

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* PIUMHI
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Michele Campos de Castro

**DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE PIUMHI – MG**

Piumhi - MG

2025

Michele Campos de Castro

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE PIUMHI – MG

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Esp. Jéssica Marcelle Corradi
Diniz Gonçalves Martins

Coorientador: Me. Thiago Pastre Pereira.

Piumhi - MG

2025

C355d Castro, Michele Campos de.

Diagnóstico de manifestações patológicas em uma edificação residencial no município de Piumhi – MG [manuscrito] / Michele Campos de Castro. – 2025. 88 f. : il. color.

Orientadora: Jéssica Marcelle Corradi Diniz Gonçalves Martins.

Coorientador: Thiago Pastre Pereira.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus Piumhi*, 2025.

1. Engenharia civil. 2. Construção civil 3. Patologia – construção civil. 4. Recalque de estruturas. 5. Fissuras – edificações. I. Martins, Jéssica Marcelle Corradi Diniz Gonçalves. II. Pereira, Thiago Pastre. III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Piumhi*. IV. Título.

CDD 690.24

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Piumhi
Diretoria de Ensino
Docentes Campus Piumhi
Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi - MG
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

Michele Campos de Castro

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE PIUMHI-MG

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 17 de julho de 2025 pela banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Jéssica Marcelle Corradi Diniz Gonçalves Martins, Professora Substituta**, em 21/07/2025, às 11:06, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Gean Abner Ferreira de Sousa, Professor EBTT**, em 21/07/2025, às 22:54, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Stella Maria Gomes, Professora**, em 22/07/2025, às 17:31, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Pastre Pereira, Professor**, em 28/07/2025, às 08:46, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2391140** e o código CRC **EE1ED6ED**.

23715.000585/2024-92

2013897v1

Dedico este trabalho a todos os estudantes de engenharia, que, com dedicação e paixão, buscam transformar o conhecimento em soluções práticas para benefício da sociedade. Que este estudo inspire vocês, futuros engenheir@s, a perseverarem nos momentos mais desafiadores. Continuem a construir o futuro com compromisso, integridade e ética.

AGRADECIMENTO

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por me conceder força, saúde e sabedoria ao longo desta jornada acadêmica e profissional.

Aos meus pais, Ana Maria e Sebastião, expresso minha gratidão pela educação, amor incondicional, apoio constante e incentivo que sempre me proporcionaram.

Ao meu noivo, Luís Flávio, sou profundamente grata por todo apoio, carinho, respeito, paciência e, principalmente, por acreditar no meu potencial, especialmente nos momentos mais desafiadores.

Agradeço imensamente a minha orientadora, Jéssica Marcelle Corradi Diniz Gonçalves Martins e ao meu coorientador, Thiago Pastre Pereira, cujas: dedicação, paciência e orientações valiosas foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Aos meus colegas de curso, registro meu apreço pela troca de conhecimentos, companheirismo e apoio ao longo desses anos.

Ao meu supervisor de estágio agradeço pelo aprendizado e crescimento profissional adquirido e por contribuir significativamente para que a realização deste trabalho fosse possível.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Piumhi e aos professores do curso de Engenharia Civil pela dedicação e comprometimento na transmissão do conhecimento. Expresso minha sincera gratidão a cada um de vocês.

"A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original."

Albert Einstein

RESUMO

O surgimento da engenharia diagnóstica permitiu o estudo sistemático das principais anomalias em edificações. Semelhante ao que ocorre na medicina, essa abordagem possibilita que profissionais especializados realizem diagnósticos precisos, elaborem prognósticos e proponham as soluções de tratamento mais adequadas para cada caso específico, otimizando a durabilidade e segurança das construções. O presente Trabalho de Conclusão de Curso aborda a aplicação da engenharia diagnóstica no estudo das manifestações patológicas em edificações, por meio da análise de um caso real envolvendo uma residência unifamiliar. O objetivo principal foi diagnosticar as causas das anomalias observadas na residência localizada em Piumhi, Minas Gerais, avaliando seu estado atual e propondo soluções adequadas de recuperação. A metodologia adotada incluiu inspeções visuais sistemáticas e registros fotográficos, que permitiram identificar manifestações patológicas como fissuras, trincas e deslocamento de revestimentos. A análise dos dados apontou como causas principais os recalques diferenciais da fundação, devido a características do solo investigado, além da elevada infiltração capilar decorrente do acúmulo de umidade por excesso de vegetação próxima à edificação. A partir do diagnóstico, foram avaliados os riscos à segurança e sugeridas medidas corretivas. O estudo contribui para o aprimoramento das práticas na engenharia civil, promovendo uma abordagem mais eficaz na identificação e tratamento de edificações. Isso contribui para maior durabilidade e segurança das construções. Além disso, destaca-se a importância da realização de estudos preliminares antes do início de qualquer obra.

Palavras-chave: engenharia civil; construção civil; patologia – construção civil; recalque de estruturas; fissuras - edificações.

ABSTRACT

The emergence of diagnostic engineering has enabled a systematic approach to studying major anomalies in buildings. Much like in the field of medicine, this methodology allows specialized professionals to make accurate diagnoses, develop reliable prognoses, and propose the most suitable treatment solutions for each specific case—ultimately enhancing the safety and longevity of structures. This undergraduate thesis explores the application of diagnostic engineering in the analysis of pathological manifestations in buildings, using a real-world case study of a single-family residence. The primary objective was to diagnose the causes of visible anomalies in a home located in Piumhi, Minas Gerais, by assessing its current condition and proposing appropriate repair measures. The methodology involved systematic visual inspections and photographic documentation, which revealed several pathological issues, including cracks, fissures, and detachment of surface coatings. Data analysis identified the main causes as differential foundation settlement, influenced by the characteristics of the local soil, and high capillary moisture infiltration due to excessive vegetation near the building. Based on the diagnosis, safety risks were evaluated, and corrective actions were recommended. This study contributes to improving practices in civil engineering by promoting a more effective approach to identifying and addressing structural issues, thus supporting greater building durability and safety. It also emphasizes the importance of conducting preliminary studies before initiating any construction project.

Keywords: civil engineering; building construction; building pathology; structural settlement; cracks - buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de manifestações patológicas	17
Figura 2 - Representação de fissura geométrica e mapeada.....	21
Figura 3 - Fluxograma da Metodologia.....	34
Figura 4 - Croqui da residência	37
Figura 5 – Raízes fasciculadas de um coqueiro.....	38
Figura 6 - Resultado da Sondagem do Primeiro Furo	41
Figura 7 - Resultado da Sondagem do Segundo Furo	42
Figura 8 - Trinca em alvenaria da entrada	44
Figura 9 - Medição da trinca na alvenaria da entrada	44
Figura 10 – Fissuras mapeadas na parte inferior da fachada da residência	45
Figura 11 – Medição de fissuras constatando 0,2 mm	45
Figura 12 - Fissura próxima da janela da lavanderia.....	46
Figura 13 - Trinca localizada na interface entre a laje e a alvenaria de vedação	47
Figura 14 - Trinca horizontal em alvenaria da área externa	48
Figura 15 - Trinca de 0,8 mm saindo da janela da cozinha.....	49
Figura 16 – Fissuras com padrão geométrico no rejunte do revestimento da fachada	50
Figura 17 – Fenda entre a ligação de alvenarias na parte lateral direita externa	51
Figura 18 – Abertura gradual horizontal na parte superior da janela da sala	52
Figura 19 – Abertura gradual horizontal saindo da parte inferior da janela do quarto da frente	52
Figura 20 - Trinca diagonal saindo da janela da sala	53
Figura 21 - Deslocamento na calçada da residência.....	54
Figura 22 - Trinca de 1,5 mm em alvenaria da área externa.....	54
Figura 23 - Trincas na fachada externa da sala com vestígios de reparo superficial	55
Figura 24 - Registro do monitoramento das trincas na alvenaria interna da sala	56
Figura 25 - Trinca na cobertura da garagem	57
Figura 26 - Trinca longitudinal na viga lateral da garagem por excesso de flecha por flexão.....	58
Figura 27 - Trinca em quina de parede entre a sala e o dormitório da frente.....	59
Figura 28 - Vista interna da trinca diagonal no canto de parede	59
Figura 29 - Medição de trinca na parte lateral do escritório	60
Figura 30 - Trinca em parede lateral do escritório.....	61
Figura 31 - Trincas diagonais no escritório.....	62
Figura 32 - Medição da trinca na parede de divisória entre o escritório e a sala	63
Figura 33 - Trinca diagonal na parede de divisória entre o escritório e a sala	63
Figura 34 - Placa de gesso utilizada no monitoramento.....	64
Figura 35 - Trinca em quina de parede entre a sala e o escritório	65
Figura 36 - Trinca diagonal no quarto da frente	66
Figura 37 - Placa de vidro utilizada no monitoramento	67
Figura 38 - Reparo de uma fissura por costura	73

Figura 39 - Modelo de tela eletrossoldada74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Origem dos Problemas Patológicos.....	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das fissuras	20
Tabela 2- Informações iniciais.....	36
Tabela 3 - Recomendações técnicas para as manifestações patológicas que têm como possível causa recalque diferencial de baixa magnitude	71
Tabela 4 – Recomendações de tratamento para fissuras que têm como possível causa retrações térmicas e higroscópicas	75
Tabela 5 - Anomalia por falta de amarração acrescida de junta construtiva inadequada	76
Tabela 6 - Manifestação com causa provável a ausência de juntas de dilatação adequadas agravada por recalque diferencial de baixa magnitude e reações térmicas e higroscópicas	77
Tabela 7 - Manifestação que tem como causa provável ausência de amarração e falta de juntas de dilatação	78
Tabela 8 - Manifestações com causa provável a ausência de junta de dilatação; erro na execução da viga de verga agravada por recalque diferencial de pequena magnitude.....	79
Tabela 9 - Manifestação com causa provável a expansão térmica, empuxo de raízes e ausência de juntas de assentamento	80
Tabela 10 - Manifestação com causa provável a ocorrência recalque diferencial de pequena magnitude e retrações térmicas e higroscópicas	81
Tabela 11 - Manifestações com causa provável a deficiência de armadura	82

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

cm – centímetros

IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

Kg - quilograma

m – metros

m² - metros quadrados

mm – milímetros

NBR – Norma Brasileira

NSPT - Número de Golpes Padrão

SPT – *Standard Penetration Test* (Sondagem a percussão)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivo Específico.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS	17
2.2	FISSURAS: TIPOS, CAUSAS E CLASSIFICAÇÃO	19
2.2.1	Fissuras por Movimentações Térmicas	22
2.2.2	Fissuras por Movimentações Higroscópicas	22
2.2.3	Fissuras por Sobrecargas.....	23
2.2.4	Fissuras por Recalque Diferencial.....	23
2.3	FUNDAÇÕES: TIPOS E COMPORTAMENTOS	27
2.4	MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	27
2.5	NORMAS TÉCNICAS E VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES.....	30
3	METODOLOGIA	34
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
4.1	INFORMAÇÕES INICIAIS	36
4.1.1	Anamnese	39
4.2	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO.....	43
5	DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO E DO ALCANCE DO QUADRO PATOLÓGICO	68
6	RESUMO DAS MANIFESTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRATAMENTO	70
7	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

1 INTRODUÇÃO

A estrutura é o elemento fundamental de uma edificação, responsável por garantir sua estabilidade ao transferir os esforços e carregamentos para a fundação. Quando bem dimensionada, a fundação assegura a funcionalidade e a segurança da construção. No entanto, na busca por redução de custos, os estudos preliminares do solo muitas vezes são negligenciados, resultando em fundações superdimensionadas ou subdimensionadas. Essa prática pode gerar diversos problemas, especialmente quando combinada com fatores externos, como excesso de umidade em solos pouco resistentes.

Um dos principais problemas que comprometem a capacidade estrutural de uma edificação é o recalque diferencial. O termo "recalque" ou "assentamento" refere-se ao fenômeno em que uma edificação sofre rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

Para compreender as causas e efeitos dos diversos problemas construtivos, conhecidos como manifestações patológicas, surgiu a Engenharia Diagnóstica. Essa área da engenharia civil dedica-se ao estudo e análise das condições de uso e manutenção das edificações, possibilitando a preservação de sua qualidade, durabilidade e vida útil (GOMIDE *et al*, 2014).

