das atividades a serem desenvolvidas na inspeção da edificação. A representação esquemática da metodologia adotada é apresentada na Figura 21.

Figura 21 – Organograma da metodologia adotada



Fonte: Autor, 2025.

Ao decorrer da metodologia deste trabalho será descrito a tipologia adotada para a pesquisa, os procedimentos metodológicos escolhidos, respeitando os procedimentos normativos da ABNT.

4.1 Tipologia da pesquisa

Gil (2008) define a tipologia da pesquisa a partir de sua natureza, objetivos e procedimentos, destacando que "as pesquisas podem ser classificadas em exploratórias, descritivas e explicativas, dependendo do nível de aprofundamento da investigação".

Vergara (2015) afirma que a tipologia da pesquisa pode ser estabelecida a partir de dois critérios: quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins, pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa; quanto aos meios, pode abranger pesquisa bibliográfica, documental, estudo de caso, pesquisa de campo, entre outras.

Para o desenvolvimento deste trabalho, será feita a classificação de pesquisa abordada por Silveira *et al.* (2009), devendo ser a pesquisa classificada quanto à abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

No que se refere à abordagem, a presente pesquisa é caracterizada como qualitativa. A pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, mas o ambiente natural é fonte direta para a coleta de dados do pesquisador (Prodanov, Freitas, 2013).

4.2 Objeto do estudo de caso

A edificação em análise pertence ao Tribunal de Justiça Administrativo pertencente ao Estado de Alagoas. Esta edificação possui uma grande notoriedade para a história do município de Maceió, especialmente, no que se refere ao contexto sociocultural maceioense.

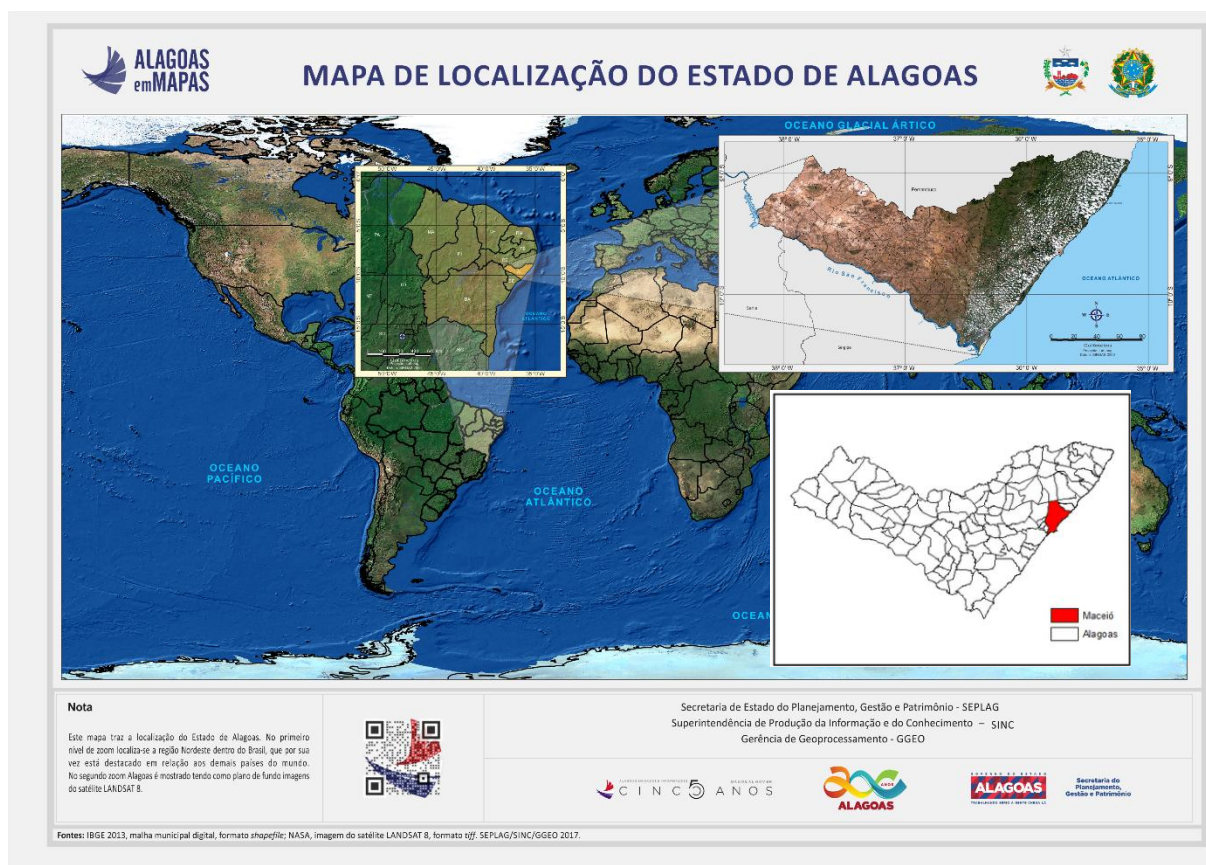
4.2.1 Localização geográfica da edificação em estudo

Para a correta identificação da edificação, foi utilizado o mapa de localização (Figura 22) e (Figura 23).

A edificação possui uma distância de aproximada de 960,00 metros (Figura 24) da praia da avenida em Maceió, onde de acordo com a ABNT (2014), a estrutura é classificada com um grau de agressividade ambiental muito forte (Classe IV).

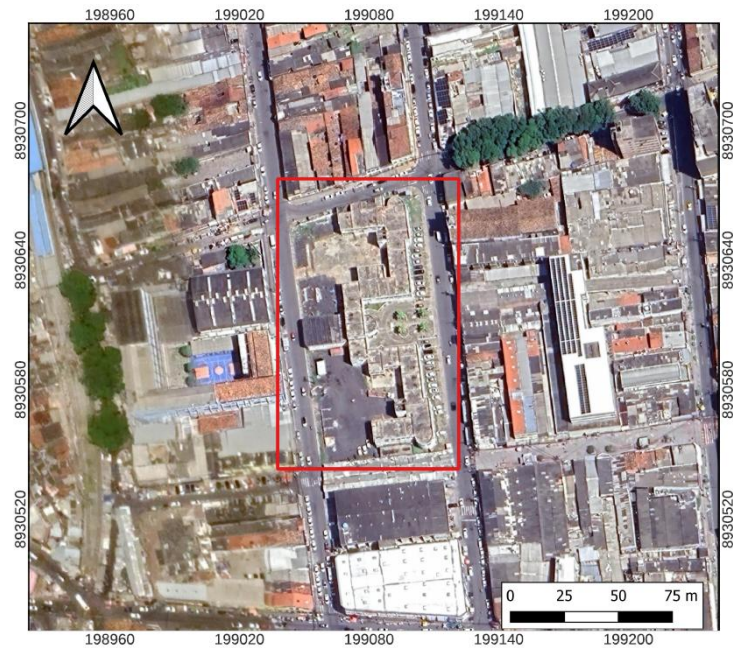
Essa classificação se deve à alta concentração de cloretos presentes no ambiente marítimo, que podem acelerar o processo de corrosão das armaduras de concreto armado, exigindo o uso de medidas especiais de proteção, como concretos de maior resistência, cobrimentos adequados e técnicas adequadas de impermeabilização.

Figura 22 – Mapa de localização do Estado de Alagoas destacando o município de Maceió



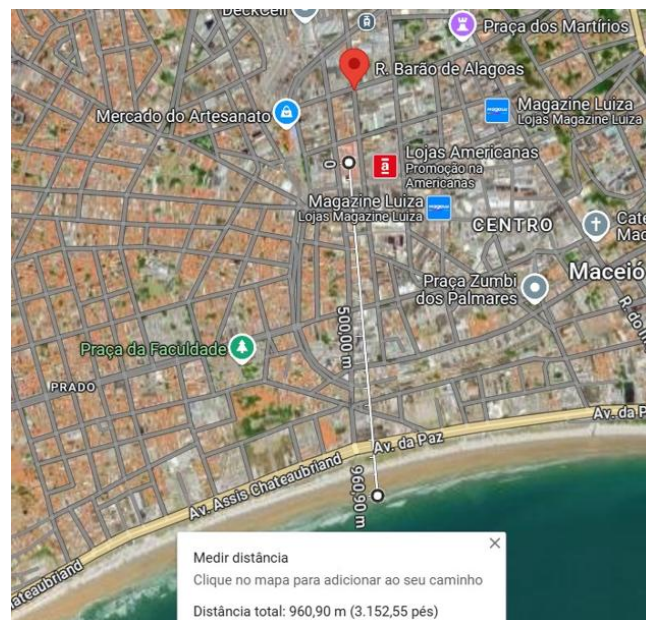
Fonte: Secretaria De Estado Do Planejamento, Gestão E Patrimônio De Alagoas, 2017.

Figura 23 – Mapa de localização da edificação do TJAL adm.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 24 – Distância da edificação a praia da avenida em Maceió



Fonte: Google, 2025.

4.2.2 Histórico sociocultural da edificação

De acordo com Ticianeli (2018), o local já abrigou o antigo “mercado modelo” de Maceió no ano de 1848, conhecido popularmente como o prédio do Mercado Velho, este apresentava um belo estilo colonial, com espessas paredes, fortes grades e portões de ferro presos em bonitos portais em arco (Figura 25).

Figura 25 - Mercado Modelo de Maceió em 1848



Fonte: História de Alagoas, 2018.

“Foi construído pelo presidente da Província João Capistrano Bandeira de Melo e inaugurado em 1º de novembro de 1848. Em 1902 foi praticamente reconstruído pelo intendente José de Barros Wanderley de Mendonça”. (Ticianeli, 2018, n.p.).

De acordo com Ticianeli (2018), o mercado apresentava duas frentes. Uma olhava para um grande pátio, limitado na frente pelo trecho da rua Augusta, compreendido entre o sobrado do dr. Eduardo Porto e a residência do dr. Chaves. No lado da rua da Floresta (atual rua Fernandes de Barros), ocupado hoje pelo Colégio São José, existia um grande sítio, onde o prof. Higino Belo instalara seu conceituado Colégio 11 de janeiro, em homenagem ao dia de seu aniversário. E, no lado da rua do Alecrim, a Igreja de São Benedito.

“Também pode-se destacar, que a partir de 1960, já com a denominação de Colégio Estadual de Alagoas (Figura 26), o Liceu ocupou o prédio que foi

construído para o Instituto de Educação na Rua Barão de Alagoas”. (Ticianeli, 2018, n.p.).

Figura 26 - Liceu Alagoano no ano de 1960.



Fonte: História de Alagoas, 2018.

Diante disso, o local abrigou a antiga Secretária de Educação do Estado de Alagoas, aproveitando boa parte da arquitetura existente do Liceu Alagoano (Figura 27).

Figura 27 - Antiga secretária de educação do Estado de Alagoas em 2014.



Fonte: História de Alagoas, 2018.

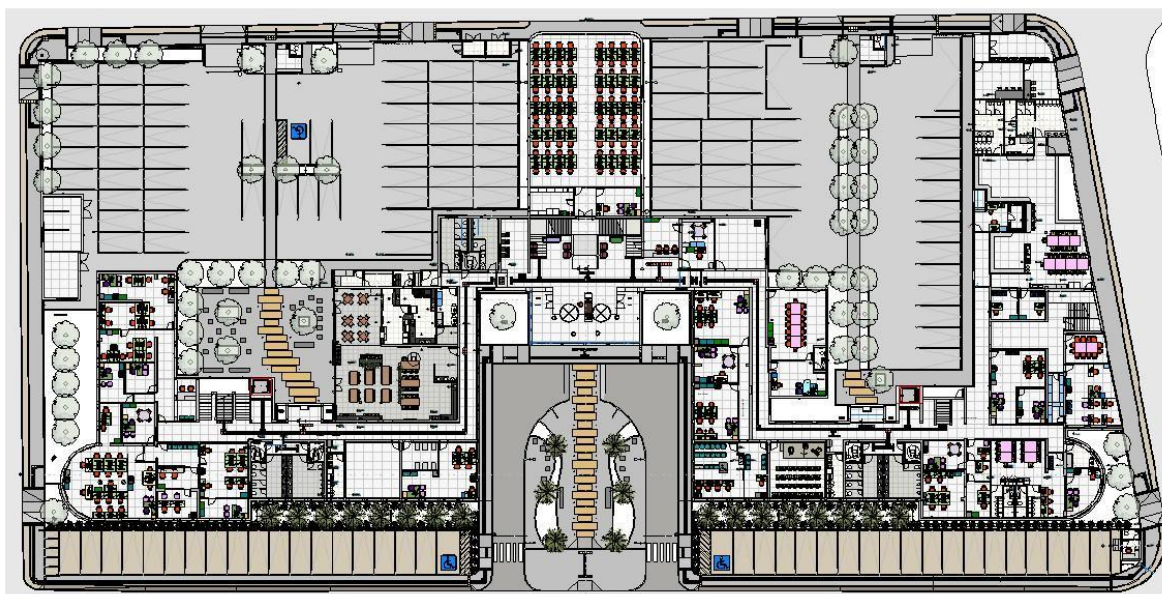
No processo de concepção arquitetônica do Tribunal de Justiça Administrativo (Figura 28), objetivando conservar a arquitetura existente, foi desenvolvido o projeto arquitetônico que buscasse dialogar com a arquitetura moderna, enquanto respeita a arquitetura do passado, interferindo o mínimo possível na arquitetura existente (Figura 29).

Figura 28 - Futuro TJ Administrativo.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 29 - Planta baixa do projeto arquitetônico do TJ administrativo.



Fonte: DINFRA TJAL, 2023.

Sob a ótica estrutural, a edificação demandou adequações para atender às novas solicitações atuantes, exigindo intervenções como o reforço estrutural, entre outras medidas corretivas, a fim de garantir o desempenho adequado da estrutura.

4.2.3 Histórico documental

Para a investigação documental, as informações a respeito da edificação, bem como das intervenções da manutenção, foram acessadas através de documentos e arquivos disponibilizados no sistema digital intranet da Diretoria de Infraestrutura de Obras e Serviços (DINFRA).

Segundo a Gazeta de Alagoas (2022), o Poder Executivo fica autorizado a adotar as providências necessárias à efetivação de doação ao Poder Judiciário do Estado de Alagoas de imóvel constituído por um prédio sob o nº 141, situado na Rua Barão de Alagoas, no Centro do Município de Maceió, registrado sob o nº 20.516 no 2º Cartório de Registro de Imóveis da Capital.

De acordo com o projeto básico de engenharia do TJAL, disponibilizado pelo DINFRA (2024), justifica-se a reforma visto que o prédio doado não possui a infraestrutura necessária, como rede de água, esgoto, instalações elétricas, de dados, refrigeração de ambientes, estacionamento, além de espaço adequado ao fim a que se destina.

Diante disso, são necessárias diversas adaptações e reformas para atender o funcionamento das atividades administrativas do TJAL, além de adaptação às normas de acessibilidade e sistemas de combate a incêndio e pânico, sendo somente aproveitado as alvenarias e cobertas, a fim de ser restaurado pelo valor histórico do prédio em questão.

A situação das instalações prediais e estrutura física descritas nos laudos e relatórios técnicos traz a conclusão da necessidade de reforma de todo prédio antes de sua ocupação, em especial no que compete à conservação das estruturas, bem como lajes e pisos que estão expostos às intempéries.