Segundo Giovanni (2018), a Engenharia Diagnóstica nasceu da necessidade de conhecer a verdade sobre falhas construtivas. A recorrência de problemas em obras levou o setor técnico a desenvolver essa especialidade com o objetivo de alcançar altos padrões de qualidade e permitir a identificação precoce de anomalias que possam comprometer a vida útil das edificações. Essa abordagem possibilita intervenções assertivas por meio da análise detalhada das condições estruturais e dos sistemas construtivos.

As manifestações patológicas resultam de um conjunto de fatores, e não apenas de causas isoladas. Elas estão relacionadas às etapas do processo construtivo, desde o planejamento e projeto até a execução, escolha de materiais, uso e manutenção (SANTOS *et al*, 2014). Além disso, a ausência de manutenções periódicas, muitas vezes restritas a ações corretivas, acelera a degradação da edificação. Para mitigar ou evitar tais problemas, é essencial que haja um planejamento eficiente e um rigoroso controle de qualidade em todas as fases da obra.

Esse campo tem se consolidado com a criação de padrões de análise, pesquisas acadêmicas e o desenvolvimento de terminologias que possibilitam a transferência de conhecimento e a compreensão mais precisa das patologias construtivas. Além disso, o avanço de tecnologias inovadoras tem aprimorado os processos de inspeção predial, tornando-os mais eficazes e ampliando o reconhecimento dessa área.

Ao longo deste estudo, serão abordados os conceitos fundamentais da inspeção estrutural, os métodos de avaliação e as principais manifestações patológicas observadas em uma residência localizada em Piumhi, Minas Gerais. Em seguida, serão analisadas suas causas e propostas as intervenções necessárias para a correção dos problemas identificados.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Silva Jr. (2024), a Engenharia Diagnóstica exerce uma função essencial na conservação do patrimônio construído existente, contribuindo para a prevenção de acidentes e a valorização do mercado imobiliário. Nesse contexto, a segurança e a estabilidade das edificações residenciais são aspectos essenciais da engenharia civil, influenciando diretamente a qualidade de vida dos moradores e a durabilidade das construções.

Este estudo possibilitou que fosse feita uma análise detalhada de manifestações patológicas e condição de segurança de uma residência localizada em Piumhi, Minas Gerais (MG), buscando compreender as causas, os efeitos e as soluções mais adequadas para solucionar a problemática. Dessa forma, tornando possível aplicar conhecimentos teóricos à prática da engenharia civil, aprimorar técnicas e promover melhorias na durabilidade de edificações residenciais.

A escolha dessa residência específica justifica-se pela necessidade de avaliar a gravidade das anomalias encontradas, entre as quais destacam-se as trincas e fissuras, que podem afetar não apenas a estética da edificação, mas também sua segurança e vida útil. Assim, a correta identificação das causas dessas anomalias é essencial para a implementação de medidas corretivas eficazes, prevenindo agravamentos e assegurando a estabilidade da construção ao longo do tempo.

Além de beneficiar diretamente a edificação em questão, a pesquisa visa contribuir para o aprimoramento das práticas construtivas e de manutenção predial, fomentando a disseminação do conhecimento técnico sobre Patologia das Estruturas,

disciplina essencial para a avaliação e recuperação de edificações, possibilitando intervenções embasadas tecnicamente e evitando reparos paliativos ineficazes. Os resultados obtidos poderão servir de referência para estudos futuros e auxiliar profissionais da área na tomada de decisões mais assertivas em situações similares.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é fornecer o diagnóstico das manifestações patológicas identificadas na edificação em estudo, por meio da análise de suas causas e consequências, embasada em referenciais teóricos das áreas de patologia das construções e engenharia civil, visando subsidiar ações corretivas que contribuam para a segurança dos moradores e para a preservação e valorização do patrimônio imobiliário.

1.2.2 Objetivo Específico

- Realizar uma inspeção detalhada da residência para identificar e documentar quaisquer anomalias;
- Investigar as causas subjacentes das manifestações patológicas encontradas;
- Avaliar a gravidade das manifestações patológicas para entender o impacto potencial sobre a segurança e a integridade da estrutura;
- Sugerir soluções e recomendações embasadas em referências técnicas para a correção dos problemas identificados, contemplando intervenções de reparo e medidas preventivas, alinhadas aos conhecimentos adquiridos ao longo da formação acadêmica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

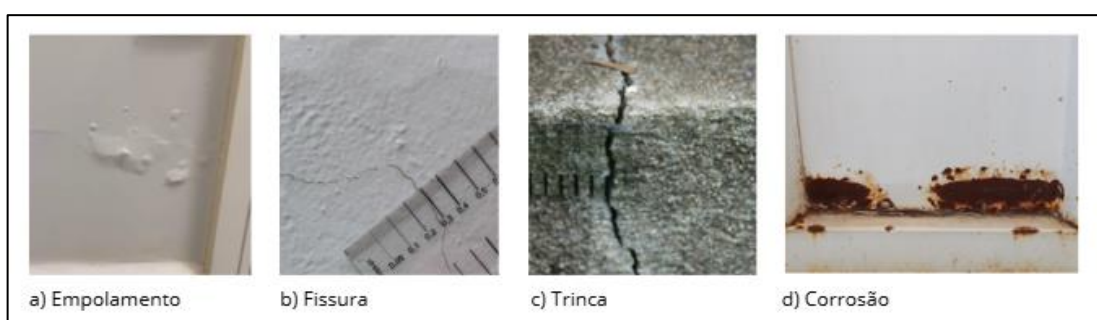
2.1 PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS

A patologia, em seu conceito geral, é a ciência que estuda a origem, os mecanismos, os sintomas e a natureza das doenças. O termo deriva do grego *phatos* (sofrimento, doença) e *logia* (ciência, estudo), significando, portanto, "estudo das doenças" (BOLINA; HELENE; TUTIKIAN, 2019). No âmbito da engenharia e construção civil, a patologia das construções se refere à análise das anomalias em elementos construtivos, buscando identificar suas causas, compreender a evolução do processo patológico e determinar as formas adequadas de intervenção.

Apesar da ampla utilização do termo "patologia" no setor da construção civil, é comum seu uso equivocado para descrever manifestações patológicas específicas. Conforme Silva (2011), é frequente a confusão entre patologia e manifestação patológica, sendo a primeira uma ciência que investiga e explica os fenômenos responsáveis pela degradação de edificações, enquanto a segunda corresponde aos sinais visíveis desse processo. Além disso, por se tratar de um campo de estudo, o termo "patologia" não deve ser utilizado no plural para referir-se a diferentes manifestações patológicas, embora esse uso seja recorrente em publicações acadêmicas.

As manifestações patológicas em edificações são fenômenos que indicam anomalias no comportamento de elementos construtivos, podendo comprometer a durabilidade, a estética e, em casos mais severos, a segurança da estrutura. De acordo com Helene e Andrade (1993), elas podem se manifestar de diferentes formas, como fissuras, trincas, empolamento, corrosão, entre outras. A Figura 1 retrata os exemplos citados.

Figura 1 – Exemplos de manifestações patológicas



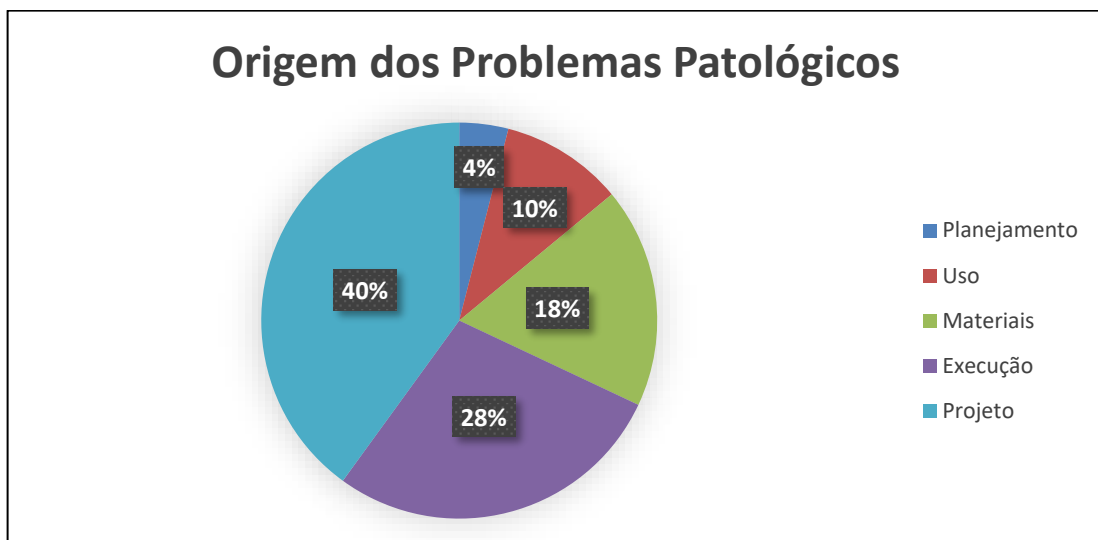
Fonte: Arquivo Próprio, 2025.

Nesse contexto, as manifestações patológicas desempenham um papel fundamental, pois podem indicar tanto um risco iminente de colapso estrutural quanto a necessidade de manutenções preventivas para preservar a qualidade e a longevidade da edificação (VIEIRA, 2016).

Segundo Souza e Ripper (1998), os principais fatores que contribuem para o surgimento dessas manifestações patológicas são divididos em quatro categorias: erros de projeto, inadequações durante a execução da obra, uso inadequado da edificação e falta de manutenção. Além disso, fatores ambientais e geotécnicos, como variações de umidade do solo, podem provocar deslocamentos diferenciais e impactar diretamente o comportamento estrutural de uma residência.

De acordo com Helene (1992), o ciclo de vida de uma edificação pode ser segmentado em cinco fases principais: planejamento, projeto, fabricação dos materiais, execução e uso. As quatro primeiras etapas, que abrangem o período de concepção e construção, tendem a ocorrer em um intervalo relativamente curto, aproximadamente dois anos, em contraste com a fase de uso, que geralmente se estende por mais de cinco décadas. O gráfico 1 relaciona a origem dos problemas patológicos com as etapas do processo construtivo.

Gráfico 1- Origem dos Problemas Patológicos



Fonte: Adaptado de Helene, 1992.

Helene (1992) evidencia que as manifestações patológicas nas edificações podem ter origens diversas, distribuídas ao longo de várias etapas do processo construtivo. Conforme ilustrado, a fase de projeto é responsável por 40% das

anomalias construtivas, seguida da execução com 28%, materiais com 18%, uso com 10% e planejamento com 4%. Essa distribuição reforça que as falhas não estão restritas a um único momento da obra, podendo ocorrer desde o planejamento inicial até o uso da edificação. No entanto, observa-se que a maior incidência está relacionada ao projeto, indicando que deficiências na concepção e detalhamento técnico têm grande influência no surgimento de problemas. Ainda assim, o autor destaca que, muitas vezes, estes problemas se manifestam de forma mais intensa durante a fase de utilização, período em que a estrutura está submetida às condições reais de carregamento e ambiente, revelando falhas acumuladas ao longo das etapas anteriores.

A identificação e a análise das manifestações patológicas são essenciais para o diagnóstico correto das causas e, conseqüentemente, para a definição de estratégias de recuperação e prevenção. Nesse sentido, Giannusso (2008) ressalta que o diagnóstico deve considerar aspectos visuais, históricos e técnicos da edificação, além de envolver profissionais capacitados para a correta interpretação das evidências.

2.2 FISSURAS: TIPOS, CAUSAS E CLASSIFICAÇÃO

As fissuras estão entre as manifestações patológicas mais comuns em edificações e, geralmente, são as que mais despertam a atenção dos usuários, mesmo quando não indicam riscos estruturais imediatos (SOUZA; RIPPER, 1998). Elas podem se manifestar em diversos elementos construtivos, tanto estruturais quanto não estruturais, como paredes, lajes, vigas e pisos.

Segundo Azevedo *et al.* (2010), fissuras são aberturas lineares que evidenciam a perda de continuidade do material, podendo comprometer aspectos estéticos, funcionais ou estruturais da edificação. Ainda que nem todas as fissuras representem ameaça à estabilidade, sua ocorrência demanda análise técnica criteriosa para a identificação das causas e a definição das intervenções necessárias.

As fissuras podem ser classificadas de acordo com diversos critérios, como localização, direção, profundidade, abertura e atividade. Segundo Souza e Ripper (1998), quanto à atividade, as fissuras podem ser:

- **Fissuras ativas:** aquelas que continuam se abrindo ou se modificando com o tempo, indicando que os esforços ou movimentos causadores ainda estão

atuando na estrutura. Essas fissuras requerem monitoramento técnico contínuo e, muitas vezes, intervenção corretiva mais complexa;

- **Fissuras passivas:** aquelas que estão estabilizadas, ou seja, não apresentam evolução significativa, sendo geralmente possíveis de tratar com soluções estéticas ou funcionais, dependendo do caso.

Além disso, conforme Souza e Ripper (1998), quanto à influência no desempenho estrutural, as fissuras se classificam em:

- **Fissuras estruturais:** comprometem o desempenho da estrutura e geralmente estão associadas a recalques, esforços excessivos, falhas de projeto ou execução. Demandam atenção especial quanto à estabilidade e segurança;

- **Fissuras não estruturais:** estão relacionadas, em geral, a retrações, dilatações térmicas, variações de umidade ou movimentações naturais dos materiais, e não comprometem a estabilidade da edificação, ainda que possam afetar a estética e a durabilidade.

A direção, por exemplo, pode fornecer indícios sobre sua origem. Fissuras verticais ou inclinadas em paredes, por exemplo, podem indicar recalques diferenciais, enquanto fissuras horizontais próximas a vergas de aberturas sugerem tensões localizadas (CORDEIRO, 2001).

Para auxiliar na avaliação da gravidade das fissuras, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012) propõe uma classificação baseada na abertura da fissura, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das fissuras

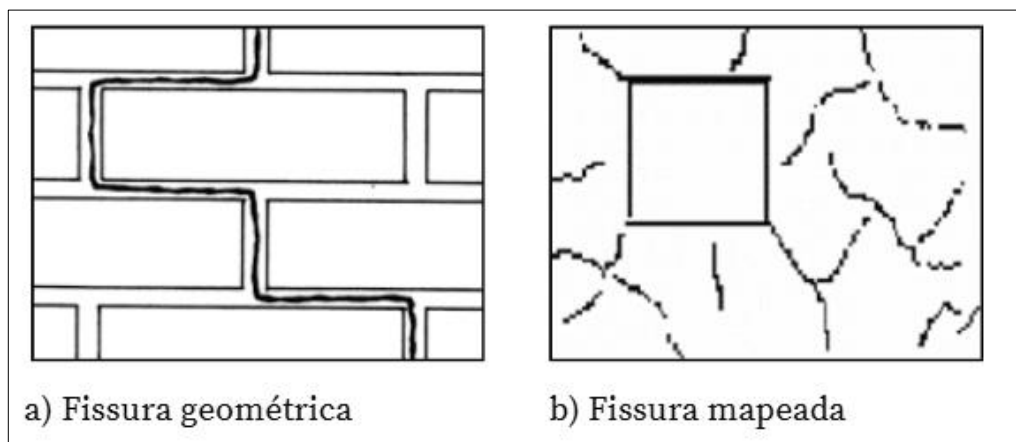
Tipo	Abertura (mm)
Fissura capilar	< 0,2
Fissura	0,2 – 0,5
Trinca	0,5 – 1,5
Rachadura	1,5 – 5,0
Fenda	5,0 – 10,00
Brecha	> 10,00

Fonte: Adaptado de IBAPE, 2012.

Além disso, de acordo com Custódio (2010), as fissuras também podem ser agrupadas de acordo com o padrão de sua morfologia e classificadas em

geométricas ou mapeadas, ilustradas na Figura 2. As fissuras geométricas caracterizam-se por traçados definidos como verticais, horizontais, inclinados ou curvos, estando geralmente associadas a esforços mecânicos, recalques diferenciais, movimentações estruturais ou falhas de execução. Já as fissuras mapeadas apresentam aspecto reticulado, semelhante a uma malha ou contorno de mapa, sendo comumente resultantes de retrações térmicas, higroscópicas, processos de cura inadequados ou reações expansivas internas, como a reação álcali-agregado.

Figura 2 - Representação de fissura geométrica e mapeada



Fonte: Adaptado de Thomaz, 2020.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua Norma Brasileira (NBR) 15575 de 2021, que trata do desempenho de edificações habitacionais, propõe critérios para avaliar a severidade de manifestações patológicas com base na largura das fissuras e trincas, relacionando esses danos ao comprometimento do desempenho funcional da edificação. De forma geral, fissuras com aberturas inferiores a 0,5 mm são consideradas de baixa severidade, normalmente com impacto estético; entre 0,5 mm e 1,5 mm, podem ser classificadas como de severidade moderada, podendo afetar a estanqueidade ou durabilidade; já fissuras com abertura superior a 1,5 mm podem indicar alto grau de comprometimento, exigindo avaliação estrutural e intervenções corretivas, pois podem comprometer segurança e estabilidade da edificação.

Essa abordagem múltipla de classificação é fundamental para a correta interpretação do fenômeno da fissuração e para a definição das medidas de reparo ou intervenção mais adequadas, evitando soluções provisórias ou inadequadas. A

origem das fissuras pode estar associada a diversos fatores, isolados ou combinados. Segundo Thomaz (2020), entre as principais causas estão:

- Movimentações térmicas;
- Movimentações higroscópicas;
- Atuação de sobrecargas;
- Recalques diferenciais.

2.2.1 Fissuras por Movimentações Térmicas

As movimentações térmicas ocorrem devido à dilatação e contração dos materiais da edificação em função das variações de temperatura ao longo do tempo. Quando tais deformações são restringidas pelos vínculos estruturais, surgem tensões internas que podem ocasionar fissuras (OLIVEIRA, 2012).

A magnitude dessas tensões depende das propriedades físicas dos materiais, da amplitude térmica e da rigidez dos vínculos. Além disso, deslocamentos diferenciais entre materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica também favorecem o surgimento de fissuras.

Segundo Oliveira (2012), os principais fatores que contribuem para as fissuras térmicas são:

- Contato entre materiais com diferentes coeficientes de dilatação;
- Exposição desigual dos elementos a variações térmicas;
- Gradiente térmico ao longo de um mesmo elemento.

Como medida preventiva, recomenda-se o uso de juntas de dilatação, escolha de materiais com características térmicas compatíveis e detalhamento adequado no projeto.

2.2.2 Fissuras por Movimentações Higroscópicas

As fissuras também podem surgir devido às variações do teor de umidade em materiais porosos, que tendem a se expandir quando úmidos e a se contrair com o ressecamento. Essa movimentação higroscópica, se restringida, provoca tensões internas capazes de gerar fissuras (CAPORRINO, 2018).

As fontes de umidade incluem:

- Umidade residual de fabricação dos componentes cimentícios;
- Umidade incorporada durante o processo construtivo;

- Umidade atmosférica e da chuva;
- Umidade proveniente do solo por capilaridade.

O controle dessas fontes exige o uso adequado de impermeabilizantes, correta execução dos serviços e escolha de materiais com baixa absorção hídrica.

2.2.3 Fissuras por Sobrecargas

Sobrecargas também são causas comuns de fissuração. Podem resultar de falhas no dimensionamento estrutural, erros de execução, mudanças de uso da edificação ou aplicação de cargas superiores às previstas em projeto (MILITITSKY *et al.*, 2015).

Em estruturas de concreto armado, a fissuração em regiões tracionadas é considerada no dimensionamento, com o objetivo de controlar aberturas e garantir desempenho estético, funcional e de durabilidade. Já em alvenarias, as sobrecargas podem gerar:

- **Trincas verticais:** resultantes da flexão localizada de blocos sob compressão;
- **Trincas horizontais:** causadas pela ruptura por compressão ou por flexocompressão.

Caporrino (2018) alerta que, além de comprometerem o desempenho da edificação, fissuras podem causar insegurança nos usuários, exigindo monitoramento e tratamento adequado.

2.2.4 Fissuras por Recalque Diferencial

O recalque é definido como o deslocamento vertical descendente de uma fundação ou parte da estrutura, resultante da compressão do solo de apoio (ARAÚJO; SILVA; 2014). De acordo com a literatura técnica, os recalques podem ser classificados de diversas maneiras, sendo a distinção mais comum aquela entre recalques uniformes e diferenciais. O recalque uniforme ocorre quando toda a fundação sofre assentamento de forma homogênea, geralmente sem acarretar danos estruturais significativos. Por outro lado, o recalque diferencial caracteriza-se por deslocamentos desiguais entre diferentes pontos da estrutura, o que pode provocar fissuras, deslocamentos, deformações em elementos construtivos e até instabilidade da edificação (MILITITSKY, 2015; MASSAD, 1992).

Segundo Gusmão e Teixeira (2007), o recalque diferencial é uma das causas mais frequentes de manifestações patológicas em edificações, especialmente em estruturas de pequeno porte, como residências, que frequentemente utilizam fundações rasas e simples. Esse tipo de recalque pode gerar fissuras em paredes e elementos estruturais, além de desnivelamentos de pisos e deformações que comprometem o desempenho funcional e estrutural da edificação.

As principais causas do recalque diferencial estão relacionadas à heterogeneidade do solo, diferença de carregamento estrutural, execução inadequada das fundações, compactação insuficiente do solo de apoio e à presença de água subterrânea, que pode causar variações no volume do solo (FREITAS; MARQUES, 2008). Em especial, os solos argilosos apresentam maior sensibilidade a mudanças de umidade, o que intensifica a ocorrência de recalques.

A NBR 6122 (ABNT, 2019), que trata do projeto e execução de fundações, destaca que a análise geotécnica prévia do terreno é essencial para prever os recalques admissíveis e evitar problemas de instabilidade. Quando o recalque ultrapassa os limites estabelecidos pela norma ou quando ocorre de forma desigual entre diferentes pontos da estrutura, os efeitos tornam-se visíveis por meio de trincas inclinadas, fissuras diagonais em cantos de portas e janelas e deformações permanentes nos elementos estruturais.

Para se prevenir o recalque diferencial, é necessário considerar não apenas o tipo de fundação, mas também a interação solo-estrutura, adotando métodos de projeto que garantam a distribuição equilibrada das cargas e a adaptação da fundação às condições do terreno.

Segundo Milititsky *et al* (2015) a ausência de investigação geotécnica é uma das principais causas de falhas em fundações, comprometendo a estabilidade da edificação. Em obras de pequeno e médio porte, estima-se que cerca de 80% dos problemas de fundação resultam da falta de conhecimento do subsolo, levando à escolha inadequada de soluções e ao surgimento de anomalias, como:

- Rupturas ou recalques excessivos devido a tensões de contato incompatíveis com as características reais do solo;
- Deformações por recalques em fundações executadas sobre aterros heterogêneos;
- Recalques significativos em solos compressíveis sem estudo prévio;

- Ruptura ou deslocamento excessivo por apoio da fundação em solos moles sem análise adequada de recalques.

Milititsky *et al* (2015), ainda ressalta que o recalque ocorre quando há ruptura do contato entre a fundação e o solo, resultando em um afundamento além do previsto em projeto. Embora todo sistema de fundação esteja sujeito a recalques, seu controle é essencial para garantir o desempenho e a segurança da estrutura.

Os danos associados aos recalques são classificados em três categorias:

a) Danos estéticos e visuais: não comprometem a integridade da edificação;

b) Danos funcionais: afetam o uso e desempenho da estrutura;

c) Danos estruturais: representam riscos à estabilidade da edificação e à segurança dos usuários.