De acordo com DINFRA (2024), os serviços de engenharia a serem executados são considerados de baixa complexidade técnica (a exemplo, reposição e levante de

alvenarias, revestimentos, instalações hidrossanitárias e elétricas prediais, assentamento de portas e esquadrias, pinturas, entre outros), de projetos arquitetônicos dentro do padrão do Tribunal de Justiça de Alagoas.

Pela descrição, o prédio tem 6.618,19 m² de área construída, constituído por paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos rebocados e pintados com tinta látex; esquadrias de madeira, ferro, ferro com vidro, alumínio com vidro e vidro; cobertura com estrutura de madeira; lajes impermeabilizadas pré-moldada plana e inclinada; telhas cerâmica e de fibrocimento e instalações elétricas e hidrossanitárias funcionando (Gazeta de Alagoas, 2022, n.p.).

De acordo com G1 (2022), o antigo prédio da Secretaria de Estado da Educação (SEDUC), localizado na Rua Barão de Alagoas, no centro de Maceió, foi desativado em 2012 devido à necessidade de reformas. Na época, estimou-se um investimento de R\$1,9 milhão para a recuperação do edifício, que não recebia reformas há duas décadas. No entanto, essa obra nunca foi realizada.

Em 2016, foram iniciados alguns serviços de manutenção, incluindo limpeza e pequenos reparos, mas a reforma completa não foi concretizada.

Em 2022, o governo de Alagoas autorizou a doação do imóvel ao Tribunal de Justiça do Estado de Alagoas (TJAL). “Após a doação, técnicos do TJAL realizaram vistorias para avaliar a estrutura do prédio e planejar futuras reformas para abrigar setores administrativos do Judiciário” (G1, 2022, n.p.).

Diante disso, não há registros públicos detalhados sobre reformas ou manutenções significativas realizadas no antigo prédio da SEDUC antes de sua desativação em 2012, assim como também o TJ AL não possui as informações de manutenção anteriores da edificação.

4.2.4 Registro fotográfico da edificação

No que se refere ao objetivo do estudo, foi feita a escolha dos principais tipos de estrutura sendo elas: lajes, vigas, pilares e fachadas, sendo feita a escolha das estruturas mais danificadas e com o maior número de manifestações patológicas.

Diante disso, foi feito o direcionamento do estudo para os blocos de salas identificados no Quadro 9:

Quadro 9 - Registro fotográfico das principais estruturas da edificação**Tipo de estrutura: Laje e piso**

(Continua)

Figura 30 - Panorama geral da laje técnica e fachada	Figura 31 – Vista aérea laje técnica
	
Fonte: TJAL, 2023.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
A imagem apresenta uma visão geral das lajes técnicas e da fachada principal, permitindo a avaliação do seu estado de conservação.	Nesta imagem pode-se observar a vista aérea da laje técnica e seu estado de conservação. Esta imagem será apresentada no mapa de danos.

(Continua)

Figura 32 - Piso com a presença de vegetação	Figura 33 - Laje técnica
	
Fonte: TJAL, 2023.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
A imagem apresenta o piso de uma das salas da edificação com a presença de vegetação e outras manifestações patológicas a serem investigadas.	A imagem apresenta a laje com a presença de manifestações patológicas que oferecem risco à vida.

(Continua)

Figura 34 – Laje treliçada	Figura 35 - Laje de concreto armado
	
Fonte: Autor, 2024.	Fonte: Autor, 2024.

Observações	Observações
A Imagem mostra a laje treliçada com preenchimento em uma das salas no andar térreo com várias manifestações patológicas e elevado grau de risco. Sendo prioridade na ordem de recuperação estrutural.	A figura mostra a laje de concreto armado apresentando corrosão das armaduras e diversas manifestações patológicas.

Tipo de estrutura: Vigas

(Continua)

Figura 36 – Tramo da viga de concreto armado	Figura 37 – Viga contínua de concreto armado
	
Fonte: Autor, 2024.	Fonte: Autor, 2024.

Observações	Observações
A figura mostra um tramo da viga de concreto armado presente no corredor no primeiro andar da fachada principal onde já tinha iniciado o processo de escarificação da zona tracionada da estrutura.	A figura mostra a viga contínua de concreto armado presente no corredor no primeiro andar da fachada principal. Onde foi executado o método de escarificação da zona tracionada para a inspeção da viga.

(Continua)

Figura 38 - Viga invertida da laje técnica com reforço	Figura 39 - Viga invertida laje técnica
	
Fonte: Autor, 2024.	Fonte: Autor, 2024.

Observações	Observações
Nesta imagem é possível identificar a viga negativa da laje técnica, que também funcionava como suporte para a calha da rede pluvial. Nesta imagem já tinha sido iniciado o processo de restauração da viga invertida.	Nesta imagem é possível identificar a viga negativa da laje técnica, que também funcionava como suporte para a calha da rede pluvial. Esta passou por vandalismo e outras manifestações patológicas.

Tipo de estrutura: Pilar

(Continua)

Figura 40 – Pilares de concreto armado (Vista 01)	Figura 41 – Pilares de concreto armado (vista 02)
	
Fonte: Autor, 2024.	Fonte: Autor, 2024.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar os pilares de concreto armado com a presença de manifestações patológicas.	Nesta imagem pode-se observar os pilares com indícios de alto nível de esbeltez e instabilidade estrutural.

(Continua)

Figura 42 – Junção dos Pilares de concreto armado com a laje	Figura 43 – Pilares da fachada do 1º pavimento
	
Fonte: TJAL, 2023.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar a junção dos pilares com a laje apresentando estado de conservação regular.	Nesta imagem pode-se observar o estado de conservação dos pilares cilíndricos.

Tipo de estrutura: Alvenaria

(Continua)

Figura 44 - Sala 2 do 1º Pavimento	Figura 45 - Sala 10 do 1º Pavimento
	
Fonte: TJAL, 2023.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar a alvenaria e suas manifestações patológicas.	Nesta imagem pode-se observar a alvenaria em junção com a viga de concreto armado e suas manifestações patológicas.

(Continua)

Figura 46 - 1º Pavimento	Figura 47 – Sala 17 - 1º Pavimento
	
Fonte: TJAL, 2024.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar a alvenaria em junção com a viga de concreto armado e a laje. Note que os pilares são envoltos com tijolos cerâmicos.	Nesta imagem pode-se observar a alvenaria em junção com a viga de concreto armado e a laje.

Tipo de estrutura: Fachada principal (Alvenaria, Viga, Pilar)

(Continua)

Figura 48 - Fachada principal (vista 01)	Figura 49 - Fachada principal (vista 02)
	
Fonte: TJAL, 2024.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar um trecho da estrutura da fachada principal, tendo sido iniciado a remoção do reboco antigo.	Nesta imagem pode-se observar a estrutura completa da fachada principal com várias manifestações patológicas.

(Continua)

Figura 50 - Fachada principal (vista 03)	Figura 51 - Fachada principal (vista 04)
	
Fonte: Google, 2022.	Fonte: Google, 2022.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar um trecho da estrutura da fachada principal com várias manifestações patológicas.	Nesta imagem pode-se observar um trecho da estrutura da fachada principal mais degradado.

Tipo de estrutura: Escadas de concreto armado

(Continua)

Figura 52 – 1º pavimento corredor esquerdo (vista 01)	Figura 53 - 1º pavimento corredor esquerdo (vista 02)
	
Fonte: TJAL, 2023.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar a estrutura completa da escada do 1º pavimento com estado de conservação regular.	Nesta imagem pode-se observar um trecho da estrutura da escada do 1º pavimento com poucas manifestações patológicas.

(Continua)

Figura 54 - 1° pavimento corredor direito (vista 01)	Figura 55 – 1° pavimento corredor direito (vista 02)
	
Fonte: TJAL, 2023.	Fonte: TJAL, 2023.

Observações	Observações
Nesta imagem pode-se observar um trecho da estrutura da escada do 1° pavimento com diversas manifestações patológicas.	Nesta imagem pode-se observar a estrutura completa da escada do 1° pavimento com estado de conservação regular.

4.3 Técnica e procedimentos de coleta e análise de dados

A coleta e análise de dados são etapas essenciais para a obtenção de informações confiáveis em pesquisas científicas, estatísticas e mercadológicas. A coleta estruturada garante a precisão dos dados, evitando vieses e distorções que possam comprometer os resultados.

De acordo com Mettzer (2019), a coleta de dados é um processo que visa reunir os dados para uso secundário por meio de técnicas específicas de pesquisa. Segundo BRASIL (2023), o processo de coleta de dados de uma pesquisa qualitativa dificilmente é iniciado pelo pesquisador(a) sem o embasamento em alguma teoria, ainda que de forma implícita, portanto é preferível torná-la pública.

Segundo a UFMG (2021), a coleta de dados pode ser realizada por meio de observação, entrevistas, questionários e análise documental, dependendo dos objetivos e da natureza da pesquisa.

O IBGE (2024, n.p.) “define a coleta de dados como o processo de obtenção de informações por meio de entrevistas presenciais”.

Com relação à análise, ela permite transformar essas informações em conhecimento útil, identificando padrões, tendências e relações entre variáveis. Esses procedimentos são fundamentais para a tomada de decisões assertivas em diversas áreas, como engenharia, saúde, economia e tecnologia. Além disso, possibilitam o monitoramento de fenômenos ao longo do tempo, contribuindo para a formulação de políticas públicas e soluções inovadoras. Sem uma coleta eficiente e uma análise criteriosa, as conclusões podem ser imprecisas, prejudicando a validade dos estudos e o desenvolvimento de novas estratégias.

No que se refere ao estudo das manifestações patológicas em edificações, Mazer (2012), destaca que ao constatar que ela apresenta problemas patológicos, torna-se imprescindível efetuar uma vistoria detalhada e cuidadosamente planejada para que a real condição da estrutura seja determinada.

Na investigação de estruturas de concreto armado, as condições de integridade dos elementos devem ser verificadas a partir de uma criteriosa inspeção. Para Carvalho (2009), torna-se imprescindível identificar todas as anomalias existentes e reunir os dados técnicos fundamentais para que o problema possa ser analisado, de forma a propor a terapêutica adequada.

4.3.1 Inspeção visual

Segundo Silva (2020, p. 125), "a inspeção visual é um método essencial para identificar patologias em edificações, permitindo intervenções preventivas que garantem a durabilidade das estruturas."

Carvalho (2009) conceitua inspeção visual como uma visita ao local objeto do estudo, cujo objetivo é delimitar a área estudada, detectar os tipos de manifestações patológicas presentes na edificação e definir os procedimentos técnicos fundamentais à análise das anomalias (Figura 56).

Figura 56 – CREA-AL e IBAPE em visita técnica ao emissário submarino



Fonte: CREAL-AL, 2024.

Segundo Souza *et al.* (2019), a inspeção visual é fundamental para identificar precocemente sinais de desgaste e manifestações patológicas que possam comprometer a segurança estrutural das edificações.

De acordo com Oliveira *et al.* (2018), a abordagem integrada na inspeção visual das edificações possibilita a identificação não só dos sinais superficiais de deterioração, mas também das causas subjacentes que podem levar à falha estrutural. Essa metodologia, que combina técnicas tradicionais com inovações tecnológicas, é essencial para o planejamento de intervenções preventivas e corretivas eficazes.

De acordo com Pereira *et al.* (2020), a inspeção visual em edificações integra métodos que possibilitam a detecção tanto de manifestações patológicas evidentes quanto de problemas latentes, contribuindo para a implementação de medidas preventivas eficazes.

De acordo com Tutikian *et al.* (2013), a inspeção visual deve possibilitar a identificação da forma como a manifestação patológica se apresenta, evidenciando a forma de ocorrência, sendo ela, de maneira generalizada ou localizada. É imprescindível observar e registrar os sinais aparentes de corrosão da armadura (manchas, extensão, grau de degradação, etc.), regiões de desprendimento do concreto com e sem exposição da armadura, degradação do concreto, fissuras (localização, direção, dimensão, abertura, etc.), assim como qualquer outra não conformidade julgada pertinente. Neste aspecto, é de suma importância a elaboração do registro fotográfico das manifestações patológicas.

4.4 Representação em gráficos de setores da ocorrência de manifestações patológicas

A utilização de gráficos de setores e a análise das incidências das causas das manifestações patológicas proporcionam uma abordagem visual e quantitativa que é fundamental para a tomada de decisões em projetos de manutenção e recuperação de edificações. Alguns pontos que justificam a importância deste estudo podem ser destacados no Quadro 10.

Quadro 10 - Vantagens da utilização de gráficos de setores e de incidência

Visualização Intuitiva dos Dados	Gráficos de setores permitem representar a proporção de cada tipo de manifestação patológica de forma clara e imediata, facilitando a compreensão dos problemas mais recorrentes e a comunicação dos resultados para equipes técnicas e gestores da obra.	
Priorização das Intervenções	Ao identificar, por meio de gráficos, quais manifestações ou causas apresentam maior incidência, é possível direcionar esforços e recursos para as áreas de maior risco, garantindo uma resposta mais eficaz e focada nos problemas críticos.	
Base para Tomada de Decisão	A análise quantitativa dos dados auxilia na criação de estratégias fundamentadas, contribuindo para o desenvolvimento de planos de manutenção e recuperação que priorizem a segurança, a durabilidade e a viabilidade econômica das intervenções.	
Facilidade na Comparação e Monitoramento	O uso de representações gráficas facilita o acompanhamento ao longo do tempo, permitindo comparações entre diferentes períodos ou intervenções, o que é essencial para avaliar a eficácia das medidas adotadas e ajustar os planos conforme necessário.	
Transparência e Comunicação	A apresentação dos resultados em formatos gráficos torna os dados mais acessíveis para diferentes públicos, promovendo a transparência no processo de diagnóstico e facilitando a comunicação entre engenheiros, gestores, e demais profissionais envolvidos no projeto.	

Fonte: Autor, 2025.

Diante disso, pode-se afirmar que o estudo da incidência das manifestações patológicas utilizando gráficos de setores e análise das causas não só torna o

diagnóstico mais claro e objetivo, mas também potencializa a eficiência dos processos de manutenção e a segurança das edificações.

Neste aspecto foi feito o estudo amostral das manifestações patológicas da edificação. gráfico de incidências de manifestações patológicas em edificações históricas é uma ferramenta valiosa para a gestão, conservação e intervenção nessas estruturas, especialmente considerando seus valores históricos, culturais e arquitetônicos.

4.5 Indicador de desempenho do estado de conservação do substrato

O gráfico tipo velocímetro permite representar a pontuação total obtida de forma imediata, com a agulha indicando o nível de conservação do substrato dentro dos intervalos pré-definidos. Cada intervalo (péssimo, ruim, regular, bom, ótimo) é representado por uma faixa de cores distinta, facilitando a identificação rápida do estado de conservação e auxiliando na tomada de decisões.

Além disso, esse tipo de gráfico possibilita o monitoramento da evolução dos danos em diferentes períodos, permitindo comparações e a verificação da eficácia das intervenções realizadas.

Ao padronizar os critérios e os intervalos de avaliação, o gráfico serve como uma ferramenta clara para a comunicação entre os profissionais envolvidos, além de facilitar a apresentação dos resultados em relatórios e laudos técnicos.

4.5.1 Definição dos parâmetros de avaliação

Foram utilizados alguns parâmetros objetivos para avaliar o substrato das principais figuras do Quadro 9 , tais como:

- **Parâmetro 1: Integridade superficial**
Avaliação de fissuras (Quadro 5), deslocamentos ou desgastes.