Segundo Thomaz (2020), os solos são formados por partículas sólidas, entre as quais se encontram água, ar e, em certos casos, material orgânico. Quando submetidos a cargas externas, todos os tipos de solo se deformam em maior ou menor grau. Quando essas deformações ocorrem de forma não uniforme ao longo do plano de fundações, podem surgir tensões elevadas que se transferem à estrutura da edificação, favorecendo o aparecimento de fissuras.

Em solos compostos por argilas duras ou argilas compactas, os recalques geralmente estão associados a deformações por mudança de forma, sendo influenciados diretamente pela carga aplicada e pelo módulo de deformação do solo. Por outro lado, em solos mais moles e pouco resistentes, os recalques tendem a ocorrer principalmente por redução de volume, resultante da migração da água do interior das zonas de tensão para regiões de menor pressão. O autor destaca que este processo é conhecido como consolidação e refere-se à diminuição de volume do solo provocada pela percolação da água entre seus poros.

Em solos com alta permeabilidade, como as areias, esse fenômeno ocorre de forma relativamente rápida, com recalques manifestando-se logo após a aplicação das cargas. Já em solos com baixa permeabilidade, como as argilas, o processo de consolidação é mais lento, podendo se estender por vários anos. Inclusive, mesmo camadas finas de argila presentes entre rochas estão sujeitas a esse tipo de comportamento.

Além disso, os recalques podem ser classificados quanto ao tempo de ocorrência. O recalque imediato, também chamado de elástico, ocorre logo após a

aplicação das cargas, sendo típico em solos granulares. Já o recalque de consolidação ocorre ao longo do tempo, em solos argilosos saturados, como resultado da expulsão da água dos poros e da dissipação da pressão neutra, o que leva à compactação das partículas (PECK; TERZAGHI, 1967; DAS, 2013). Há ainda os recalques tardios, associados a variações de umidade, processos de acomodação do solo ou à presença de materiais orgânicos em decomposição, e que ocorrem mesmo após o término da fase de consolidação (AZEVEDO, 2014).

Outro tipo importante é o recalque angular, que ocorre quando uma parte da fundação sofre maior assentamento que outra, provocando uma rotação em torno de um eixo horizontal. Essa condição pode comprometer o prumo da edificação, causar mau funcionamento de esquadrias e aumentar as tensões internas em elementos estruturais (CAPUTO, 1988).

As causas dos recalques podem estar relacionadas à heterogeneidade do subsolo, falhas de execução, sobrecargas não previstas, variações climáticas, interferências hidrológicas ou presença de vegetação com raízes profundas próximas à fundação (FERNANDES, 2009). Assim, a correta identificação e análise dos tipos e causas de recalque são essenciais para o diagnóstico de manifestações patológicas e para o adequado dimensionamento de fundações.

Conforme apontam Custódio et al. (2013) e Thomaz (2020), recalques diferenciais de pequena magnitude podem ocorrer em fundações assentes sobre solos heterogêneos ou sujeitos a variações localizadas de umidade, sem necessariamente comprometer a estabilidade global da estrutura. Nessas situações, os efeitos mais comuns são manifestações patológicas leves, como trincas em alvenarias de vedação, sendo possível que tais deslocamentos se estabilizem com o tempo, não havendo, portanto, necessidade imediata de reforço estrutural.

A sondagem a percussão (SPT – *Standard Penetration Test*) é um ensaio geotécnico amplamente utilizado para caracterizar o subsolo, fornecendo dados essenciais para a escolha de fundações, como perfil estratigráfico, nível do lençol freático e resistência à penetração. Esse ensaio contribui para a segurança e viabilidade econômica do projeto, evitando superdimensionamentos e custos desnecessários. A ausência desse estudo pode resultar na escolha inadequada da fundação, gerando problemas técnicos e financeiros durante a execução e ao longo da vida útil da estrutura (GOMES et al, 2013).

2.3 FUNDAÇÕES: TIPOS E COMPORTAMENTOS

As fundações são os elementos estruturais responsáveis por transmitir as cargas da edificação ao solo de forma segura, estável e dentro dos limites de deformação aceitáveis. A escolha adequada do tipo de fundação está diretamente relacionada às características do solo e às cargas atuantes, sendo essencial para a estabilidade da estrutura como um todo (AOKI; CINTRA, 2014).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), as fundações são classificadas em superficiais (ou diretas) e profundas. As fundações superficiais, como sapatas, blocos e radier, são utilizadas quando o solo resistente está próximo à superfície. Já as fundações profundas, como estacas e tubulões, são indicadas quando é necessário transferir as cargas a camadas mais profundas, com maior capacidade de suporte.

As fundações superficiais, por serem as mais comuns em edificações residenciais de pequeno porte, estão mais suscetíveis a recalques diferenciais quando o solo apresenta variações de resistência ou é sensível a alterações de umidade, como acontece em solos argilosos e colapsíveis. Segundo Aoki e Cintra (2014), falhas de dimensionamento, execução incorreta ou ausência de estudos geotécnicos detalhados podem comprometer o desempenho da fundação e levar a manifestações patológicas.

Além disso, o comportamento da fundação deve ser analisado em conjunto com o sistema estrutural da edificação, considerando a interação solo-estrutura, que influencia diretamente na distribuição de esforços e na forma como o recalque se manifesta. Segundo Décourt (1996), mesmo pequenas diferenças de rigidez ou de carregamento podem resultar em recalques diferenciais expressivos, caso o solo de apoio não seja uniforme ou adequadamente preparado.

Portanto, a correta escolha, dimensionamento e execução das fundações são etapas cruciais para evitar problemas como recalques diferenciais e fissuras estruturais, especialmente em áreas urbanas onde há grande diversidade de solos e interferências.

2.4 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O diagnóstico das manifestações patológicas em edificações é uma etapa fundamental para a identificação precisa das causas e para a definição de intervenções adequadas. Segundo Souza e Ripper (1998), o diagnóstico deve ir além

da simples observação dos sintomas visíveis, exigindo a análise técnica das condições estruturais, históricas e construtivas da edificação.

Dentre os métodos de diagnóstico, a inspeção visual ou investigação direta in loco é amplamente empregada para a identificação de manifestações patológicas (CARVALHO, 2009). Segundo Mazer (2012), trata-se de um método não destrutivo, aplicável a diversos componentes estruturais, com vantagens como simplicidade e baixo custo. No entanto, a eficácia desse procedimento depende da atuação de um profissional qualificado, capaz de interpretar corretamente os sinais de deterioração e indicar as medidas de correção adequadas.

Para um diagnóstico mais aprofundado, pode-se recorrer a ensaios complementares, como:

- **Esclerometria**, para avaliar a dureza superficial do concreto;
- **Pacomtria**, para identificação e verificação da posição das armaduras;
- **Termografia infravermelha**, útil para detectar vazamentos e áreas com perda de aderência;
- **Sondagens geotécnicas**, para avaliar a composição e resistência do solo de fundação;
- **Monitoramento com fissurômetro**, para acompanhar a evolução de fissuras ao longo do tempo (SOUZA *et al.*, 2012).

Além dos ensaios, também é possível utilizar mecanismos para monitorar a atividade das fissuras. Entre os métodos empregados, destacam-se os selos adesivos milimetrados, placas de vidro e as placas de gesso, que auxiliam na identificação da atividade ou estabilização da fissura ao longo do tempo.

Os selos adesivos são dispositivos comercializados com escala milimétrica, geralmente fabricados em plástico transparente e fixados com adesivo sobre a fissura. Eles permitem a mensuração da movimentação em diferentes direções, sendo amplamente utilizados em inspeções técnicas por sua precisão e facilidade de aplicação.

Segundo o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE (2012), esses selos devem ser aplicados perpendicularmente à trinca, após limpeza da superfície, de modo que as marcações centrais coincidam com o traçado da fissura. Com o tempo, qualquer movimentação diferencial entre os lados da trinca resultará no desalinhamento da escala, permitindo o controle dimensional da abertura.

As placas de gesso representam um método mais simples e de baixo custo, comumente utilizado em inspeções preliminares. Consiste na aplicação de uma pequena quantidade de gesso moldado sobre a fissura, de forma que una suas extremidades. A ruptura do selo de gesso ao longo do tempo indica que a fissura está ativa, ou seja, há movimentação em curso (CUSTÓDIO, 2017).

Embora não permita medições quantitativas, esse método fornece uma indicação clara e visual da existência de movimentação. Por outro lado, apresenta limitações, como fragilidade a impactos, variações térmicas e umidade, que podem comprometer sua eficiência (OLIVEIRA; AZEVEDO, 2005).

Outro recurso empregado no monitoramento de trincas são as placas de vidro, que, assim como as de gesso, têm aplicação simples e baixo custo. O método consiste na colagem de uma lâmina de vidro sobre a trinca por meio de gesso ou resina rígida. Caso a fissura continue se movimentando, a placa se rompe, indicando sua atividade (CUSTÓDIO, 2017). Apesar de não fornecer dados quantitativos, é eficaz como indicador visual e pode ser utilizado de forma complementar a outros instrumentos. Contudo, apresenta limitações semelhantes às do gesso, como sensibilidade a impactos ou vibrações externas (SOUZA e RIPPER, 1998).

Conforme orienta o Manual de Perícias de Engenharia do IBAPE/SP (2021), o monitoramento de fissuras deve ser realizado inicialmente por um período mínimo de 90 dias, especialmente quando se pretende identificar se as trincas são ativas. Para esse acompanhamento, recomenda-se a instalação de testemunhos simples, como placas de gesso, vidro ou acrílico, ou ainda o uso de marcadores com escala milimétrica, que permitem verificar eventuais progressões. Caso se constate a continuidade da movimentação, o período de observação deve ser estendido, podendo alcançar de 6 a 12 meses ou mais, conforme a complexidade do caso.

Em situações envolvendo recalques diferenciais ou variações sazonais de umidade em solos argilosos, é aconselhável que o monitoramento se estenda por um ciclo climático completo (seco e chuvoso). Essa abordagem é também respaldada por Souza e Ripper (1998), que recomendam períodos prolongados de observação para obtenção de diagnósticos mais seguros quanto à estabilidade das manifestações patológicas. Além dos métodos instrumentais, o levantamento documental, incluindo projetos, memoriais, relatórios de execução e dados sobre reformas ou modificações realizadas, pode fornecer informações valiosas para a análise.

Segundo Helene e Medeiros (2010), o diagnóstico bem conduzido deve culminar na elaboração de um laudo técnico que apresente não apenas os sintomas observados, mas também suas prováveis causas, os mecanismos de evolução do dano e recomendações de intervenção baseadas em critérios técnicos e de desempenho.

2.5 NORMAS TÉCNICAS E VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES

As normas técnicas são essenciais para orientar boas práticas de projeto, execução, inspeção e manutenção de edificações. Elas definem critérios que visam garantir o desempenho, a segurança e a durabilidade das construções ao longo do tempo, especialmente frente às manifestações patológicas como fissuras e recalques diferenciais.

A NBR 6122:2019 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019) é a referência principal para o dimensionamento de fundações, destacando a importância de investigações geotécnicas e da compatibilização entre solo, carga e tipo de fundação. Ela define critérios para prevenir recalques excessivos ou diferenciais.

A NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2023) estabelece os requisitos para o dimensionamento de estruturas de concreto armado, abordando limites de fissuração, durabilidade e desempenho sob ações permanentes e variáveis.

Já a NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (ABNT, 2012) trata da gestão da manutenção predial ao longo do ciclo de vida da edificação. Ela reforça a importância de ações preventivas e corretivas como forma de preservar a integridade estrutural e evitar a evolução de danos como os provocados por recalques diferenciais.

A vida útil de uma edificação refere-se à expectativa de duração da estrutura ou de seus componentes dentro dos limites admissíveis de projeto, ao longo de seu ciclo de vida (POSSAN; DEMOLINER, 2013). A ISO 13823 (2008) define durabilidade como a capacidade de uma estrutura ou de seus elementos de atender aos requisitos de desempenho do projeto por um período determinado, considerando a manutenção planejada e os impactos ambientais ou o processo natural de envelhecimento.