- **Parâmetro 2: Número de manifestações patológicas**
Verificação da quantidade de manifestações patológicas presentes no substrato (Tabela 3).
- **Parâmetro 3: Presença de degradação química, física, biológica ou antrópica**
Identificação de corrosão, eflorescências ou outros sinais de deterioração que caracterizem os tipos de mecanismos analisados (Quadro 11).
- **Parâmetro 4: Uniformidade e continuidade da superfície**
Análise de áreas desuniformes que possam indicar problemas mais extensos.

Cada um desses parâmetros recebe uma pontuação de 0 a 25 pontos, totalizando 100 pontos para a avaliação completa.

4.5.2 Estabelecimento dos intervalos de classificação

Com base na pontuação total obtida, os intervalos foram definidos da seguinte maneira:

- **Ótimo (79 a 100 pontos):**
O substrato apresenta condições praticamente ideais, sem sinais significativos de deterioração.
- **Bom (40 a 79 pontos):**
Há pequenas imperfeições, mas o substrato mantém boa integridade e aderência, necessitando apenas de manutenção preventiva.
- **Regular (20 a 39 pontos):**
Apresenta sinais moderados de deterioração. São recomendadas intervenções de manutenção corretiva para evitar a progressão dos danos.

➤ Ruim (1 a 19 pontos):

Os danos são evidentes e abrangentes, comprometendo a integridade do substrato. É necessária uma intervenção mais intensiva e urgente.

➤ Péssimo (0 pontos):

O estado de conservação é crítico, com riscos estruturais e de segurança. Recomenda-se a substituição ou demolição da área afetada.

Com base nos quatro parâmetros citados anteriormente, foram atribuídas notas de 0 a 25 em cada um dos quatro parâmetros avaliados. As notas são obtidas através da percepção técnica do profissional de engenharia civil responsável pela classificação da conservação do substrato, mas caso a classificação seja feita por mais de um profissional, é sugerido calcular a média aritmética simples da pontuação total de cada figura.

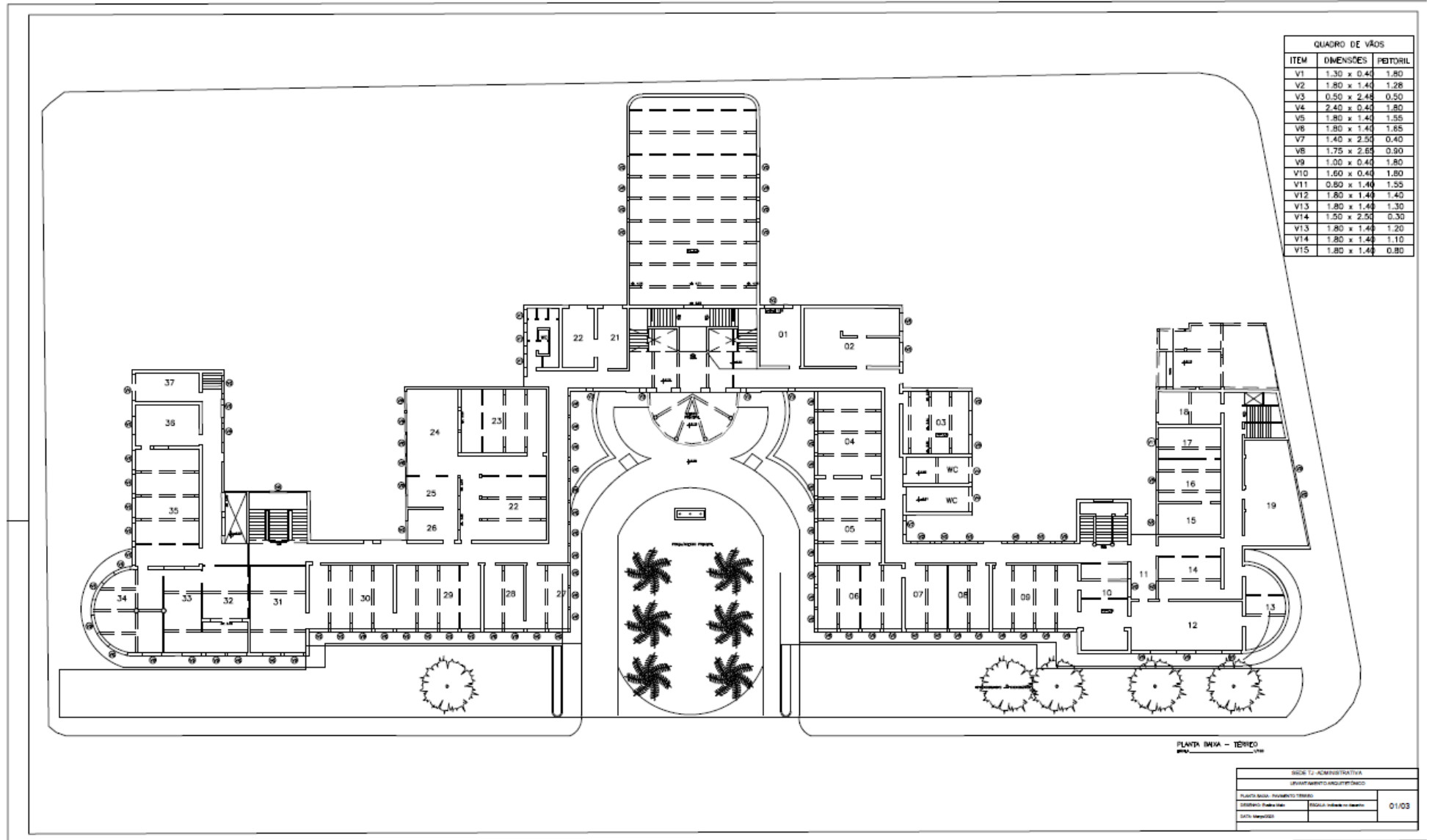
4.6 Estratégia para a elaboração do mapa de danos

Diante de todo o conteúdo visto sobre mapa de danos, foi adotada a metodologia do livro intitulado por mapa de danos, para a representação gráfica dos danos presentes na edificação, utilizando o padrão de texturas recomendado por Achiamé *et al.* (2017).

Para a identificação dos ambientes da edificação que estão sendo investigadas as manifestações patológicas e correta localização do mapa de danos foi feita a utilização da planta baixa da edificação do pavimento térreo (Figura 57) e do superior (Figura 58).

No que se refere à forma de inserção da hachura na representação gráfica do mapa de danos, foi feita a adaptação com o intuito de simplificar a sua utilização. A literatura referente a esse tema em específico, apresenta a hachura de forma a representar o dano na edificação com hachuras representando campos onde existe cada manifestação patológica, conforme a Figura 19 (p. 84). Tendo em vista que neste trabalho foram analisados 24 tipos de manifestações patológicas, não seria viável tal representação.

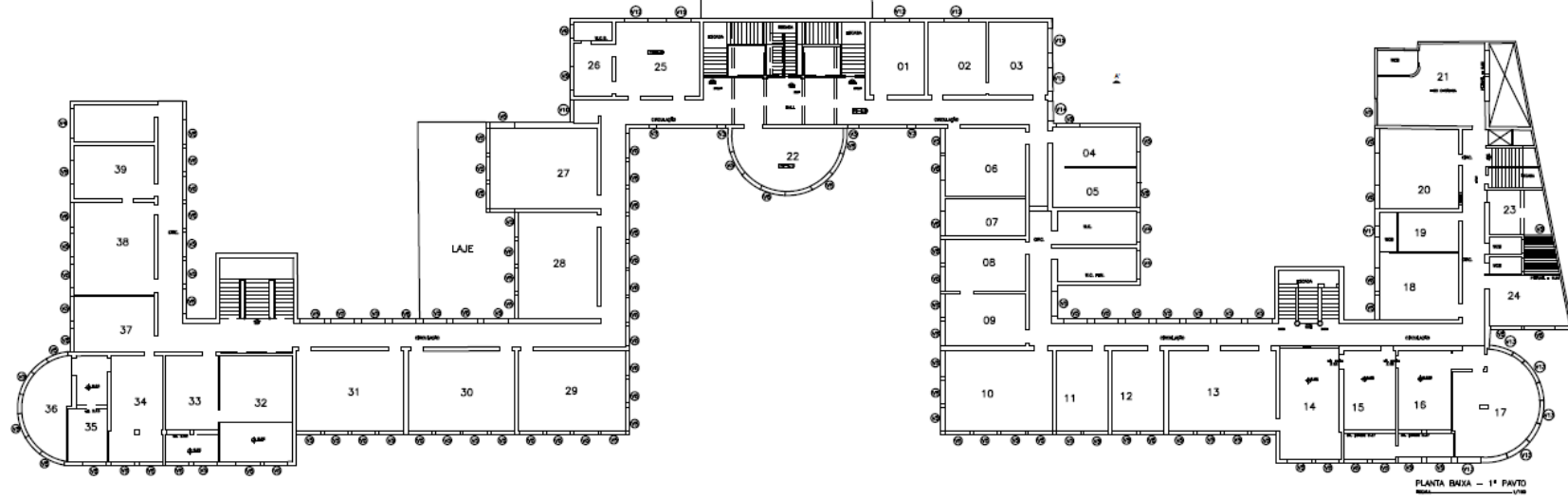
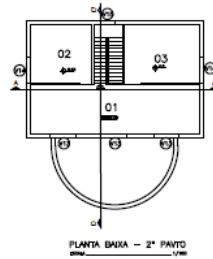
Figura 57- Planta baixa do pavimento Térreo



Fonte: TJAL, 2024.

Figura 58 - Planta baixa do pavimento superior

QUADRO DE VÃOS		
ITEM	DIMENSÕES	PETORIL
V1	1,30 x 0,40	1,80
V2	1,80 x 1,40	1,28
V3	0,50 x 2,48	0,50
V4	2,40 x 0,40	1,80
V5	1,80 x 1,40	1,55
V6	1,80 x 1,40	1,65
V7	1,40 x 2,50	0,40
V8	1,75 x 2,85	0,90
V9	1,00 x 0,40	1,80
V10	1,60 x 0,40	1,80
V11	0,80 x 1,40	1,55
V12	1,80 x 1,40	1,40
V13	1,80 x 1,40	1,30
V14	1,50 x 2,50	0,30
V13	1,80 x 1,40	1,20
V14	1,80 x 1,40	1,10
V15	1,80 x 1,40	0,80



SEDE TJ ADMINISTRATIVA	
SERVATAMENTO ARQUITETÔNICO	
PLANTA BAIXA - 1º PAVIMENTO	02/03
DESENHO: [Assinatura]	
DATA: [Assinatura]	

Fonte: TJAL, 2024.

4.7 Procedimento metodológico

O objetivo central deste trabalho foi o estudo de caso e considerou as condições das estruturas de uma edificação pública pertencente ao Tribunal de Justiça do Estado de Alagoas. Também identificou as manifestações patológicas presentes, definiu seu diagnóstico preliminar e determinou a terapêutica adequada.

Com o intuito de obter a fundamentação teórica necessária para o correto desenvolvimento do objetivo do trabalho, inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica sobre Patologias das Construções, com enfoque em manifestações patológicas em concreto armado e alvenarias, demonstrando a importância do tema e as manifestações típicas referentes ao material estudado. Além disso, também foi realizado uma análise bibliográfica do Método de Ishikawa, indicando a sua aplicabilidade em diversas áreas e as vantagens de sua utilização na engenharia civil.

Com o intuito de apresentar o registro documental da localização das manifestações patológicas diagnosticadas, foi feito o mapa de danos das estruturas inspecionadas, sendo esta uma ferramenta essencial na avaliação e recuperação de estruturas, pois permite um diagnóstico visual e técnico detalhado das manifestações patológicas presentes.

Neste aspecto, foi utilizado o procedimento de análise das estruturas não destrutiva de inspeção visual para as avaliações das características visuais em função da presença de manifestações patológicas, sendo coletado dados e registros fotográficos.

A visita à edificação do tribunal de justiça administrativo, com o intuito de realizar a inspeção, ocorreu de forma gradativa, sendo ela realizada entre maio de 2024 a maio de 2025.

De forma a tornar as informações obtidas nas inspeções mais visuais e analisá-las conforme o embasamento teórico contido nesse trabalho, foi elaborado o diagrama de causa e efeito contendo os dados referentes a cada agente causador que contribuiu efetivamente para o surgimento das manifestações patológicas identificadas na edificação, sendo destacada as manifestações que interferiram de maneira

significativa na utilização e aferiram risco a vida dos usuários. Posteriormente foi feito seus respectivos diagnósticos e recomendação da terapêutica adequada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo dos anos de 2023 e 2024, foram realizadas vistorias técnicas in loco na edificação objeto deste estudo de caso, pertencente ao Tribunal de Justiça Administrativo. O principal objetivo das inspeções foi a identificação e catalogação das manifestações patológicas presentes na estrutura, com o intuito de subsidiar uma análise aprofundada de suas causas e propor diretrizes de intervenção.

Com base nas informações coletadas durante as visitas, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa, permitindo a organização e hierarquização das possíveis causas associadas às patologias detectadas. Esta ferramenta auxiliou na compreensão dos fatores contribuintes, considerando aspectos como materiais, mão de obra, métodos construtivos e condições ambientais.

Na sequência, foi desenvolvido o mapa de danos das estruturas inspecionadas, possibilitando a visualização espacial das ocorrências patológicas e a classificação dos principais danos segundo sua gravidade e extensão.

Complementarmente, propôs-se um fluxo de tratamento das manifestações patológicas utilizando o software Bizagi, no qual foram modeladas as etapas recomendadas para a correção das anomalias, desde a identificação até a conclusão das intervenções. Tal modelagem tem como finalidade otimizar o processo de manutenção e reabilitação da edificação, promovendo maior eficiência e controle nas ações a serem executadas.

5.1 Investigação das manifestações patológicas através do método de Ishikawa

Com base no referencial teórico adotado neste trabalho, foi possível elaborar o diagrama de Ishikawa, no qual foram sistematizadas as prováveis causas das manifestações patológicas identificadas na edificação. Os agentes causadores foram organizados em categorias como materiais, mão de obra, métodos executivos, meio

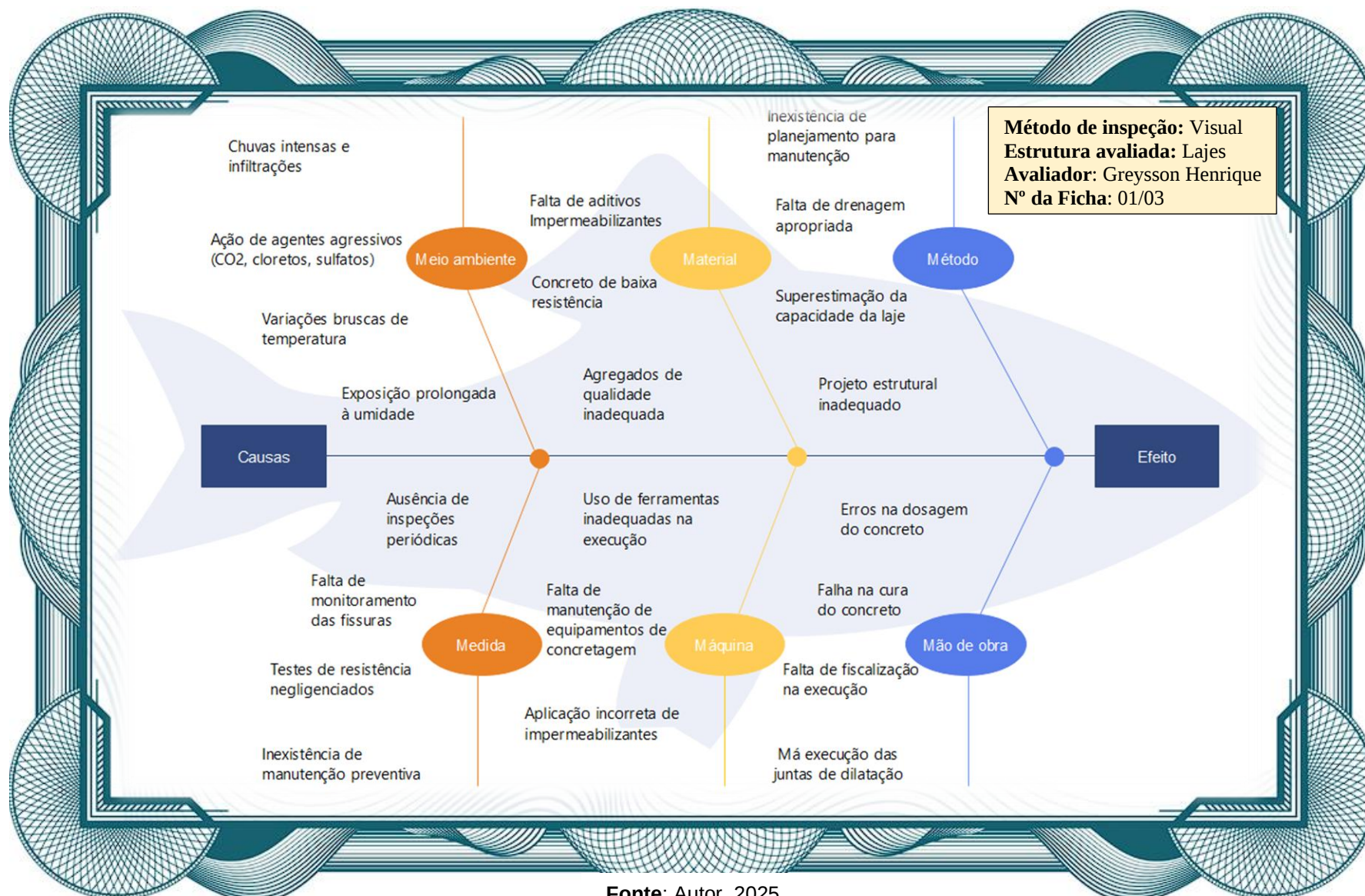
ambiente e projeto, possibilitando uma análise integrada dos agentes que contribuíram para o quadro patológico.

A utilização dessa ferramenta mostrou-se particularmente eficaz por sua facilidade de interpretação gráfica e pela capacidade de promover a colaboração entre os profissionais envolvidos no diagnóstico. O conteúdo do diagrama foi fundamentado na percepção técnica do engenheiro que participou da vistoria, baseado nos indícios observados por meio da inspeção visual direta, método primário de investigação de manifestações patológicas conforme previsto na NBR 13752 (ABNT, 2024).

A aplicação do Diagrama de Ishikawa neste contexto contribuiu significativamente para o entendimento das origens dos danos, proporcionando subsídios para a formulação de estratégias corretivas e preventivas adequadas ao contexto da edificação pública analisada. Assim, a ferramenta se apresenta como um recurso valioso no escopo de gestão da manutenção predial e reabilitação estrutural.

Diante disso, foi gerado o diagrama de Ishikawa para os principais tipos de estruturas, sendo elas: Lajes, vigas, alvenarias e pilares, conforme as Figura 59 a Figura 61.

Figura 59 – Análise dos principais agentes causadores das manifestações patológicas nas lajes através do diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor, 2025.

Figura 60 - Análise dos principais agentes causadores das manifestações patológicas nas vigas e pilares através do diagrama de Ishikawa

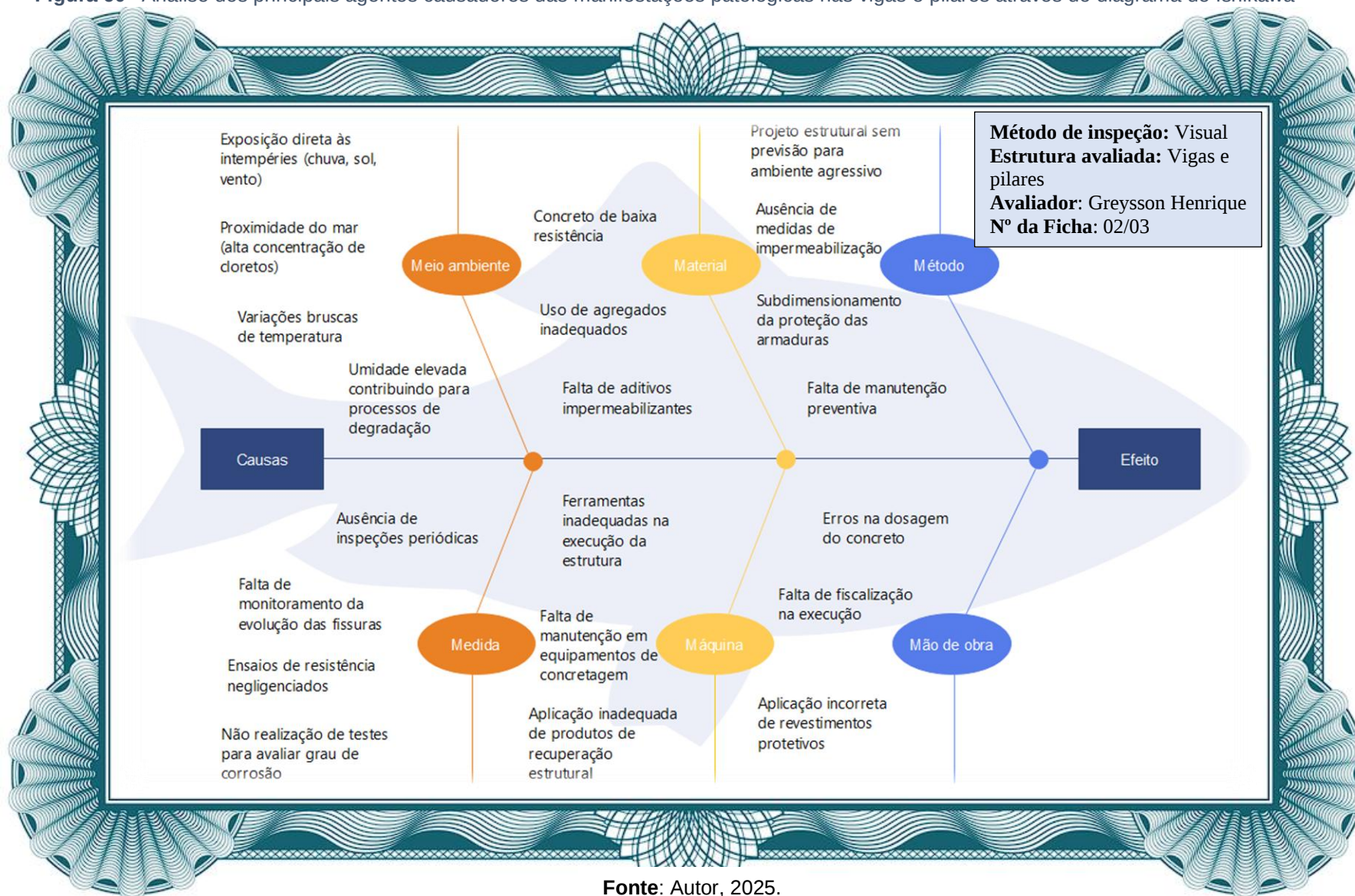
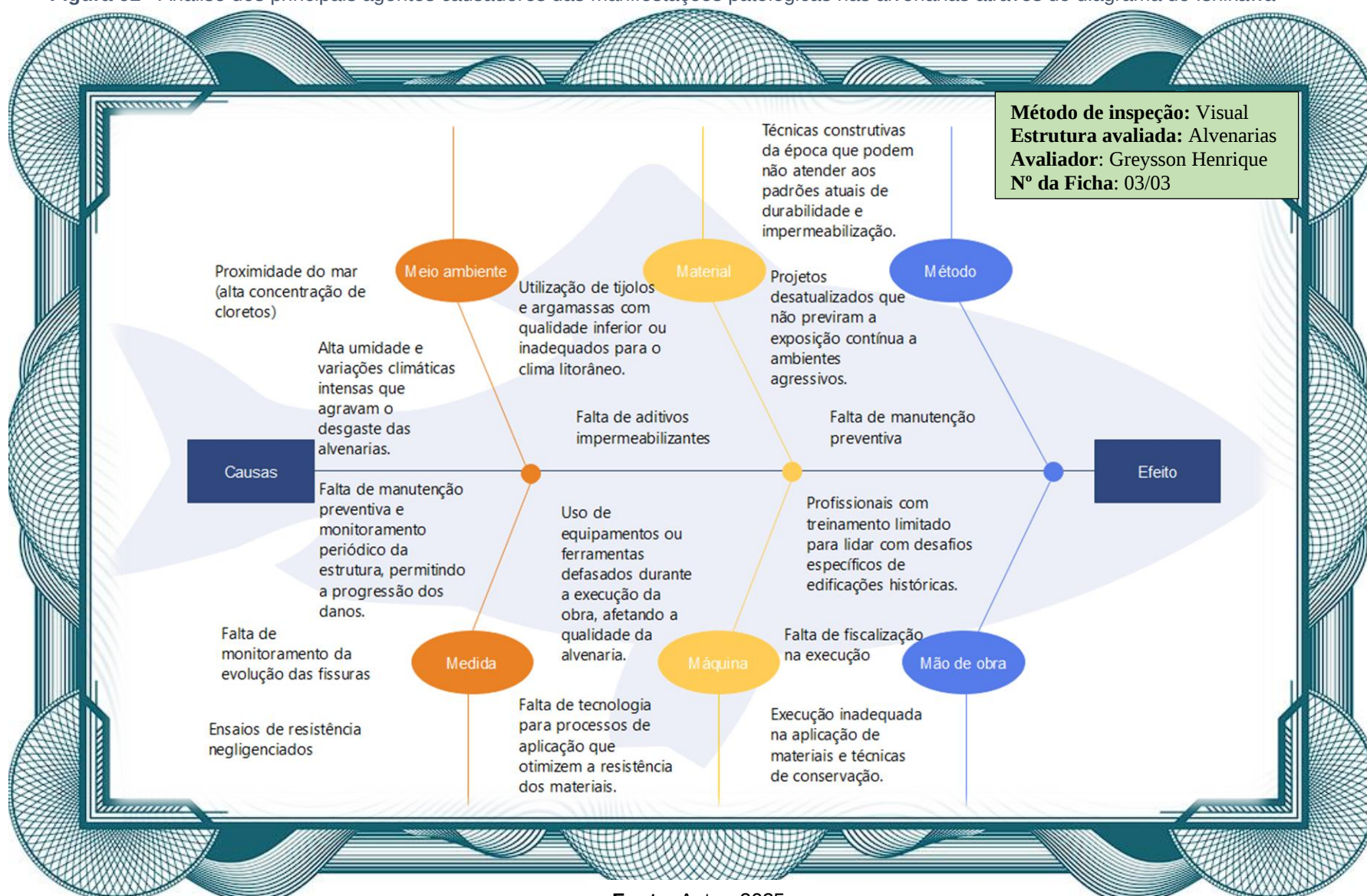


Figura 61 - Análise dos principais agentes causadores das manifestações patológicas nas alvenarias através do diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor, 2025.

construções, proporcionando um instrumento de diagnóstico eficaz e de fácil utilização para a prática profissional.

Nesta nova ficha de avaliação das manifestações patológicas em edificações históricas (Tabela 3), em cada linha da planilha é avaliada uma figura pertencente ao Quadro 9 (p.99) , sendo relacionada a um conjunto de manifestações patológicas identificadas por meio de legendas específicas presentes no Quadro 11.

Diante disso, foi utilizada a planilha para marcar com um “x” nas colunas que correspondem às manifestações patológicas identificadas através de inspeção visual, possibilitando um registro rápido e padronizado dos danos presentes na edificação.

Quadro 11 - Descrição dos tipos de manifestação patológica e tratamento recomendado

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO						
LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
P1	Alteração cromática, mancha ou pátina	Variação de cor da superfície do material	 AutoCAD color index (ACI): 137 Red, Green, Blue (RGB): 38,76,76	Pedra; Tijolo; cerâmico; Madeira; Reboco; Concreto.	Físico, Químico.	Limpeza e pintura da área afetada. Troca ou reconstituição do material.
P2	Alveolização	Pequenas cavidades de formato e dimensões variáveis distribuídos de forma desigual na superfície afetada, que são denominados alvéolos.	 AutoCAD color index (ACI): 130 Red, Green, Blue (RGB): 0,255,255	Pedra; Tijolo; cerâmico; Reboco.	Físico	Reconstituição do substrato com materiais que tenham características físicas compatíveis com o original. Dependendo do caso, poderão ser utilizados prótese, argamassa, polímeros ou consolidantes.
P3	Ataque de insetos xilófagos	Insetos que utilizam a madeira para alimentação ou construção de ninhos, provocando estragos. Dentre eles pode-se destacar: cupins (termitas), brocas, vespas, abelhas, besouros e formigas.	 AutoCAD color index (ACI): 17 Red, Green, Blue (RGB): 76,38,38	Madeira	Biológico	Localização das colônias e das partes afetadas; e impregnação de substâncias tóxicas para combater especificamente o inseto que esteja atacando a madeira. Caso a parte afetada tenha perdido suas

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					características físicas, comprometendo sua função estrutural, deverá ser inteiramente substituída por madeira tratada. Em caso de danos superficiais, ela deverá ser imunizada e preenchida.
P4	Ataque de xilófagos aquáticos	Animais de água salgada, salobra ou doce que utilizam a madeira como alimento ou abrigo, provocando estragos na mesma podem ser incrustantes ou perfuradores, sendo que os perfuradores são característicos de ambientes marinhos.	 AutoCAD color index (ACI): 119 Red, Green, Blue (RGB): 19,88,28	Madeira	Biológico	-Remoção física, no caso de algumas espécies de crustáceos que vivem em colônias; -Impregnação de substâncias tóxicas na madeira; -Troca da peça afetada, caso ela tenha perdido sua resistência física podendo afetar a estabilidade estrutural da edificação.
P5	Bolor	Formação de manchas decorrentes da presença constante de umidade.	 AutoCAD color index (ACI): 50 Red, Green, Blue (RGB): 255,255,0	Madeira; Alvenaria; Reboco; Cerâmica; Pedra.	Biológico, Químico.	Higienização - lavagem com sabão neutro e/ou remoção física dependendo do grau de comprometimento,