A durabilidade das edificações é fundamental para assegurar sua segurança, funcionalidade e viabilidade econômica ao longo do tempo. A norma NBR

15575:2021, que trata do desempenho das edificações habitacionais, define critérios que abrangem aspectos essenciais da vida útil das construções, visando à redução de falhas, à minimização de custos com reparos e à promoção de conforto e segurança para os usuários.

Entre os conceitos estabelecidos pela norma, destaca-se a Vida Útil de Projeto, que representa o período estimado durante o qual um sistema deve manter seu desempenho satisfatório, desde que sejam observadas as condições adequadas de uso e manutenção. É importante ressaltar que essa definição se diferencia de termos como durabilidade, tempo de vida útil ou garantia, frequentemente confundidos.

A norma estipula uma vida útil mínima de 50 anos para edificações habitacionais. No entanto, esse período pode ser comprometido por falhas de projeto, execução inadequada, manutenção deficiente ou uso indevido da estrutura. Dessa forma, a longevidade da construção depende, principalmente, de três fatores: qualidade no projeto e na execução, manutenção preventiva e uso consciente da edificação. O desempenho estrutural está diretamente vinculado à eficiência do projeto e à correta aplicação das normas técnicas. A NBR 15575:2021 recomenda práticas como:

- Dimensionamento adequado das estruturas, conforme normas específicas (ex.: NBR 6118 para concreto armado);
- Emprego de materiais compatíveis com as condições ambientais;
- Adoção de sistemas eficazes de impermeabilização para evitar infiltrações e degradação prematura;
- Execução conforme padrões técnicos que assegurem a integridade e a durabilidade da construção.

A manutenção é outro pilar essencial para conservar a vida útil da edificação. Entre as ações recomendadas estão:

- Realização de inspeções periódicas para identificar patologias como fissuras, corrosão e infiltrações;
- Limpeza e conservação de coberturas, calhas e sistemas de drenagem;
- Reaplicação de revestimentos protetivos em áreas expostas a agentes agressivos, como umidade e variações térmicas.

O comportamento dos usuários também exerce papel determinante na conservação da edificação. Para contribuir com sua durabilidade, é importante:

- Evitar sobrecargas, respeitando os limites estabelecidos em projeto;
- Garantir boa ventilação interna, prevenindo o acúmulo de umidade;
- Realizar reformas apenas com orientação técnica, principalmente quando envolverem elementos estruturais.

Em síntese, a aplicação das diretrizes da NBR 15575, aliada a um projeto bem elaborado, à seleção de materiais adequados, à execução conforme normas e à manutenção contínua, é essencial para ampliar a vida útil das edificações. Esse conjunto de boas práticas promove construções mais seguras, eficientes e sustentáveis.

A NBR 16747:2020 – Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento atualiza e sistematiza os processos de inspeção predial, definindo critérios para classificação de riscos, elaboração de laudos e tomada de decisões quanto à manutenção ou necessidade de intervenção técnica. As etapas do processo de inspeção predial são mostradas a seguir:

- Levantamento de dados e documentação;
- Análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados;
- Anamnese para identificação de características como idade, histórico de manutenção, intervenções, reformas e alterações de uso ocorridas;
- Vistoria da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes;
- Classificação das irregularidades constatadas;
- Recomendações técnicas para regularização das inconformidades;
- Organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações do inspetor predial;
- Avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674;
- Avaliação do uso;
- Redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

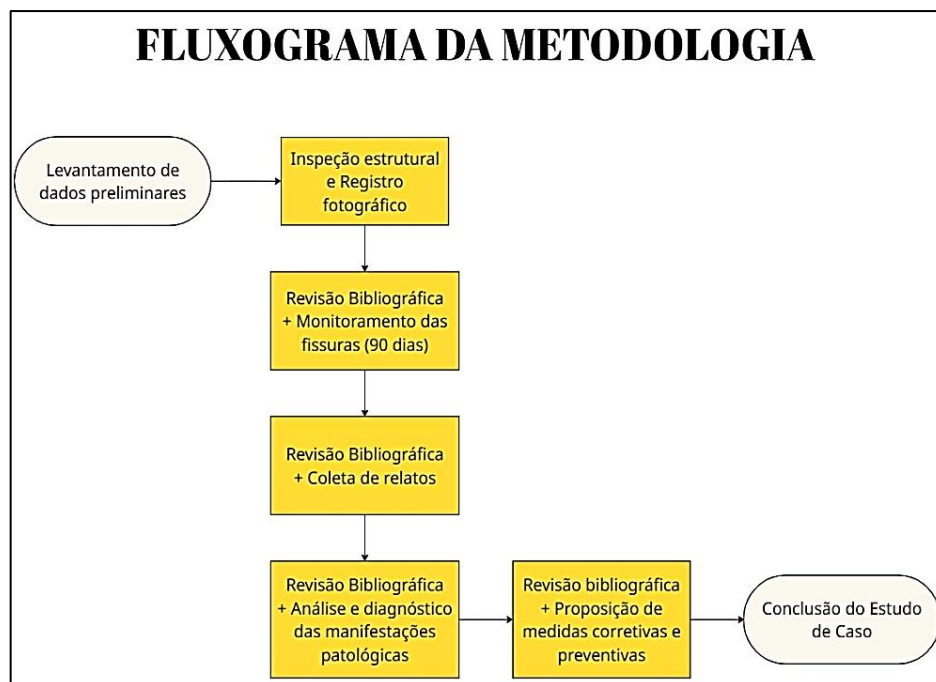
O desenvolvimento dessas etapas deve ser planejado de acordo a edificação levando em conta pontos como características construtivas, idade de construção e qualidade das documentações disponibilizadas. Essas normas, em conjunto, formam a base legal e técnica que sustenta o diagnóstico e a prevenção das

manifestações patológicas, orientando desde o projeto até o acompanhamento da edificação durante sua vida útil.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi elaborada com o intuito de analisar as possíveis causas do surgimento de trincas e fissuras em uma residência unifamiliar localizada no município de Piumhi – MG, bem como propor medidas corretivas e preventivas adequadas às manifestações patológicas encontradas no local. Para isso, adotou-se o método de estudo de caso, por possibilitar uma análise aprofundada e contextualizada da edificação em questão, considerando suas particularidades construtivas, ambientais e geológicas. Com o objetivo de proporcionar uma melhor visualização da aplicação dos métodos, a Figura 3 apresenta um fluxograma explicativo.

Figura 3 - Fluxograma da Metodologia



Fonte: Arquivo Próprio, 2025.

Conforme Yin (2015), essa metodologia é particularmente eficaz quando os limites entre o fenômeno investigado e seu contexto não estão claramente definidos, permitindo ao pesquisador compreender a complexidade do objeto de estudo por meio de múltiplas fontes de evidência. Nesse sentido, o estudo de caso permite compreender, com maior profundidade, as fissuras identificadas, bem como suas possíveis causas, por meio da integração de diversas fontes de informação, como levantamentos em campo, registros fotográficos, entrevistas e análise documental.

Inicialmente, foi realizado o levantamento de dados preliminares, incluindo a identificação do imóvel, sua idade, sistema construtivo, documentação existente, tipo de fundação, características geotécnicas do solo da região e histórico das manifestações patológicas. Nessa etapa, buscou-se compreender o período de surgimento das trincas e fissuras, sua evolução ao longo do tempo e eventuais tentativas de reparo, além da consideração de fatores ambientais e geológicos que pudessem influenciar o quadro patológico. Na sequência, foi conduzida uma inspeção estrutural da edificação, abrangendo a avaliação das principais características construtivas e vegetação presente no entorno imediato. As manifestações patológicas foram devidamente registradas fotograficamente, de modo a permitir uma análise mais detalhada.

Com o intuito de diagnosticar a natureza das trincas e fissuras, se ativas ou passivas, procedeu-se ao monitoramento sistemático das manifestações patológicas ao longo de um período de 90 dias com visitas semanais. Para isso, foram instalados dispositivos de controle, como selos, placas de vidro e placas de gesso, nos locais afetados. Paralelamente, promoveu-se a variação controlada do fluxo de pessoas e veículos na área, com o propósito de aferir a influência das cargas dinâmicas sobre a evolução das fissuras. Essa metodologia possibilitou a análise do comportamento estrutural e da progressividade das aberturas durante o intervalo de observação.

Concomitantemente à investigação prática, foi conduzida uma revisão bibliográfica com foco nos temas “engenharia diagnóstica”, “trincas e fissuras” e “patologia das construções”. Foram utilizados livros técnicos, artigos científicos, manuais de inspeção predial, revistas especializadas e repositórios acadêmicos com o objetivo de embasar teoricamente a análise, identificar causas semelhantes já discutidas em estudos anteriores e ampliar a compreensão sobre os mecanismos patológicos. Também foram coletadas informações por meio de entrevistas com usuários, moradores próximos, responsável técnico pela inspeção e proprietário da edificação, enriquecendo o diagnóstico com a perspectiva dos envolvidos diretamente com o imóvel.

Com base nos dados coletados procedeu-se à investigação das origens e mecanismos relacionados às manifestações patológicas para o levantamento de hipóteses de suas possíveis causas. Por fim, foram avaliadas as possibilidades de tratamento e indicadas intervenções eficazes para a edificação estudada.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 INFORMAÇÕES INICIAIS

Como mencionado anteriormente, a residência objeto deste estudo está localizada no município de Piumhi, estado de Minas Gerais. Por questões éticas e de confidencialidade, tanto a identificação do imóvel, quanto a identidade do proprietário serão preservadas, com o intuito de garantir sua privacidade e evitar qualquer tipo de exposição indevida.

A demanda por avaliação técnica surgiu a partir do relato do proprietário, que procurou uma empresa especializada em manifestações patológicas no referido município, informando o surgimento de trincas e fissuras em diversos pontos da residência, solicitando, assim, a realização de uma inspeção técnica para orientar as medidas corretivas adequadas. No que diz respeito à documentação, foram apresentados apenas o registro do imóvel e a planta baixa arquitetônica.

Ressalta-se que, à época da realização da inspeção técnica, a autora deste trabalho encontrava-se em período de estágio na referida empresa, o que possibilitou o acompanhamento direto das atividades desenvolvidas e o acesso às informações das etapas de inspeção estrutural e monitoramento utilizadas no presente estudo. O monitoramento foi realizado durante 90 dias, a partir do dia 22 de agosto de 2024 com visitas semanais. Com o objetivo de proporcionar uma melhor visualização das informações obtidas inicialmente, apresenta-se a Tabela 2.