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					aplicação de fungicida quando necessário e repintura. A remoção física poderá ser feita com uma espátula, escova de cerdas médias ou com escova de aço, dependendo do material, tomando o cuidado para que ele não seja afetado. No caso de ter ocorrido desagregação do material, a área afetada deverá ser restaurada.
P6	Colonização biológica ou pátina biológica	Presença de micro e/ou macro organismos como líquens, musgos, algas ou fungos que se proliferam sobre a parte do edifício atingida e que podem ser observados a olho nu. Os líquens são formados pela associação de fungos e algas que se desenvolvem em superfícies em contato com o excesso de umidade e a luz. Alguns produzem ácidos orgânicos que penetram no substrato prejudicando sua superfície.	 AutoCAD color index (ACI): 90 Red, Green, Blue (RGB): 0,255,0	Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Concreto; Reboco.	Biológico	-Limpeza mecânica e higienização a seco do local afetado com aplicação de herbicida ou fungicida, dependendo do tipo de colonização biológica, por meio de injeção ou pulverização; -Após limpeza, se o dano foi apenas superficial, o local deverá receber pintura. Se o dano causar desagregação do

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					substrato ele deverá ser restaurado; -No caso da madeira, as peças deverão ser avaliadas e, se houver perda de resistência física podendo afetar a estrutura da edificação, as peças afetadas deverão ser substituídas.
P7	Corrosão metálica	Transformação de um material ou liga metálica por sua interação química ou eletroquímica em um determinado meio em função de sua exposição	 AutoCAD color index (ACI): 42 Red, Green, Blue (RGB): 165,124,0	Metal, e ligas metálicas que contém individual ou em conjunto: Ferro, Níquel, Chumbo, Cobre, Zinco, Alumínio.	Físico, Químico.	Ver Quadro 7 (p. 71)
P8	Crosta negra ou sujidades	Enegrecimento progressivo da superfície do edifício, principalmente de relevos, devido ao acúmulo de partículas de poeira ou de poluição atmosférica que, em contato principalmente com a água da chuva, vão se incrustando no substrato.	 AutoCAD color index (ACI): 35 Red, Green, Blue (RGB): 127,95,63	Pedra; Telhas cerâmicas e também de outros materiais como ardósia, madeira, zinco; Tijolo cerâmico;	Físico; Químico.	Proceder a limpeza do local afetado com água e sabão neutro utilizando escovas de cerdas duras. Em materiais como pedra, por exemplo, a limpeza

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)	Dependendo do tipo de partícula, em contato com a água ela poderá sofrer reações químicas, causando a desagregação do material. Pode-se considerar crosta negra quando afeta áreas externas do edifício e sujidades quando afeta áreas internas.		Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Vidro; Concreto; Reboco.		poderá ser feita com um jato de água sob pressão. Caso a parte afetada tenha sido corroída em função de reações químicas das partículas de poeira/poluição será necessário a reconstituição ou substituição, em situações mais graves, do material afetado.
P9	Degradação diferencial	Degradação profunda que acontece com a pedra em função da heterogeneidade da constituição do material, acarretando na modificação de sua textura original.	 AutoCAD color index (ACI): 62 Red, Green, Blue (RGB): 124,165,0	Pedra	Físico; Químico.	Reconstituição do substrato com características físicas compatíveis com o material original. Dependendo do caso poderá ser utilizada uma prótese do mesmo material, argamassa, polímeros ou consolidantes.
P10	Desagregação ou erosão	Desgaste do material principalmente, por ação de agentes físicos, causando sua paulatina desagregação.	 AutoCAD color index (ACI): 252 Red, Green, Blue (RGB): 102,102,102	Pedra; Tijolo; cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de	Físico	Reconstituição do substrato com características físicas compatíveis com o material original.

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)			barro/adobe; Concreto; Reboco; Cerâmica.		Dependendo do caso poderá ser utilizada uma prótese do mesmo material, argamassa, polímeros ou consolidantes.
P11	Descascamento ou esfoliação	Destacamento espesso de uma ou mais camadas do substrato superficial que se manifesta normalmente na pintura ou no reboco, mas que também pode ocorrer em outros materiais.	 AutoCAD color index (ACI): 30 Red, Green, Blue (RGB): 255,127,0	Reboco; Madeira; Camada superficial da tinta.	Físico; Químico.	No caso de reboco: remover a parte danificada, reconstituir com material compatível com o original e repintar com tinta compatível com o reboco. No caso de pintura: Remover as camadas de repintura com espátula e, caso seja necessário, em especial quando se tratar de tinta a óleo, realizar a remoção química. Repintar com tinta compatível com a original.
P12	Descolamento ou destacamento	Separação do material da superfície original.	 AutoCAD color index (ACI): 11 Red, Green, Blue (RGB): 255,127,12	Reboco.	Físico	Remoção do revestimento na área afetada e

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					reconstituição com material compatível.
P13	Eflorescência	Formação geralmente de aparência esbranquiçada na superfície de materiais como pedra cerâmica e gesso.	 AutoCAD color index (ACI): 31 Red, Green, Blue (RGB): 255,191,127	Pedra; Cerâmica; Gesso.	Físico; Químico.	Retirar a eflorescência com escova macia, secar o revestimento e realizar o reparo caso necessário e pintar.
P14	Fissuras, trincas e rachaduras	Formação de pequenas fendas ou sulcos resultantes das tensões dos materiais quando a solicitação é maior que sua resistência. Pode-se considerar fissura quando a deformação possui até 0,5mm; trinca quanto possui entre 0,5mm e 1mm; e rachadura mais de 1 mm.	 AutoCAD color index (ACI): 206 Red, Green, Blue (RGB): 57,0,76	Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Reboco; Concreto.	Físico; Químico.	Para recuperar rachaduras, o primeiro passo é identificar suas causas e recuperar o problema estrutural que originou o dano. As fissuras e trincas, após serem mapeadas, tem a recuperação mais simples pela aplicação de produtos flexíveis, desde que compatíveis com o substrato. Para isso é necessário abrir um sulco sobre a fissura ou trinca; realizar a limpeza do local; aplicar o produto; que dependendo do substrato pode ser um selante acrílico; e esperar a secagem.

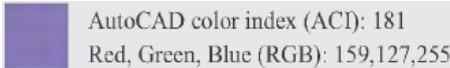
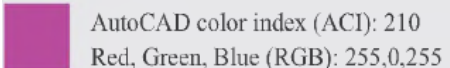
DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					Após a secagem é só pintar, lembrando-se de utilizar tinta compatível. No caso de rachaduras de grande extensão, pode ser necessário aplicar uma tela e fazer o preenchimento sobre ela com material compatível.
P15	Surgimento de poros	Manifestada pela formação de furos cegos, circulares, de pequeno diâmetro.	 AutoCAD color index (ACI): 47 Red, Green, Blue (RGB): 76, 66, 38	Pedra; Revestimento	Físico; Químico.	Reconstituição do substrato com características físicas compatíveis com o material original - dependendo do caso poderá ser utilizada: prótese, argamassa, polímeros ou consolidantes.
P16	Incrustação	Depósito em camadas, aderidas ao substrato, formadas por sais solúveis trazidos pela água, que provocam reações químicas desfavoráveis a materiais porosos, formando estalactites ou estalagmites.	 AutoCAD color index (ACI): 123 Red, Green, Blue (RGB): 82, 165, 145	Pedra; cerâmica; concreto	Químico	Estancamento da fonte de água; reconstituição do substrato com características físicas compatíveis com o material original; sendo necessário, dependendo do caso, utilizar uma prótese,

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					argamassa, polímeros ou consolidantes.
P17	Presença de interferências oriundas da adição de elementos à construção original	Interferências de elementos não pertencentes a construção original, tais como: aparelho de ar condicionado, cobertura, luminárias, instalações hidrossanitárias ou elétricas inadequadas, esquadrias, paredes etc.		Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Vidro; Concreto; Reboco.	Antrópico	Elaboração de um projeto de restauro e realização de obra com a retirada e/ou substituição dos elementos inadequados por outros que atendam as novas necessidades do edifício causando menor interferência em suas características originais.
P18	Perda de material ou lacuna	Perda de elementos, tais como: parte de uma sanca; braços de uma estátua; parte de decoração em relevo, etc.		Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Vidro; Concreto; Reboco.	Físico; químico e Antrópico	Retirada da parte deteriorada e reconstituição da parte faltante, com o cuidado de utilizar materiais compatíveis com o original.
P19	Presença de vegetação	Presença de vegetação, não prevista, na edificação. As plantas que podem ser de pequeno, médio ou grande porte, desenvolvem-se em		Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de	Antrópico e Biológico	Retirada da vegetação; limpeza do local; aplicação de herbicida e reconstituição da área afetada.

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)	partes que tenham contato com umidade e luz; possuem raízes e caules que com o crescimento, penetram nas alvenarias podendo causar sua desagregação e, em casos mais graves, problemas estruturais.		barro/adobe; Madeira; Concreto; Reboco.		
P20	Deformação de elementos estruturais	Podem causar o comprometimento da edificação como um todo a partir da deformação principalmente de elementos estruturais.	 AutoCAD color index (ACI): 10 Red, Green, Blue (RGB): 255,0,0	Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; concreto armado.	Físico; Químico.	Escoramento da parte afetada se for necessário e reconstituição da peça. Em casos mais graves, e necessário o acompanhamento de um profissional de arquitetura e/ou de engenharia.
P21	Degradação de materiais por umidade ascendente	Umidade procedente do solo que sobe pelas paredes em função da atracção capilar dos materiais podendo chegar até a um metro de altura, levando a degradação de alvenarias, estruturas, pisos, rodapés, rebocos e pintura. Em casos mais graves, pode causar a desagregação dos materiais.	 AutoCAD color index (ACI): 141 Red, Green, Blue (RGB): 127,223,255	Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Concreto; Reboco.	Físico; Químico.	A restauração dependerá de sua extensão e do substrato: -Se a umidade está sendo causada pelo acúmulo de água da chuva, deve-se rever o sistema de escoamento da água no solo e também o sistema de calhas

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)					do telhado; -Se a causa for o excesso de umidade do solo, deve-se implantar um sistema de drenagem, cavando uma valeta ao redor da edificação contendo um tubo de drenagem, sob um colchão de brita, que conduza o excesso de água para longe da edificação; -Se a causa for a falta de isolamento das fundações, recomenda-se a execução do corte na base das alvenarias para a posterior inserção de material com propriedades isolantes, visando a interrupção da umidade ascendente por capilaridade. Outra solução é a interceptação capilar através de uma barreira química, com

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
						aplicação de resinas silicônicas dissolvidas, em furos de 10 a 12 cm de distância.
P22	Degradação de materiais por umidade descendente	Umidade advinda da parte superior da construção.	 AutoCAD color index (ACI): 170 Red, Green, Blue (RGB): 0,0,255	Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Concreto; Reboco.	Físico	-Recuperação do telhado e do sistema de coleta de águas pluviais como calhas; -Contenção do vazamento no reservatório de água; Se for o caso: -Impermeabilização; -Recuperação da área afetada.
P23	Degradação dos materiais por vandalismo	Destruição ou avarias feita por pessoas em edificações que podem ser pichações, quebra de vidros, remoção de materiais, etc.	 AutoCAD color index (ACI): 245 Red, Green, Blue (RGB): 127,63,79	Pedra; Tijolo cerâmico; Tijolo de cimento; Tijolo de barro/adobe; Madeira; Vidro; Concreto; Reboco.	Antrópico	-Limpeza e ou pintura da área afetada; -Troca ou reconstituição do material ou área afetada.
P24	Vesículas	Pequenos pontos no revestimento em forma de bolhas que ao incharem provocam o deslocamento da	 AutoCAD color index (ACI): 211 Red, Green, Blue (RGB): 255,127,255	Argamassa	Físico; Químico.	-Limpeza e ou pintura da área afetada; -Troca ou reconstituição do

DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E TRATAMENTO RECOMENDADO

(continua)

LEG.	TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DEFINIÇÃO	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	SUBSTRATO	MECANISMO	TRATAMENTO/RESTAURAÇÃO
	(continua)	pintura. No interior, as bolhas podem apresentar as cores branca, preta ou vermelho acastanhado, dependendo de sua constituição.				material ou área afetada.

Fonte: Adaptado de Achiamé et. al., 2017.

Tabela 3 – Ficha de classificação dos danos da edificação

FICHA DE CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS



Nº da figura	Elemento analisado	Manifestação Patológica																							
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
Figura 30	Laje	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	-
Figura 32	Laje	x	-	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-	x	x	x	-	-	x	x	-	x	x	-
Figura 33	Laje	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	-
Figura 34	Laje	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	-	-
Figura 35	Laje	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	-	-
Figura 36	Viga	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	-	x	-	-
Figura 39	Viga	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	-	x	-	x	x	-
Figura 40	Pilar	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-		x	-	x	x	-	-	-
Figura 44	Alvenaria	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	-
Figura 45	Alvenaria	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	-
Figura 49	Fachada	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-
Figura 50	Fachada	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-
Figura 51	Fachada	x	x	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-

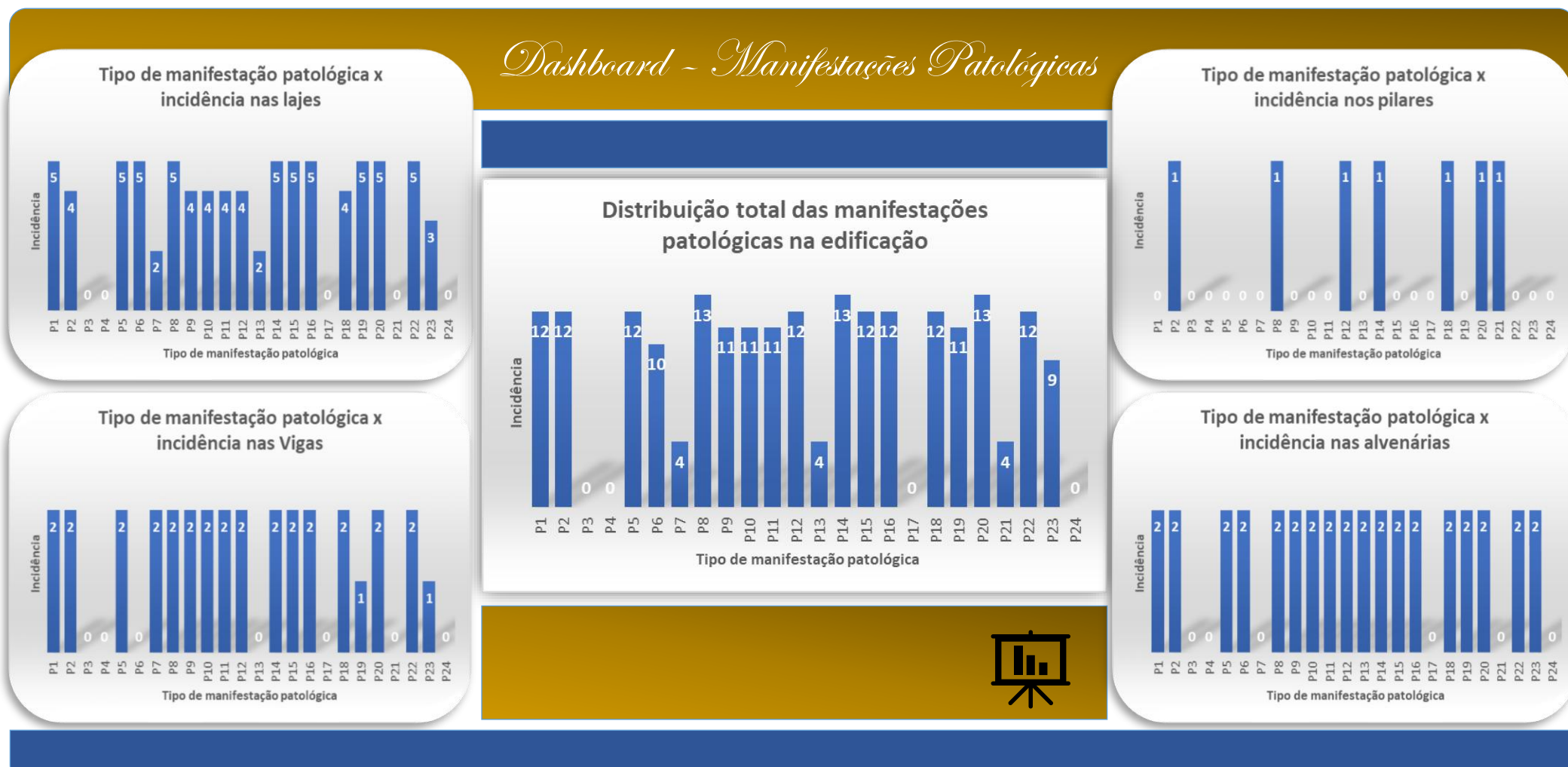
Fonte: Autor, 2025.

5.3 Análise percentual e frequência das manifestações patológicas

Analisando a Figura 63 pode-se destacar a incidência dos 24 tipos de manifestações patológicas investigadas na estrutura geral da edificação, onde pode-se destacar no gráfico central a uniformidade de incidência das manifestações. Os gráficos laterais da mesma figura são incidências de manifestações patológicas em elementos estruturais específicos, onde pode-se verificar uma tendência de uniformidade das manifestações investigadas.

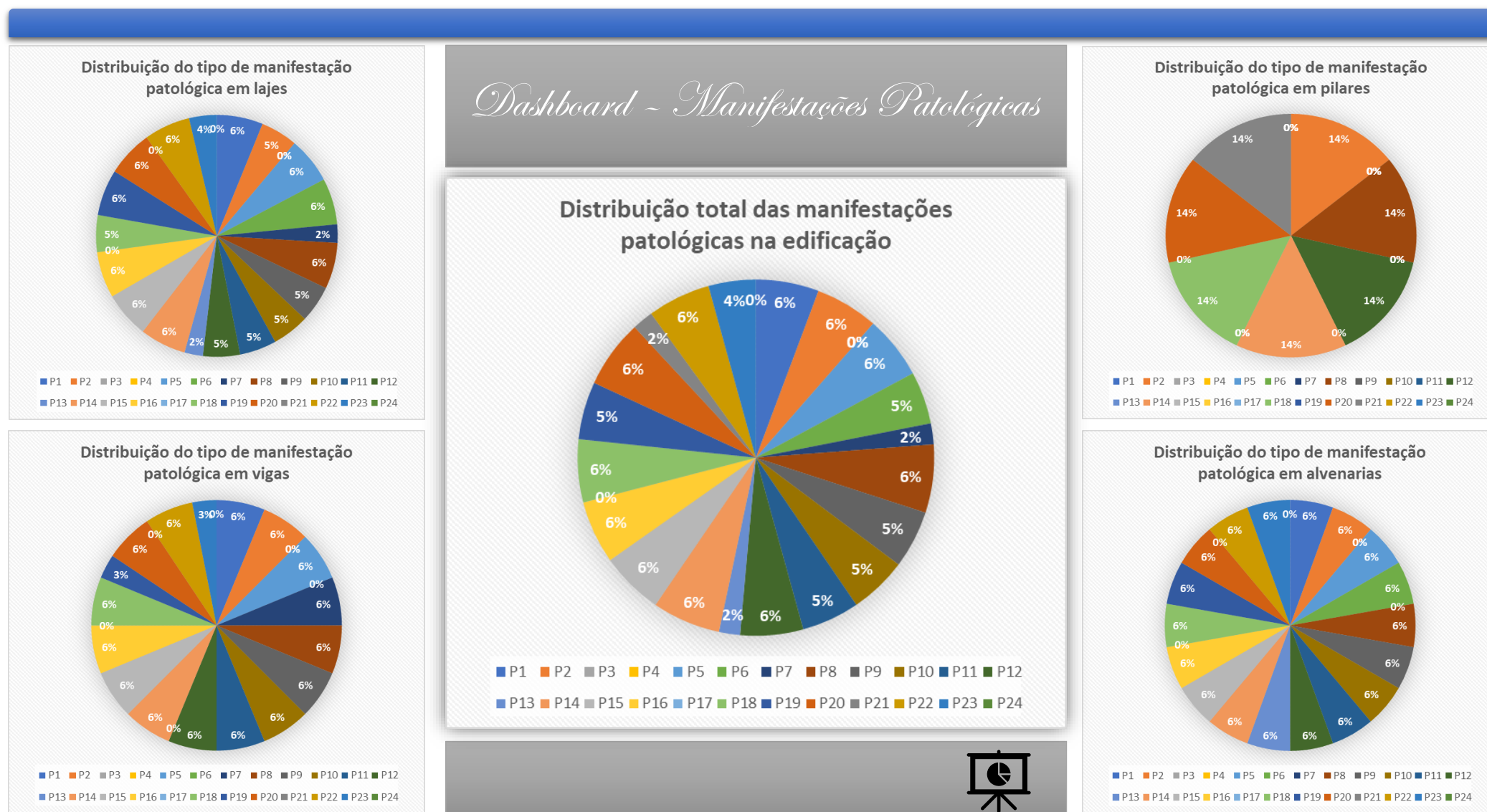
Em adição, foi gerado o gráfico no formato de setores de distribuição das manifestações patológicas (Figura 64), onde foi possível identificar a porcentagem de incidência das manifestações patológicas, por tipo de estrutura analisada na Figura 63.

Figura 63 - Distribuição das manifestações patológicas e suas respectivas incidências na edificação



Fonte: Autor, 2025.

Figura 64 – Distribuição das manifestações patológicas



Fonte: Autor, 2025.

5.4 Análise por indicador de velocímetro do estado de conservação do substrato

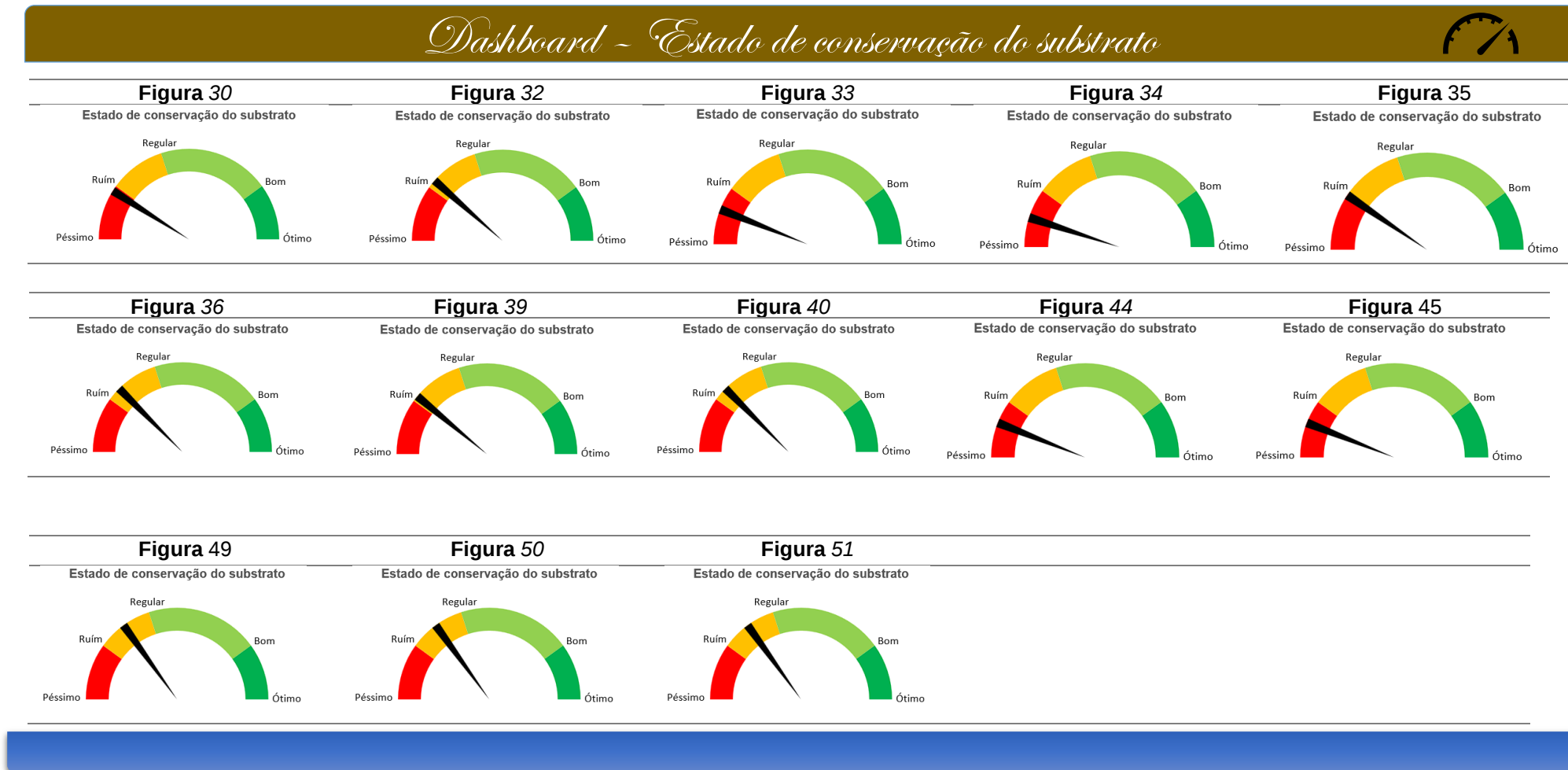
Foi gerada a Tabela 4 com as notas atribuídas por parâmetros avaliados. Em adição, foi gerado o gráfico de velocímetro apresentado o estado de conservação de cada substrato analisado (Figura 65).

Tabela 4 – Análise do estado de conservação do substrato através do método dos quatro parâmetros


Número da figura	Pontuação por parâmetro				Pontuação total	Classificação	Representação no gráfico de velocímetro	
	Parâmetro 1	Parâmetro 2	Parâmetro 3	Parâmetro 4				
Figura 30	2,70	7,20	6,30	1,80	18	Ruim	Vermelho	
Figura 32	3,30	8,80	7,70	2,20	22	Regular	Amarelo	
Figura 33	1,80	4,80	4,20	1,20	12	Ruim	Vermelho	
Figura 34	1,50	4,00	3,50	1,00	10	Ruim	Vermelho	
Figura 35	3,00	8,00	7,00	2,00	20	Regular	Amarelo	
Figura 36	3,90	10,40	9,10	2,60	26	Regular	Amarelo	
Figura 39	3,45	9,20	8,05	2,30	23	Regular	Amarelo	
Figura 40	3,90	10,40	9,10	2,60	26	Regular	Amarelo	
Figura 44	1,80	4,80	4,20	1,20	12	Ruim	Vermelho	
Figura 45	1,80	4,80	4,20	1,20	12	Ruim	Vermelho	
Figura 49	4,80	12,80	11,20	3,20	32	Regular	Amarelo	
Figura 50	4,80	12,80	11,20	3,20	32	Regular	Amarelo	
Figura 51	4,80	12,80	11,20	3,20	32	Regular	Amarelo	

Fonte: Autor, 2025.

Figura 65 – Gráfico de velocímetro do estado de conservação do substrato

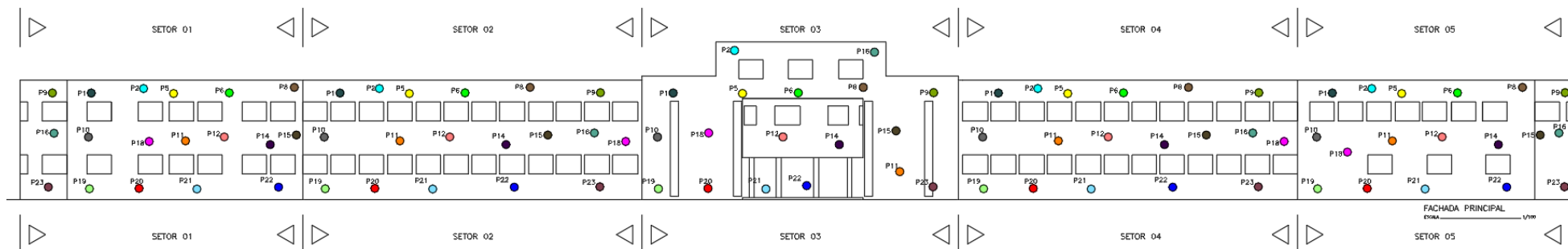


Fonte: Autor, 2025.

5.5 Mapa de danos da edificação

Para tornar mais compreensível a representação gráfica do mapa de danos, foram feitos círculos de tamanho padronizado e posteriormente, implementado as hachuras com as configurações de cores determinadas no Quadro 11, e implementadas no software AutoCAD, onde foi possível colocar as hachuras com suas respectivas legendas em cada setor da edificação analisado, sendo gerado o mapa de danos da fachada principal da edificação conforme a Figura 66 e das principais estruturas da edificação (Figura 67), objetivando demonstrar a representação em faces internas da edificação assim como também, em planta baixa.

Figura 66 - Mapa de danos da fachada principal da edificação



FACHADA PRINCIPAL – MAPEAMENTO DE DANOS

LEGENDA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Consultar Quadro 11

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

SETOR 01



SETOR 02



SETOR 03



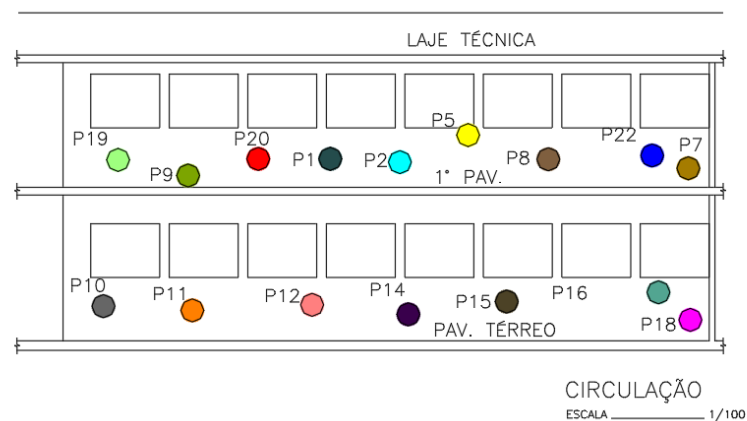
SETOR 04



SETOR 05



Figura 67 - Mapa de danos da área de circulação e laje técnica



CIRCULAÇÃO 1º PAV – MAPEAMENTO DE DANOS

Legenda das manifestações patológicas:

Consultar Quadro 11

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO



LAJE TÉCNICA SALA 10 – MAPEAMENTO DE DANOS

Legenda das manifestações patológicas:

Consultar Quadro 11

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO



5.6 Processo de diagnóstico a terapia das manifestações patológicas utilizando o software bizagi

Os resultados obtidos com o fluxograma de diagnóstico e terapia das manifestações patológicas da edificação histórica (Figura 68), elaborado no software Bizagi, evidenciam de maneira clara e objetiva, as etapas críticas de intervenção. A integração dos principais processos com as tabelas e quadros apresentados ao longo deste trabalho permitiu organizar e hierarquizar cada fase do tratamento estrutural, proporcionando um panorama visual das ações recomendadas para correção e prevenção de danos na edificação em estudo.