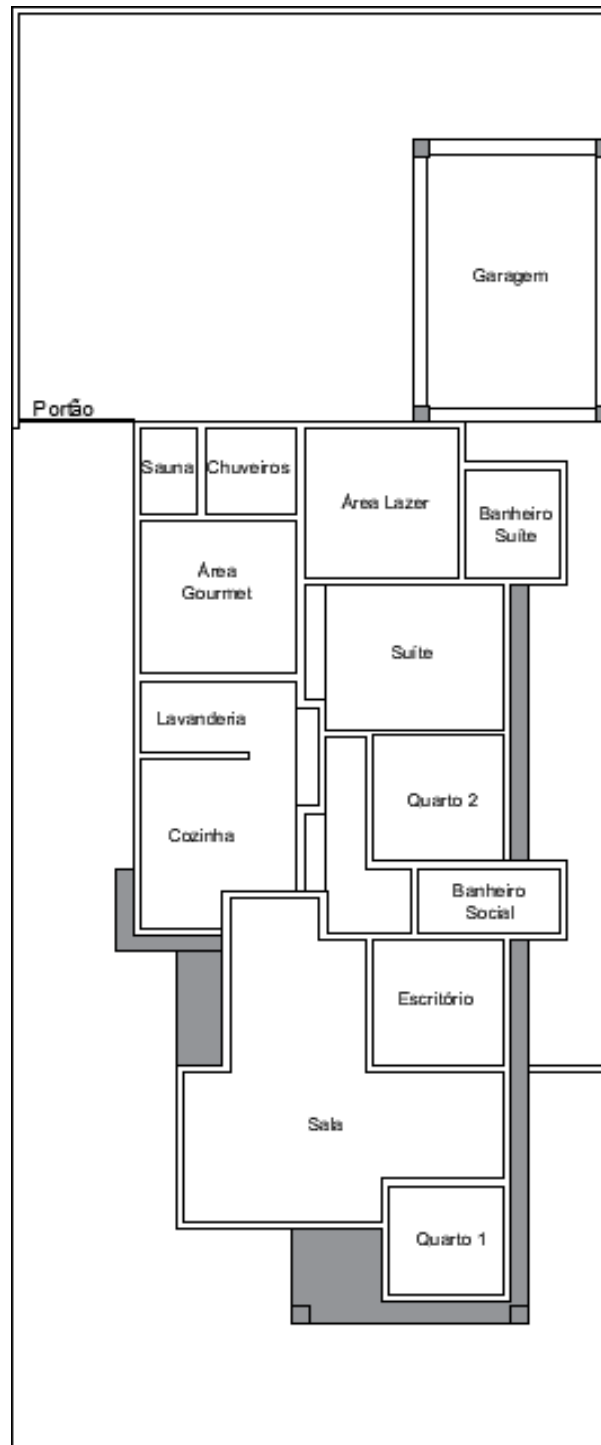
Tabela 2- Informações iniciais

Descrição	Detalhes
Terreno	600 m ² (15x40)
Loteamento	Aprovado pela Prefeitura de Piumhi em 2008
Aquisição	Comprado pelo atual proprietário em 2011
Habite-se	Expedido em 2013
Área Construída Total	269,55 m ²
Finalidade	Residencial
Tipo de Construção	Alvenaria
Número de Pavimentos	01 pavimento
Tipo de Fundação	Fundação do tipo rasa (segundo proprietário)
Documentação Disponível	Registro do imóvel e planta baixa arquitetônica

Fonte: Arquivo próprio, 2025.

A Figura 4 apresenta um croqui da residência elaborado com base na planta baixa arquitetônica da edificação e nas observações realizadas durante a inspeção técnica. Seu objetivo é fornecer uma representação simplificada da residência, facilitando a identificação dos ambientes, elementos construtivos e a localização das manifestações patológicas constatadas no imóvel.

Figura 4 - Croqui da residência



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

Destaca-se que área externa da residência apresenta vegetação ornamental distribuída ao entorno lateral esquerdo, nos fundos e à frente de toda a fachada. O solo é revestido por gramado contínuo e também possui caminhos de piso intertravado, esguichos de água e fileiras de arbustos floríferos próximos a edificação. Além disso, na frente da casa a vegetação inclui cinco coqueiros ornamentais e outras espécies floríferas de pequeno porte.

Segundo LORENZI *et al* (2003) a presença de vegetação próxima às edificações pode gerar manifestações patológicas associadas à movimentação do solo, especialmente em fundações rasas. Ainda que o sistema radicular do coqueiro seja do tipo fasciculado e considerado menos agressivo, suas raízes superficiais podem se expandir lateralmente por até 6 metros, influenciando a estabilidade do solo adjacente. Em solos argilosos, essa interferência pode ser agravada devido à variação volumétrica provocada pela absorção de umidade pelas raízes, o que pode acarretar recalques diferenciais (CORDEIRO, 2001). A Figura 5 traz um exemplo das raízes de um coqueiro.

Figura 5 – Raízes fasciculadas de um coqueiro



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-as-raizes-de-%C3%A1rvores-de-coco-image84885521>

Custódio (2017) reforça que as alterações no regime hídrico do solo, associadas à vegetação, são causas frequentes de fissuras em edificações, especialmente quando há proximidade excessiva entre as raízes e os elementos de fundação. Nessa mesma linha, o IBAPE (2012) recomenda que a influência da

vegetação seja devidamente considerada durante inspeções prediais, visto que a ação das raízes pode comprometer a estabilidade estrutural de construções.

Diante das informações preliminares coletadas, foi possível estabelecer um panorama inicial das condições da edificação, essencial para a condução das etapas subsequentes do diagnóstico. A caracterização do imóvel, associada ao acompanhamento sistemático das manifestações patológicas e à análise documental disponível, proporcionou uma base sólida para a identificação das possíveis causas das anomalias observadas. Esses dados, aliados ao croqui apresentado, servem como subsídio fundamental para a interpretação dos fenômenos patológicos e para a proposição de medidas corretivas adequadas, conforme será detalhado nos tópicos seguintes.

4.1.1 Anamnese

No âmbito da engenharia civil, a anamnese corresponde à etapa inicial do diagnóstico técnico de manifestações patológicas em edificações. Trata-se da coleta sistematizada de informações junto ao proprietário, responsável técnico ou usuários da edificação, visando compreender o histórico da construção e das anomalias identificadas. Essa fase é essencial para a formulação de hipóteses sobre as prováveis causas dos danos observados, auxiliando na escolha das técnicas de inspeção e dos ensaios a serem realizados.

Souza e Ripper (1998) ressaltam que, embora não substitua a inspeção visual nem os ensaios técnicos, a anamnese fornece uma base valiosa para a interpretação dos dados observados e a proposição de soluções técnicas mais eficazes. A combinação entre o conhecimento histórico e a avaliação técnica proporciona maior segurança nas decisões projetuais e nas intervenções corretivas.

De acordo com informações fornecidas pelo proprietário, a edificação encontrava-se locada, desde o ano de 2013, aos seus primeiros inquilinos. Com o surgimento de trincas e fissuras ao longo do tempo, foram realizadas intervenções corretivas nas trincas externas por meio da aplicação de argamassa polimérica, as quais se mostraram ineficazes.

O proprietário da edificação informou que foi adotado um sistema de fundação rasa, entretanto, não soube especificar o tipo exato. Destacou ainda que a construção foi realizada sem o devido acompanhamento técnico especializado e sem a realização de estudos prévios das condições geotécnicas do terreno. Acrescentou,

também, que o lote se localiza em uma área de corte. Contudo, estima-se que, pelas características do terreno, aos fundos uma pequena parte seria aterro.

Durante o período da coleta de relatos, foi possível conversar com a moradora do imóvel, que residia juntamente com o marido e duas crianças. A entrevistada relatou que não se recordava com exatidão da data de surgimento das trincas, mas informou que os danos passaram a causar incômodo significativo entre os anos de 2018 e 2020, período em que comunicou o problema ao proprietário da residência.

O responsável pela inspeção técnica informou que, com base nas informações que possuía, apenas quatro residências daquela rua possuíam fundações do tipo rasa, sendo as construções mais antigas e que a grande maioria das residências do respectivo loteamento possuíam fundações profundas do tipo estaca.

Durante o processo de anamnese também foi possível obter o resultado de uma sondagem de simples reconhecimento com SPT (Standard Penetration Test), realizada em março de 2017, de um lote localizado a aproximadamente uma distância de 180 metros da residência em estudo, estimada com o auxílio da ferramenta *Google Earth*, partindo-se do centro do terreno da edificação em estudo ao centro do terreno que se obteve a sondagem.

Embora os dados não sejam oriundos diretamente do terreno da edificação em estudo, a proximidade entre os pontos permitiu a consideração de algumas informações como referência preliminar para análise geotécnica da área. Machado *et al.* (2013) destacam que, em regiões planas ou urbanas, depósitos de solo podem apresentar relativa homogeneidade em distâncias de até algumas centenas de metros.

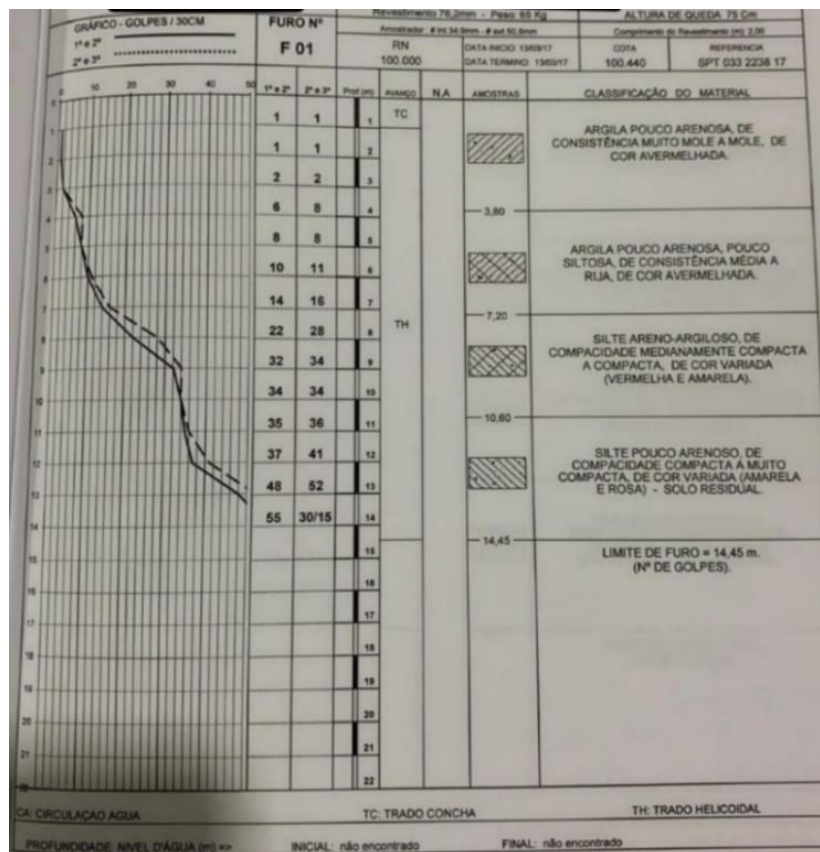
Para este trabalho foram considerados apenas os resultados da estratificação do solo, com o objetivo de embasar, de forma preliminar, o levantamento de hipóteses acerca das possíveis causas das manifestações patológicas observadas, uma vez que a estratigrafia permite identificar variações nos perfis do subsolo que podem estar relacionadas a recalques diferenciais ou instabilidade da fundação. Os resultados da resistência do solo do terreno obtidos durante a investigação, não podem ser considerados para a residência em estudo visto que não atendem as recomendações da ABNT NBR 6484:2020. Ressalta-se que a ausência de ensaios específicos no terreno da edificação limita a precisão das análises.

A proprietária do lote onde a sondagem foi realizada relatou que, com base nos resultados obtidos, na fundação de sua residência foram executadas entre 80 e 84 estacas, com profundidade predominante de aproximadamente 7 metros. Acrescentou que, à época da construção, foi alertada sobre a má qualidade do solo local e, além da sondagem, contou com a assistência de um profissional da área de agrimensura.

De acordo com os dados da sondagem, foram executados dois furos com revestimento de 2 ½" de diâmetro, totalizando 31,60 metros de perfurações. A extração das amostras foi realizada com barrilete amostrador padronizado, com diâmetro interno de 34,90 mm e externo de 50,8 mm.

A operação foi feita a cada metro, com penetração de 30 cm no solo, utilizando percussão com martelo de 65 kg, com queda livre de 75 cm. O número de golpes necessário para a cravação constitui o índice utilizado para avaliação da consistência ou compacidade das camadas atravessadas. O resultado do ensaio de SPT para o primeiro furo de sondagem pode ser visualizado na Figura 6.