Para facilitar a compreensão do fluxograma da Figura 68 foi gerado o Quadro 12 que descreve em resumo cada etapa do fluxograma.

Quadro 12 – Descrição das etapas do fluxograma de processos de terapia da edificação histórica

(Continua)

Etapas do processo	Definição
Detecção das manifestações patológicas	Identificação inicial de sinais de degradação (fissuras, manchas, deslocamentos, etc.) por usuários ou manutenção de rotina.
Perícia de engenharia civil	Avaliação técnica preliminar por engenheiro civil para confirmar ocorrência e gravidade das manifestações.
Planejamento de inspeção	Elaboração de cronograma, métodos e recursos (equipamentos, equipe) para a inspeção detalhada.
Método de inspeção visual	Aplicação de técnicas de observação (check-lists, fotografias, medições simples) para mapear e registrar os defeitos visíveis.
Verificação das manifestações patológicas	Verificar a ocorrência dos tipos de manifestações patológicas descritas nas tabelas e figuras recomendadas.
Registro das manifestações patológicas	Cadastro sistemático (fotos, descrições, medidas) de cada tipo de defeito, criando histórico para monitoramento.

(Continua)

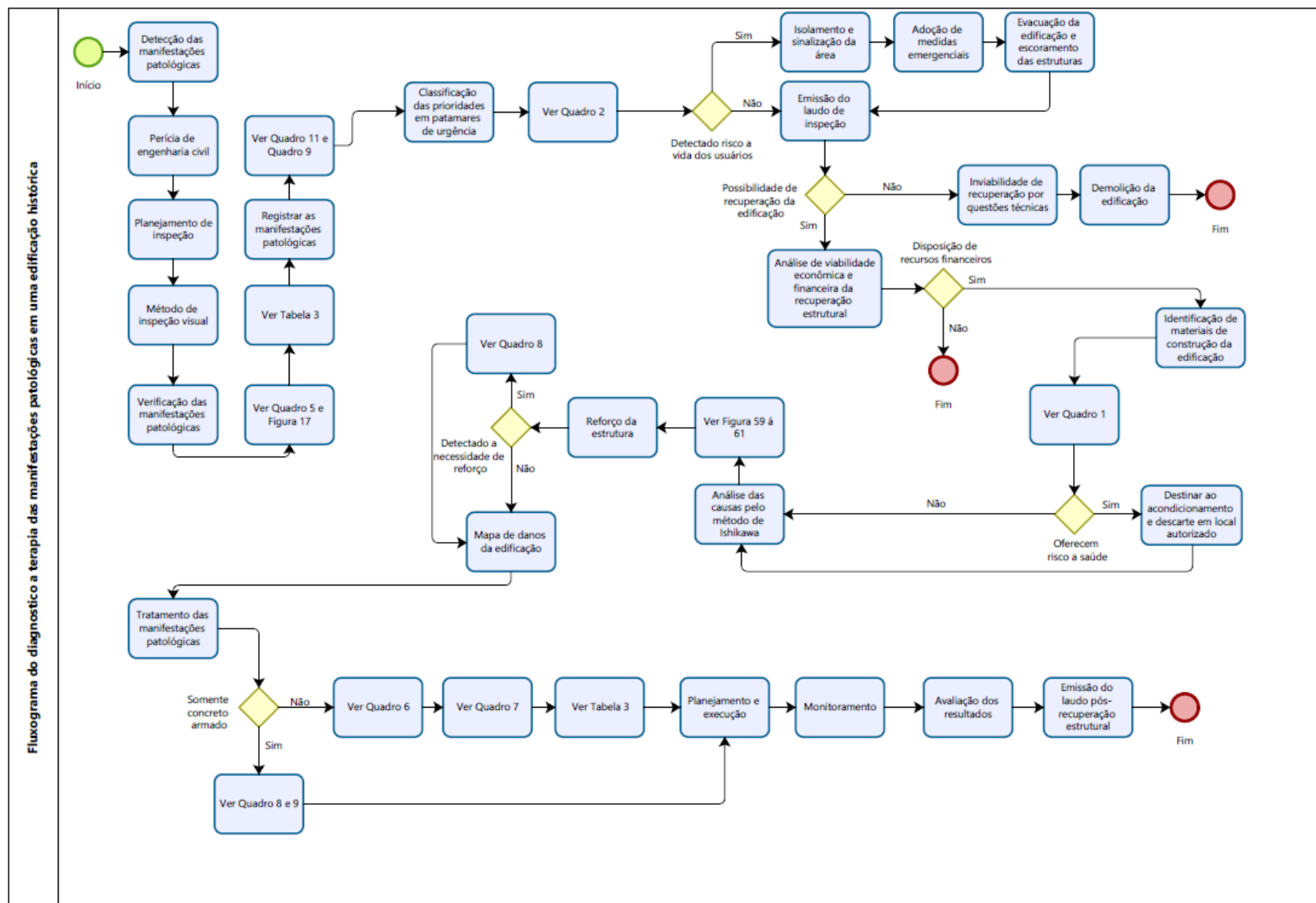
Etapas do processo	Definição
Classificação de prioridades de urgência	Ordenação dos defeitos em níveis (alto, médio, baixo) conforme risco e criticidade, orientando sequência de ações.
Emissão do laudo de inspeção	Documento formal que descreve os defeitos encontrados, sua localização e extensão, servindo de base para as decisões seguintes.
Isolamento e sinalização da área	Demarcação e proteção da zona afetada para garantir segurança de pessoas.
Adoção de medidas emergenciais	Intervenções imediatas (escoramentos, contenções provisórias) para eliminar risco iminente de colapso ou queda de elementos.
→ Decisão: risco à vida?	Se “Sim”, evacuação e escoramento; se “Não”, prossegue para análise de viabilidade de recuperação.
Evacuação da edificação e escoramento	Remoção de ocupantes e instalação de suportes temporários para estabilizar estruturas em situação crítica.
Identificação de materiais de construção	Levantamento dos componentes (tijolos, argamassas, concreto armado etc.) para definir compatibilidade de técnicas de intervenção.
Análise das causas pelo método de Ishikawa	Diagrama de espinha-de-peixe para mapear fatores que geraram as manifestações (materiais, métodos, ambiente, usuários).
Mapa de danos da edificação	Planta ou croqui indicando localização e extensão dos defeitos, servindo de guia para o tratamento.
Análise de viabilidade econômica e financeira	Estimativa de custos e disponibilidade orçamentária para decidir se a recuperação é viável ou se inviabiliza por limitação de recursos.
→ Decisão: viabilidade de recuperação?	Se “Não”, segue para demolição; se “Sim”, segue para tratamento e reforço.
Tratamento das manifestações patológicas	Aplicação de técnicas específicas para restaurar materiais originais.
Reforço da estrutura	Intervenções estruturais quando há necessidade de aumentar capacidade de carga.

(Continua)

Etapas do processo	Definição
Emissão do laudo pós-recuperação estrutural	Documento que atesta a qualidade e eficácia das intervenções, comparando situação antes e depois e recomendando eventuais ajustes.
Monitoramento	Acompanhamento periódico (inspeções programadas, sensores) para verificar desempenho das intervenções ao longo do tempo.
Avaliação dos resultados	Análise final dos dados de monitoramento para validar se os objetivos de segurança e conservação foram atingidos.
→ Fim do processo	Conclusão com base na eficácia das ações: edificação recuperada (sucesso) ou encaminhamento para nova análise caso surjam novas manifestações.
Fluxos alternativos	- Inviabilidade técnica → Demolição da edificação. - Risco à saúde (mas não à vida) → descarte de materiais perigosos em local autorizado.

Fonte: Autor, 2025.

Figura 68 - Fluxograma do diagnóstico a terapia das manifestações patológicas em uma edificação histórica



Fonte: Autor, 2025.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do diagrama de Ishikawa demonstrou ser uma ferramenta eficaz para mapear e categorizar os diversos fatores que contribuem para o surgimento das manifestações patológicas. Esse método não só facilitou a identificação das causas subjacentes, como também embasou a proposição de intervenções corretivas de forma mais precisa e fundamentada tecnicamente.

O emprego de recursos digitais, como o AutoCAD para a criação de mapas de danos, evidenciou como tecnologias atuais podem contribuir para a melhoria da comunicação entre os profissionais de engenharia civil e para o registro detalhado das condições estruturais. Essa abordagem permitiu não só uma melhor visualização das áreas afetadas, mas também a possibilidade de monitoramento contínuo das manifestações patológicas ao longo do tempo.

Outro aspecto relevante foi a integração do software Bizagi no fluxo de trabalho para a análise e otimização dos processos de intervenção, onde este mostrou-se um diferencial relevante. Ao padronizar as etapas de diagnóstico, planejamento e execução das intervenções, o estudo reforça a importância de métodos que promovam maior eficiência operacional, contribuindo para a sustentabilidade da manutenção e preservação do patrimônio histórico.

Diante disso, o trabalho evidencia também a importância das diretrizes da ABNT e as orientações do IBAPE, para garantir a confiabilidade dos laudos periciais e a segurança estrutural das edificações. A correta aplicação das recomendações normativas é crucial para que o diagnóstico das manifestações patológicas seja não apenas acurado, mas também reproduzível e confiável em estudos futuros.

Como contribuição para a área da engenharia civil, as conclusões através do diagrama de Ishikawa e do mapa de danos, apontam para a necessidade de um diagnóstico preventivo e contínuo, enfatizando que a identificação precoce das manifestações patológicas pode evitar intervenções emergenciais mais onerosas e riscos significativos à integridade estrutural das edificações. Essa visão preventiva, aliada a uma gestão de manutenção bem estruturada, reforça a importância da preservação sustentável do patrimônio construído, contribuindo para a memória cultural e a sustentabilidade urbana.

Em síntese, o desenvolvimento desse trabalho conclui que a utilização do método de Ishikawa auxiliado com ferramentas digitais de análise representa uma abordagem inovadora e promissora para a resolução dos desafios inerentes à manutenção de edificações históricas. O estudo não só comprova a eficácia do método de Ishikawa em identificar as causas das manifestações patológicas, como também evidencia a importância da integração entre diagnóstico técnico e normativo para a implementação de soluções duradouras e eficientes na recuperação de estruturas de valor histórico e cultural.

Com base no estudo realizado e nas metodologias aplicadas (Ishikawa, mapeamento AutoCAD e fluxos Bizagi), é sugerido as seguintes linhas de pesquisa para dar continuidade e aprofundar os aspectos sustentáveis, inovadores e tecnológicos:

- Monitoramento estrutural em tempo real com IoT e sensores sem fio:
 - ✓ Desenvolvimento de uma rede de sensores (umidade, fissuração, vibração) integrada a uma plataforma de Big Data para detecção precoce de patologia.
 - ✓ Estudo de comunicação LPWAN (LoRaWAN, NB-IoT) para ambientes históricos, avaliando autonomia e precisão.
- Gêmeo digital (“digital twin”) de edificações históricas:
 - ✓ Criação de modelos 3D paramétricos no Autodesk Revit que se atualizam automaticamente a partir de dados de campo (BIM + GIS).
 - ✓ Validação do gêmeo digital para simulação de intervenções de recuperação e avaliação de desempenho ao longo do tempo.
- Materiais sustentáveis para reabilitação de concreto e alvenaria:
 - ✓ Pesquisa de misturas de micro revestimentos à base de geopolímeros ou nanomateriais para reparar fissuras, comparando durabilidade e pegada de carbono versus métodos convencionais.

- ✓ Análise de ciclo de vida (LCA) das técnicas de reforço, visando minimizar impactos ambientais.
- Automação de fluxos de trabalho com Low-Code/No-Code:
 - ✓ Expansão do uso do Bizagi ou de plataformas similares para orquestração de inspeções, emissão de laudos e gestão documental, com integração a apps móveis para coleta de fotos e geolocalização.
 - ✓ Avaliação de indicadores de eficiência (tempo, custo) antes e após a automação.
- Realidade aumentada (AR) e virtual (VR) na inspeção e treinamento:
 - ✓ Desenvolvimento de aplicações AR para sobrepor, em campo, o mapa de danos cadastrado no AutoCAD, auxiliando técnicos durante a vistoria.
 - ✓ Testes de ambientes VR para capacitação de peritos, simulando cenários de patologias complexas e procedimentos de reparo.

Essas propostas combinam inovação tecnológica e critérios de sustentabilidade, potencializando a preservação de patrimônios históricos com maior eficiência, menor custo e reduzido impacto ambiental.

Por fim, a elaboração deste TCC, em um prazo de apenas quatro meses, exigiu dedicação intensa, organização e rigor técnico. A aplicação do método de Ishikawa, o uso de ferramentas digitais como AutoCAD e Bizagi e a análise criteriosa de manifestações patológicas em uma edificação histórica conferiram ao estudo um nível de profundidade pouco comum entre trabalhos de graduação em engenharia civil.

Esta experiência reforça a importância da disciplina, busca constante pelo conhecimento, da inovação e do compromisso com a preservação do patrimônio construído. Que este trabalho inspire novas pesquisas que integrem tecnologia, sustentabilidade e responsabilidade técnica com edificações históricas na construção civil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Pedro. **Diagnóstico e reabilitação de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: Construtora, 2013.

ANDRADE, Silvio. **Ataque por sulfatos em estruturas de concreto [vídeo]**. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GWCeieLZ0hA>. Acesso em: 12 mar. 2025.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; HELENE, Paulo. **Concreto: ciência e tecnologia – volume II: durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. São Paulo: IBRACOM, 2011. 969 p. (v. 2 – ISBN 978-85-98576-20-6).

APPLETON, J. **Estudos de diagnóstico em edifícios: da experiência à ciência. A intervenção no património: práticas de conservação e reabilitação**. Porto: FEUP, 2002.

ARCHIAMÉ, Giovana G.; FILHO, Genildo C. H. **Mapa de danos: diretrizes de representação gráfica em projetos de restauro**. Espírito Santo: [s.n.], 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: manutenção de edificações – procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto – preparo, transporte, aplicação e cura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747: Inspeção predial: diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BAUER, Luiz Alberto. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 2010.

BASF PORTUGUESA S.A. **Reparação do betão: soluções para restabelecer a integridade estrutural**. Prior Velho, 2018. 36 p.

BEZZON, L. C. **Guia prático para monografias, dissertações e teses: elaboração e apresentação**. 3. ed. Campinas, SP: Alínea, 2005.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção**. 1. ed. [s.l]: Oficina de Textos, 2010.

BIZAGI. **Bizagi Modeler [software]**. Disponível em: <https://www.bizagi.com/pt/product/bizagi-modeler>. Acesso em: 05 mar. 2025.

BLOK. **Hidrofugante para concreto**. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/hidrofugante-para-concreto>. Acesso em: 11 mar. 2025.

BRASIL DE FATO. **De mineral mágico a poeira assassina**: volta do amianto pode causar epidemia de câncer. Brasil de Fato, 16 maio 2019. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2019/05/16/de-mineral-magico-a-poeira-assassina-volta-do-amianto-pode-causar-epidemia-de-cancer>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. 161 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf. Acesso em: 28 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Métodos e técnicas de pesquisa qualitativa**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social, 2023. Disponível em: https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/pesquisas/documentos/relatorio/relatorio_276.pdf. Acesso em: 14 fev. 2025.