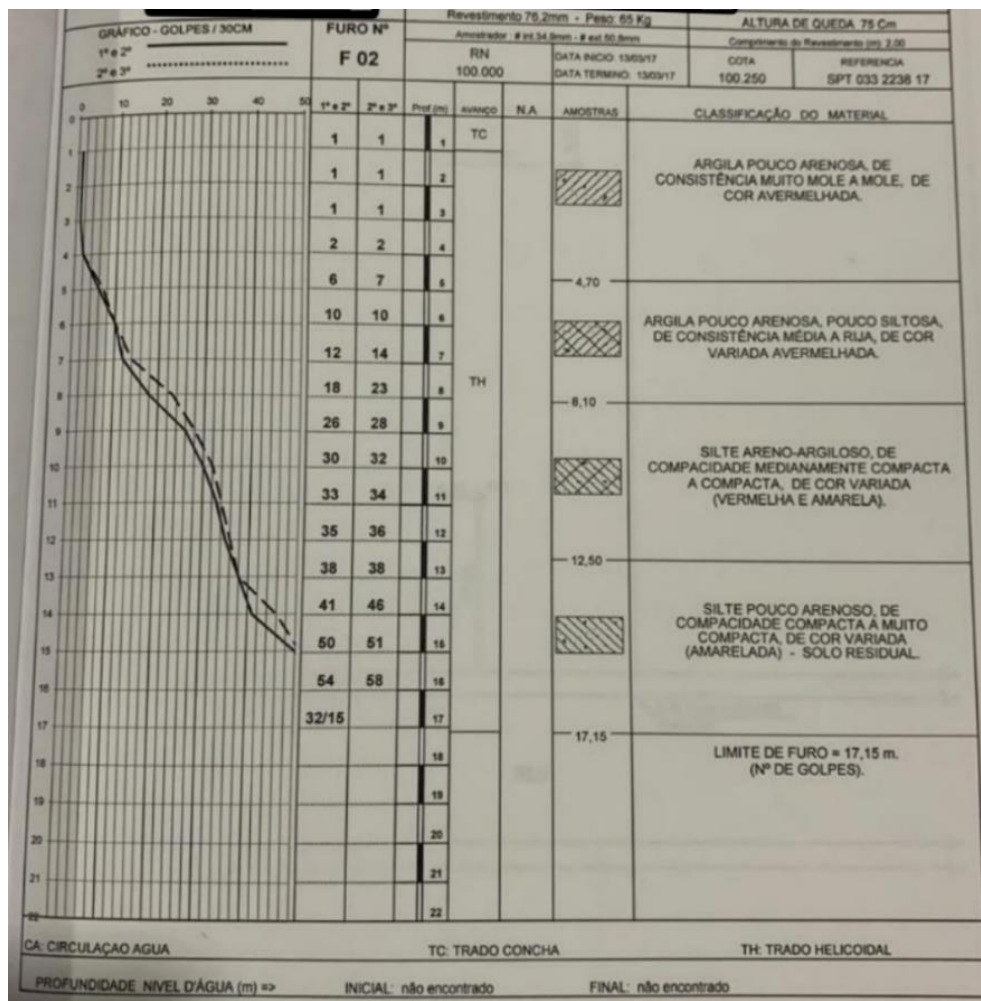
Figura 6 - Resultado da Sondagem do Primeiro Furo



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Conforme os dados obtidos, verificou-se que os primeiros 3,80 metros de profundidade são constituídos por argila pouco arenosa, de cor avermelhada, apresentando consistência mole a muito mole. Na sequência, entre 3,80 e 7,20 metros, o perfil estratigráfico é composto por argila pouco arenosa de consistência média a rija, também de coloração avermelhada. A terceira camada, de 7,20 a 10,60 metros, é formada por silte areno-argiloso de compactidade variando de medianamente compacta a compacta, com coloração mista entre tons vermelhos e amarelos. Por fim, entre 10,60 e 14,45 metros, identificou-se uma camada de silte pouco arenoso, com compactidade variando de compacta a muito compacta, apresentando coloração amarela e rosa. A Figura 7 apresenta o resultado do ensaio de SPT para o segundo furo de sondagem.

Figura 7 - Resultado da Sondagem do Segundo Furo



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Conforme apresentado, no segundo furo de sondagem constatou-se que os primeiros 4,70 metros do perfil são constituídos por argila pouco arenosa, de cor avermelhada, com consistência variando de mole a muito mole, caracterizada por baixos valores de NSPT (Número de Golpes Padrão), o que indica reduzida resistência à penetração. Entre as profundidades de 4,70 metros e 8,10 metros, o solo apresenta consistência média a rija. A partir de 8,10 metros, observa-se uma transição para solos com compactidade classificada entre medianamente compacta e compacta, atingindo o grau de compacta a muito compacta a partir de 12,50 metros de profundidade. Adicionalmente, é importante ressaltar que não foram observados níveis freáticos em nenhum dos dois furos realizados.

Essa condição geotécnica, associada à baixa capacidade de carga das camadas superficiais, torna a adoção de fundações rasas do tipo sapata inadequada, uma vez que este tipo de fundação requer solos com capacidade de carga adequada nas camadas superiores para garantir a estabilidade e a segurança da edificação.

4.2 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

Com o intuito de documentar de forma minuciosa as manifestações patológicas observadas durante a inspeção técnica, elaborou-se um relatório fotográfico contendo os principais registros realizados *in loco*. As imagens que compõem este relatório foram obtidas em diferentes ambientes da edificação, permitindo a análise visual das fissuras quanto à sua localização, orientação, extensão e espessura. Além disso, os registros fotográficos são acompanhados de anotações que descrevem as características de cada anomalia, subsidiando o levantamento de hipóteses quanto às possíveis causas dos danos verificados.

Logo na entrada da residência observa-se, conforme a Figura 8, a presença de uma trinca diagonal com espessura máxima de 1,1 mm, cuja medição foi realizada com o auxílio de um fissurômetro, conforme apresentado na Figura 9. A fissura apresenta variação ao longo de sua extensão, iniciando-se com menor abertura, aumentando gradualmente até atingir sua largura máxima e, em seguida, tornando-se mais estreita.

Figura 8 - Trinca em alvenaria da entrada



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Figura 9 - Medição da trinca na alvenaria da entrada



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Em ambas as figuras é possível observar que esse padrão de abertura é característico de movimentações diferenciais na fundação ou estrutura, sendo indicativo de recalques diferenciais entre os elementos da edificação, conforme descrito por Souza e Ripper (1998), que relacionam trincas inclinadas em paredes com esforços de tração resultantes de deslocamentos não uniformes no solo de apoio.

Na Figura 10, é possível visualizar fissuras predominantemente horizontais e irregulares, localizadas na parte inferior da alvenaria na fachada da residência. As fissuras foram medidas com o auxílio de um fissurômetro, sendo constatada uma abertura média de 0,2 mm, conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 10 – Fissuras mapeadas na parte inferior da fachada da residência



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Figura 11 – Medição de fissuras constatando 0,2 mm



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Esse tipo de fissuração é compatível com movimentações provocadas por variações volumétricas do solo ou recalques diferenciais, agravadas pela exposição direta às intempéries e ausência de proteção adequada contra a umidade ascendente. Conforme apontado por Souza e Ripper (1998), a interação entre umidade do solo e materiais porosos da alvenaria pode contribuir significativamente para o surgimento

de fissuras, sobretudo quando inexitem barreiras impermeabilizantes eficazes na base das paredes externas.

Ao longo da lateral externa, onde se encontra o portão da garagem, é possível observar fissuras horizontais ou levemente inclinadas com espessura inferior a 0,5 mm, como a apresentada na Figura 12, classificadas como fissuras de grau leve, conforme a classificação da ABNT NBR 15575-1 (2020). Quando localizadas em paredes de vedação, normalmente estão associadas a recalques diferenciais, movimentações térmicas, retrações higroscópicas ou à ausência de juntas de dilatação e alívio de tensões.

Figura 12 - Fissura próxima da janela da lavanderia



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Souza e Ripper (1998) explicam que as fissuras horizontais em alvenaria podem ocorrer como reflexo da movimentação diferencial entre fundações ou pela dilatação térmica do material, especialmente em muros expostos ao sol e à umidade, como o caso da área externa da edificação. Essas variações podem causar tensões internas que superam a resistência à tração da argamassa de assentamento ou do revestimento, provocando abertura de fissuras.

Segundo Helene e Pereira (2013), em edificações com paredes extensas e contínuas, sem juntas de controle adequadas, movimentações térmicas e retração de secagem também podem contribuir significativamente para o aparecimento desse tipo de manifestação. Além disso, fissuras desse porte podem atuar como vias de entrada de água, o que agrava o problema ao permitir a penetração de umidade e acelerar o processo de deterioração dos materiais de vedação e revestimento.

Na Figura 13, a manifestação apresenta orientação horizontal e acompanha a linha de encontro entre elementos construtivos. Segundo Souza e Ripper (1998), aberturas localizadas na interface entre a laje e a alvenaria costumam estar associadas à ausência de amarração ou detalhamento inadequado entre esses elementos. Quando não há uma ligação eficaz entre os componentes estruturais e os de vedação, ocorrem movimentações diferenciais que geram tensões concentradas, resultando em fissuras verticais ou horizontais nas regiões de encontro entre os materiais

Figura 13 - Trinca localizada na interface entre a laje e a alvenaria de vedação



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

A falta de amarração adequada entre lajes e paredes de alvenaria pode comprometer a integridade do sistema construtivo, favorecendo o surgimento de trincas recorrentes e progressivas nas interfaces, especialmente sob ações de retração ou deformações estruturais. Quando negligenciadas, essas trincas podem comprometer a durabilidade dos materiais, facilitar a entrada de agentes agressivos e afetar o desempenho global da edificação, exigindo reparos mais complexos e custosos (Souza e Ripper, 1998).

A Figura 14 apresenta uma trinca de orientação horizontal de 0,6 mm, localizada na superfície externa da alvenaria próxima ao portão metálico acrescida de várias fissuras capilares mapeadas. A abertura é contínua, distribuindo-se de forma linear ao longo de grande parte do trecho visível do elemento vertical. Provavelmente esta manifestação patológica ocorre na interface entre blocos ou em região de junta de assentamento.

Figura 14 - Trinca horizontal em alvenaria da área externa



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Esse tipo de abertura pode estar relacionado a dilatações térmicas não compensadas pela ausência de juntas de dilatação adequadas. Também pode indicar efeitos de empuxos laterais, esforços de contenção ou alterações nas condições de umidade do terreno adjacente. A impermeabilização deficiente e a ausência de drenagem adequada também podem contribuir para a ocorrência desse problema.

A NBR 15575 (ABNT, 2021) ressalta que elementos em contato com o meio externo devem ser projetados para acomodar variações dimensionais decorrentes de mudanças de temperatura e umidade, sob pena de apresentar fissuração precoce. A ausência de juntas de dilatação longitudinais ou verticais pode impedir essa acomodação.

Além da fissuração horizontal, observa-se a presença de coloração escurecida na superfície da alvenaria, indicativa de proliferação de mofo, o que aponta para umidade excessiva. A presença de umidade pode ter origem em diversos fatores, como infiltração proveniente do solo, falhas no sistema de impermeabilização ou má drenagem pluvial nas proximidades da fundação.

Na Figura 15 foi identificada uma trinca com abertura de 0,8 mm localizada na parede externa da cozinha, com origem na região inferior da janela. A trinca apresenta orientação diagonal e pode estar associada a movimentações diferenciais da fundação. Contudo, a presença de vegetação próxima e exposição a intempéries podem ter agravado o quadro patológico devido a alta probabilidade de ocorrência de retrações térmicas e higroscópicas.

Figura 15 - Trinca de 0,8 mm saindo da janela da cozinha



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

A classificação da trinca, de acordo com o IBAPE-SP (2012), enquadra-se como uma fissura de abertura moderada (entre 0,5 mm e 1,0 mm), que não compromete de imediato a estabilidade da estrutura, mas exige atenção quanto à sua causa e evolução.

A manifestação patológica observada na Figura 16 consiste em fissuras com padrão geométrico no rejunte entre placas cerâmicas do revestimento externo da alvenaria na fachada da edificação. As fissuras seguem uma trajetória predominantemente horizontal e em degraus, o que indica possível movimentação da estrutura de base, como recalques diferenciais e deslocamentos da alvenaria de vedação.

Considerando os resultados da sondagem anteriormente descritos, o solo superficial apresenta baixa capacidade de carga, com camadas argilosas de consistência mole a muito mole, o que reforça a hipótese de que o recalque diferencial é o agente causador da fissuração.

Figura 16 – Fissuras com padrão geométrico no rejunte do revestimento da fachada



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Segundo Cordeiro (2001) e Oliveira (2012), fissuras em rejuntas com padrão geométrico podem ter origem tanto em movimentações da base estrutural quanto na ausência de juntas de dilatação em fachadas revestidas, especialmente em ambientes sujeitos a variações térmicas significativas.