BRINKER, C. J.; SCHERER, G. W. **Sol-gel science**: the physics and chemistry of sol-gel processing. New York: Academic Press, 1990.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CARMO, P. I. O. **Gerenciamento de edificações**: proposta de metodologia para o estabelecimento de um sistema de manutenção de estruturas de concreto armado. 2000. Dissertação (Mestrado em Patologia das Construções) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

CARVALHO, N. F. de. **Verificação de patologias de elementos estruturais em concreto armado**: sugestão de procedimentos. Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.isegnet.com.br/siteedit/arquivos/Artigo%20Patologias%202009.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2025.

CÓIAS, V. **Guia prático para a conservação de imóveis**. Lisboa: Dom Quixote, 2004.

COSTA, A. A. **Recuperação de edificações históricas e sustentabilidade urbana**. Revista de Engenharia Civil, [s.l], 2016.

CREA-AL. **CREA-AL e IBAPE realizam visita técnica no emissário submarino para avaliar riscos**. 2024, setembro. Disponível em: <https://www.crea->

al.org.br/2024/09/crea-al-e-ibape-realizam-visita-tecnica-no-emissario-submarino-para-avaliar-riscos/. Acesso em: 20 mar. 2025.

DAL MOLIN, Denise C. C. **Patologia das estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 2012.

DAVID, Daniel M.; FILHO, Romeu D. B. **Princípios e métodos de reabilitação de estruturas de concreto armado**. 2020. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/PRINCÍPIOS_E_MÉTODOS_DE_REABILITACÃO_DE ESTRUTURAS_DE_CONCRETO_ARMADO.pdf. Acesso em: 26 mar. 2025.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (ENAP). **Módulo 4 – Patologia**. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/7815/4/M%C3%B3dulo%204%20-%20Patologia.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2025.

FEMA – Federal Emergency Management Agency. **Rapid visual screening of buildings for earthquake hazards**. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, 2001. Disponível em: <https://www.fema.gov>. Acesso em: 06 mar. 2025.

FERREIRA, Marta. **Patrimônio histórico e modernização urbana**. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 2012.

FONSECA, Juliana *et al.* **Fatores cardeais que comprometem a durabilidade das construções**. In: I Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural, Recife, 2016.

FREITAS, V.; SOUSA, M. **Reabilitação de edifícios: do diagnóstico à conclusão da obra**. Porto: Universidade do Porto, 2003.

G1. **O que se sabe sobre o desabamento da igreja**. G1, Bahia, 06 fev. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2025/02/06/o-que-se-sabe-desabamento-igreja.ghtml>. Acesso em: 21 fev. 2025.

G1. **Um ano depois, indiciados por desabamento do edifício Andrea ainda não sabem por qual crime serão julgados**. G1, 15 out. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/10/15/um-ano-depois-indiciados-por-desabamento-do-edificio-andrea-ainda-nao-sabem-por-qual-crime-serao-julgados.ghtml>. Acesso em: 11 fev. 2025.

G1. **Vistoria no emissário submarino de Maceió aponta risco de desabamento; não existe mais garantia de estabilidade, diz especialista**. G1, 26 set. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2024/09/26/vistoria-no-emissario-submarino-de-maceio-aponta-risco-de-desabamento-nao-existe-mais-garantia-de-estabilidade-diz-especialista.ghtml>. Acesso em: 11 fev. 2025.

GAZETA DE ALAGOAS: Abandonado pelo Estado, antiga sede da Secretaria de Educação é doada ao TJ. Alagoas, 05 maio 2022. Disponível em: <https://d.gazetadealagoas.com.br/cidades/348824/abandonado-pelo-estado-antiga-sede-da-secretaria-de-educacao-e-doadada-ao-tj>. Acesso em: 29 jan. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOICOECHA, M^a; MONJÍN, V. **Intervención en patología de la edificación: actuaciones en un diagnóstico**. In: 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios – PATORREB2006, Porto, 2006.

GONÇALVES, A.; ANDRADE, C.; CASTELLOTE, M. **Procedimientos de reparación y protección de armaduras**: manual de rehabilitación de estructuras de hormigón. São Paulo: Paulo Helene e Fernanda Pereira, 2003.

GURGEL, João Teodoro. **Patologia das estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GLOBAL TECH BRASIL. **Blokseal fachada impermeabilizante hidrofugante 5L**. Disponível em: <https://www.globaltechbrasil.com/ferramentas/blokseal-fachada-impermeabilizante-hidrofugante-5l>. Acesso em: 10 mar. 2025.

HARARI, J. **Desafios da engenharia civil**: a reabilitação de edificações urbanas. Rio de Janeiro: Editora Engenharia, 2019.

HELENE, Paulo R. L. **Patologia das estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Patologia das estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. Disponível em: <https://ces.ibge.gov.br/apresentacao/portarias/200-comite-de-estatisticas-sociais/base-de-dados/1146-censo-demografico.html>. Acesso em: 14 fev. 2025.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. **Manual de perícias de engenharia**. 3. ed. São Paulo: IBAPE, 2014.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. **Norma de inspeção predial nacional**. São Paulo: IBAPE, 2012. 18 p.

ISHIKAWA, K. **What is total quality control? the Japanese way**. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1985.

KAZMIERCZAK, C. S. **Desempenho de alvenarias de materiais cerâmicos à penetração de água da chuva**: uma análise de fatores condicionantes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

LABDGE. **Diagrama de Ishikawa**. Disponível em: <https://labdge.uff.br/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.

LIRA, Virginia; LORDSLEEM, Júnior; CASADO, Alberto. **Manifestações patológicas em inovações tecnológicas das vedações verticais de edificações habitacionais**. In: PATORREB, 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Feevale, 2019. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2025.

MARTINS, P. S.; ALMEIDA, R. F. **A aplicação do método Bizagi na otimização dos processos empresariais**. Revista de Administração e Negócios, v. 12, n. 3, p. 89-105, 2019.

MARTINS, Mauricio P.; LIMA, Paulo R. L.; LIMA, José M. F.; SANTOS, Geraldo B. **Análise numérica de vigas de concreto armado com diferentes taxas de armadura usando modelo de plasticidade**. ResearchGate, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Tensoes-na-armadura-na-ruptura-da-viga-a-subarmada-b-balanceada-e-c_fig2_352667213. Acesso em: 13 mar. 2025.

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba: [s.n.], 2012. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/78271271/inspecao-e-ensaios-em-estruturas-de-concreto-2012>. Acesso em: 12 abr. 2025

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2014.

MENDES, J. F. de. **Conservação e recuperação de edifícios históricos**. São Paulo: Construção e Patrimônio, 2015.

MEIRELLES, Célia. **Os processos de manutenção e seu impacto no ciclo de vida dos edifícios**. 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/119937960/Os_processos_de_manuten%C3%A7%C3%A3o_e_seu_impacto_no_ciclo_de_vida_dos_edif%C3%ADcios. Acesso em: 10 fev. 2025.

MELO, Guilherme D. B. **Manual de inspeção predial**: diretrizes, conceitos e procedimentos. São Paulo: PINI, 2016.

METTZER. **Coleta de dados**: como fazer e quais métodos usar? Blog da Mettzer, 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/coleta-de-dados/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO CEARÁ. **MPCE denuncia profissionais envolvidos no desabamento do edifício Andrea**. 2021. Disponível em: <https://mpce.mp.br/2021/10/mpce-denuncia-profissionais-envolvidos-no-desabamento-do-edificio-andrea/>. Acesso em: 17 jan. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (MPF). **Combate à exploração ilegal de madeira na Amazônia é tema de reunião do MPF com MMA, Ibama e órgãos ambientais**. Ministério Público Federal, 2025. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/am/sala-de-imprensa/noticias-am/combate-a-exploracao-ilegal-de-madeira-na-amazonia-e-tema-de-reuniao-do-mpf-com-mma-ibama-e-orgaos-ambientais>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

MOLITERNO, A. **Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

MC-BAUCHEMIE INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Manual técnico**: linha de produtos 2016/17. São Paulo, 2016, 117.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Rapid visual screening guidelines for the assessment of earthquake damaged buildings**. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2003. Disponível em: <https://www.nist.gov>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NOGUEIRA, Kelso Antunes. **Reação álcali-agregado**: diretrizes e requisitos da ABNT NBR 15577/2008. 2011. 60 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9A5HJ4>. Acesso em: 28 mar. 2025.

NÚCLEO DO CONHECIMENTO. **Recondicionamento de computadores**. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ciencia-da-computacao/recondicionamento-de-computadores>. Acesso em: 05 mar. 2025.

OLIVEIRA, Carlos A. **Edifícios históricos**: contributos para o patrimônio cultural. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2025.

OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, L. F.; COSTA, M. C. **Inspeção visual e diagnósticos de patologias em estruturas**: um estudo de caso. Rio de Janeiro: Engenharia & Construção, 2018.

OLIVEIRA, R. M. **Impactos econômicos da recuperação de edificações históricas**. São Paulo: Editora Engenharia Moderna, 2018.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. São Paulo, 2003.

PEREIRA, R. S.; SOUZA, L. F.; ALMEIDA, P. R. **Metodologias integradas na inspeção visual de edificações**: desafios e soluções. Belo Horizonte: Técnicas de Engenharia, 2020.

PEREIRA, Inês. **NBR 5674**: a bússola da gestão de manutenção predial. 2021. Disponível em: <https://dupliquedesembargador.com.br/2021/11/05/nbr-5674-a-bussola-da-gestao-de-manutencao-predial/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

PLUEDDENMANN, E. P. **Silane coupling agents**. New York: Springer US, 1991.

PENETRON BRASIL LTDA. **Penetron**: total concrete protection. Santo André, 2016,

QUESADA, G. **Procedimentos de reparo**. In: Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Cap. 6, Paulo Helene; Pereira, Fernanda, CYTED – XV-F, 2003.

RIEGL, Alois. **O culto moderno aos monumentos**: sua essência e sua origem. Tradução de Jorge Francisco Ismael de Lacerda. Rio de Janeiro: José Olympio, 2008.

RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: LTC, 2013.

SANTOS, Gabriel Vinícius dos. **Patologias na construção civil**: análise e causas das principais manifestações. 2021. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/444593e3-8b52-4919-9041-ca8b130c046e/download>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SANTOS, Maria L. **Diagrama de causa e efeito**: aplicações práticas na melhoria de processos. Revista de Engenharia e Gestão, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 85-95, 2015.

SANTOS, Cleyton Roberto Bezerra dos; SILVA, Dione Luiza da; NASCIMENTO, Ismaylly Michel Silva do. **Incidência de manifestações patológicas em edificações residenciais na região metropolitana do Recife (RMR)**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 3, 2017.

SANTOS, Maxwell. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas acadêmicas. Universidade Federal de Goiás, 2012. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 14 fev. 2025.

SAMPAIO, V. E. P. **Elaboração de um manual referente à tipologia das fissuras em alvenarias como ferramenta para auxiliar no diagnóstico das manifestações patológicas de edificações**: estudo de caso. 2019. 73 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Fatecs. Brasília: Centro Universitário de Brasília – Uniceub, 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, GESTÃO E PATRIMÔNIO DE ALAGOAS. **Mapa de localização (3ª edição)**. Maceió: Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio de Alagoas, 2021. Mapa. Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/438799d6-7375-4189a205%20debf4aff484/resource/b8229c82-76a8-4dfb-bccd-b8a32eacdb9d/download/mapalocalizacao.png>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SERRA, Victor. **Fechado para reforma desde 2018, Palácio Capanema pode ganhar andar exclusivo para obras de Oscar Niemeyer**. 2024. Disponível em: <https://diariodorio.com/fechado-para-reforma-desde-2018-palacio-capanema-pode-ganhar-andar-exclusivo-para-obras-de-oscar-niemeyer/>. Acesso em: 05 fev. 2025.

SEYMOUR, Linda M.; MARAGH, Janille; SABATINI, Paolo; TOMMASO, Michel di; WEAVER, James C.; MASIC, Admir. **Hot mixing**: mechanistic insights into the durability of ancient Roman concrete. Science Advances, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1-13, 6 jan. 2023. Semanal. American Association for the Advancement of Science (AAAS). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.add1602>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, A. L.; PEREIRA, M. C. **Patologias em alvenarias**: diagnóstico e soluções. Rio de Janeiro: Engenharia Civil Editora, 2007.

SILVA, João; SOUZA, Maria. **Patologias do concreto armado**: diagnóstico e manutenção. São Paulo: Engenharia Moderna, 2010.

SILVA, F. B. da. **Patologia das construções**: uma especialidade na engenharia civil. 2011. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, José de A. **Manual de manifestações patológicas em estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SILVA, Maria de Lourdes. **Fundamentos de clínica médica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Saúde, 2015.

SINDENERGIA. **Notícia 4904**. Sindenergia. Disponível em: <https://www.sindenergia.com.br/mostra.php?noticia=4904>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SIKA S.A. **Manuel técnico**: produtos SIKA. Osasco, 2016, 673.

SOUZA, A. B.; SILVA, C. D. **Cartografia e análise espacial**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora XYZ, 2020.

SOUZA, João. **Análise e previsão de cenários**: uma abordagem científica. São Paulo: Editora Acadêmica, 2010.

SOUZA, João. **Gestão da qualidade**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Atlas, 2010.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, Roberto de. **Contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes**: aplicação às janelas de uso habitacional. São Paulo: EPUSP, 1983.

SOUZA, F. T.; LIMA, A. S.; ANDRADE, M. R. **Inspeção visual em edificações**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Engenharia Moderna, 2019.

TIECHER, F. **Reação álcali-agregado**: avaliação do comportamento de agregados do sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2006. 178 p.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Boletín técnico – inspección, diagnóstico y pronóstico en la construcción civil**. Mérida, 2013. Disponível em: http://alconpat.org.br/wpcontent/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-e-Progn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf. Acesso em: 07 fev. 2025.

THOMAZ, Eduardo C. S. **Ataque por sulfatos**. Disponível em: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/ataque_por_sulfatos.pdf. Acesso em: 12 mar. 2025.

TRIBUNA HOJE. **Corpo de bombeiros resgata banhista que pulou de emissário submarino em Maceió**. Tribuna Hoje, 15 set. 2024. Disponível em: <https://tribunahoje.com/noticias/cidades/2024/09/15/143925-corpo-de-bombeiros-resgata-banhista-que-pulou-de-emissario-submarino-em-maceio>. Acesso em: 11 fev. 2025.

TRIBUNA HOJE. **MPF apura deterioração de emissário submarino em Maceió e risco de danos ambientais.** Tribuna Hoje, 27 set. 2024. Disponível em: <https://tribunahoje.com/noticias/cidades/2024/09/27/144528-mpf-apura-deterioracao-de-emissario-submarino-em-maceio-e-risco-de-danos-ambientais>. Acesso em: 11 fev. 2025.

UNEP. **Após décadas de uso, fabricantes de tintas cortam laços com o chumbo.** Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2025. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/apos-decadas-de-uso-fabricantes-de-tintas-cortam-lacos-com-o>. Acesso em: 12 fev. 2025.

VIAJANTE SEM FIM. **5 curiosidades incríveis sobre o Panteão de Roma.** Viajante Sem Fim, 13 fev. 2023. Disponível em: <https://viajantesemfim.com.br/5-curiosidades-incriveis-sobre-o-panteao-de-roma/>. Acesso em: 17 abr. 2025.