Caporrino (2018) destaca que essa configuração de fissuração evidencia a diferença de comportamento dos materiais que compõem as alvenarias, onde a resistência à tração da unidade componente da alvenaria é maior que a resistência à tração da argamassa.

Na parte lateral direita externa da residência, conforme demonstrado na Figura 17, foi identificada uma abertura vertical contínua de 10 mm entre duas paredes de alvenaria, caracterizando uma fenda de separação localizada na linha de encontro entre os dois elementos.

Figura 17 – Fenda entre a ligação de alvenarias na parte lateral direita externa



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Esse tipo de manifestação patológica está diretamente associado à ausência ou à má execução da amarração entre alvenarias adjacentes, não sendo previsto, nesse ponto, um detalhamento adequado de junta de movimentação ou de dilatação. De acordo com Souza e Ripper (1998) e Custódio (2012), tais fissuras ocorrem devido a diferentes comportamentos deformacionais entre os elementos construtivos, que não foram devidamente compatibilizados durante a execução, podendo também ser agravadas por recalques diferenciais, especialmente em solos de baixa resistência.

A Figura 18 e Figura 19 retratam aberturas horizontais, que variam sua espessura ao longo de suas extensões, localizadas na parte superior da janela do escritório e na parte inferior da janela da sala, respectivamente. Tal característica configura-se como uma manifestação patológica associada a tensões de tração no encontro entre a viga de vergas e a alvenaria adjacente. Esse tipo de manifestação, é geralmente resultante de recalques diferenciais, deformações térmicas, retração higroscópica dos materiais, execução inadequada das vigas de verga ou falta de compatibilidade entre os elementos estruturais e de vedação.

Figura 18 – Abertura gradual horizontal na parte superior da janela da sala



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Figura 19 – Abertura gradual horizontal saindo da parte inferior da janela do quarto da frente



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Segundo Custódio (2010), a viga de verga, ao ser executada sobre aberturas como portas e janelas, deve ser devidamente engastada nas extremidades e projetada para absorver os esforços de flexão e cisalhamento gerados pelas cargas incidentes. Quando essa execução não é feita adequadamente, seja por descontinuidade da armadura, ausência de solidarização com a alvenaria ou variações na rigidez entre os materiais, ocorrem fissuras horizontais, normalmente localizadas na interface superior da abertura.

Na Figura 20, foi encontrada uma trinca diagonal saindo da janela do escritório de 0,6 mm, típica de deslocamentos entre a parede e os elementos estruturais da construção, como pilares ou vigas. Essa anomalia, juntamente com a fissura horizontal na outra extremidade da janela, retratada na Figura 18, indica que houve uma movimentação da alvenaria de vedação.

Figura 20 - Trinca diagonal saindo da janela da sala



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Presume-se que as vergas e contravergas não tenham sido adequadamente dimensionadas ou executadas, o que, associado a movimentações provenientes da região de apoio da edificação, resultou no surgimento do padrão de fissuração observado. Caso não seja devidamente tratada, essa fissura tende a evoluir, comprometendo progressivamente o revestimento, a estanqueidade da vedação e, potencialmente, a integridade da alvenaria.

Outra anomalia observada foi o deslocamento na calçada da edificação, conforme a Figura 21. Tal situação configura-se como uma manifestação patológica decorrente, possivelmente, de movimentações diferenciais ou ausência de juntas de dilatação adequadas. Tal situação caracteriza-se pelo destacamento do revestimento superficial, o que pode estar associado à expansão volumétrica dos materiais, variações higrótérmicas e esforços de empuxo de raízes vegetais próximas (CORDEIRO, 2001).

Figura 21 - Deslocamento na calçada da residência

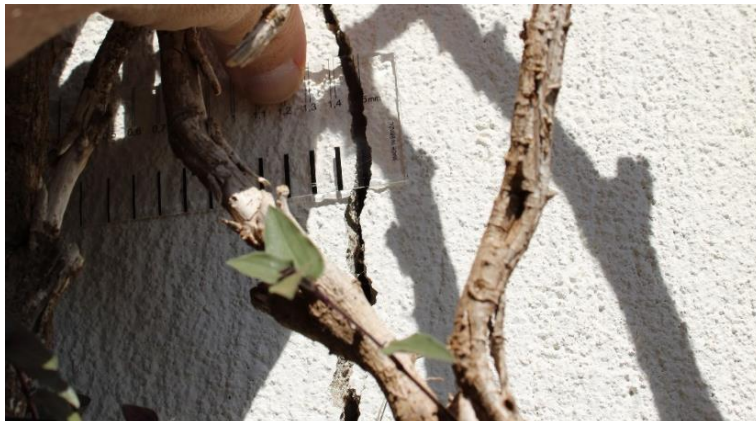


Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

A falta de juntas de dilatação, que têm como função permitir a movimentação natural dos elementos construtivos sem comprometer a integridade do revestimento, agrava a situação ao concentrar tensões no material cerâmico, culminando no destacamento parcial ou total das peças (HELENE *et al*, 2013).

A Figura 22 representa uma trinca apresentada na alvenaria da área externa da edificação, ela possui largura de 1,5 mm, conforme verificado com o auxílio de um fissurômetro. Esse tipo de manifestação patológica pode estar associado a diversos fatores, sendo os mais comuns os recalques diferenciais da fundação, retrações térmicas ou higroscópicas dos materiais, variações volumétricas ou até mesmo esforços oriundos de movimentações estruturais mal absorvidas pela alvenaria (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 22 - Trinca de 1,5 mm em alvenaria da área externa



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Trincas com essa abertura são classificadas, de acordo com o IBAPE (2012), como de grau moderado, podendo comprometer tanto o desempenho funcional quanto a durabilidade do sistema construtivo, especialmente por permitir a infiltração de água, o que pode gerar danos secundários como corrosão de armaduras em elementos estruturais adjacentes ou degradação do revestimento. A presença de vegetação próxima à fissura, como observado na imagem, também pode contribuir para o agravamento da problemática, uma vez que podem exercer pressão sobre a alvenaria ou reter umidade em seu entorno.

A Figura 23 mostra trincas localizadas na fachada externa da sala, com desenvolvimento principalmente em direção diagonal e sinuosa. Essas fissuras se estendem desde a base da parede até a altura do aparelho de ar-condicionado e aparentam estar associadas a recalques diferenciais da fundação ou movimentações estruturais não absorvidas adequadamente pela alvenaria de vedação.

Figura 23 - Trincas na fachada externa da sala com vestígios de reparo superficial



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

O padrão das trincas, diagonal ascendente e com ramificações, é característico de esforços de tração induzidos por movimentações verticais desiguais no solo de fundação, o que provoca tensões excessivas na alvenaria. Nota-se ainda, ao longo das trincas, a tentativa de intervenção corretiva anterior por meio da aplicação de argamassa polimérica. Embora esse tipo de argamassa seja usualmente empregado para selagem e proteção contra infiltrações, é possível observar que o reparo foi apenas superficial e provável execução inadequada. Na Figura 24, observa-

se a face interna da parede da sala, onde as trincas previamente identificadas na Figura 23 se mostram atravessando a espessura da alvenaria, estando visíveis em ambos os lados.

Figura 24 - Registro do monitoramento das trincas na alvenaria interna da sala



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

A Figura 24 também ilustra o processo de monitoramento das aberturas por meio de selos adesivos e placas de gesso, os quais foram aplicados e acompanhados por 90 dias. Durante esse intervalo, não foram constatadas movimentações significativas, indicando que as fissuras apresentaram comportamento passivo. Todavia, essas manifestações comprometem tanto a durabilidade quanto o desempenho estético e funcional da edificação, podendo evoluir para problemas mais graves se não forem tratadas adequadamente.

A Figura 25 evidencia uma trinca com leve inclinação localizada na parte superior da viga de bordo da cobertura da garagem. Este tipo de abertura é característico da ausência ou insuficiência de armadura na viga, o que compromete a capacidade da estrutura de resistir aos esforços solicitantes, em especial os momentos fletores (THOMAZ, 2020).

Figura 25 - Trinca na cobertura da garagem



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

O dimensionamento correto da armadura é essencial para resistir aos momentos fletores negativos gerados nas regiões próximas aos apoios. Além disso, a anomalia pode estar relacionada à inexistência ou má execução de armadura perimetral, responsável por absorver esforços de retração e dilatação térmica na extremidade da laje, contribuindo para o controle da fissuração superficial.

A má distribuição, o posicionamento inadequado ou o cobrimento insuficiente das armaduras também podem ter comprometido o desempenho estrutural da viga, reduzindo sua capacidade de resistir à tração e favorecendo o surgimento de aberturas. Adicionalmente, a baixa rigidez da viga, associada à ausência de reforço adequado, pode gerar deformações excessivas. Esses fatores, isolados ou combinados, indicam uma falha no detalhamento ou na execução da armadura, comprometendo a integridade e a durabilidade do elemento.

A Figura 26 evidencia uma trinca longitudinal na viga lateral da garagem, paralela à linha superior da alvenaria, sugerindo um quadro de excesso de flecha decorrente da flexão da viga. Esse tipo de manifestação patológica pode estar associado à ausência ou subdimensionamento da armadura longitudinal inferior, o que compromete a capacidade resistente da peça.

Figura 26 - Trinca longitudinal na viga lateral da garagem por excesso de flecha por flexão



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Além disso, a possível falta de armadura perimetral na interface entre viga e alvenaria pode contribuir para a propagação de fissuras ao não oferecer contenção aos esforços horizontais e ao movimento relativo entre os elementos. Conforme Neville e Brooks (2013), em vigas submetidas a carregamentos além da sua capacidade de projeto, é comum a ocorrência de fissuras por tração na zona de menor resistência, especialmente quando não há redistribuição adequada dos esforços.

Segundo a NBR 6118:2023, o estado limite de serviço deve considerar os limites de deformação (flecha) para garantir o desempenho funcional e estético da estrutura. A presença dessa fissura contínua no revestimento, portanto, pode indicar a necessidade de reforço estrutural ou de intervenção para correção da armadura deficiente.

Na Figura 27 observa-se uma trinca, localizada na quina externa da alvenaria do dormitório da parte da frente da residência. A anomalia se apresenta com orientação predominantemente diagonal e é possível observá-la também na parte interna do cômodo.

Figura 27 - Trinca em quina de parede entre a sala e o dormitório da frente



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Sua localização em região de descontinuidade geométrica (encontro de paredes) favorece a concentração de tensões, tornando o ponto mais suscetível à fissuração. A Figura 28 apresenta a mesma fissura visualizada na Figura 27, agora sob a perspectiva da parte interna do cômodo. Nota-se que a trinca mantém o padrão de orientação diagonal e se propaga pelas duas superfícies das paredes, atravessando o canto entre elas.

Figura 28 - Vista interna da trinca diagonal no canto de parede



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

De acordo com Helene e Andrade (1993), trincas que ocorrem nos cantos de paredes internas, especialmente nas proximidades de aberturas, são comuns em situações de recalques diferenciais ou devido a tensões de retração em alvenarias mal detalhadas ou executadas.

A Figura 29 mostra o registro fotográfico da utilização de um fissurômetro sobre uma trinca inclinada na alvenaria lateral no escritório, registrada na Figura 30, partindo da base em direção ao canto superior da parede. A inclinação e o formato da trinca sugerem movimentações diferenciais de recalque, possivelmente associadas à fundação.

Figura 29 - Medição de trinca na parte lateral do escritório



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

A abertura aferida é de aproximadamente 3,0 mm, o que caracteriza uma trinca com grau severo de manifestação patológica, segundo a classificação do IBAPE (2012). Essa magnitude pode indicar movimentações diferenciais relevantes ou falhas construtivas, exigindo análise técnica detalhada e intervenção corretiva.

Figura 30 - Trinca em parede lateral do escritório



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Na Figura 31 é possível observar outras trincas na alvenaria de vedação do escritório com orientação diagonal, partindo da região próxima ao ar-condicionado e descendo em direção ao canto inferior da parede, o que também indica uma movimentação estrutural compatível com recalque diferencial das fundações, situação em que partes distintas da estrutura sofrem afundamentos desiguais do solo de apoio, gerando esforços de tração na alvenaria não armada.

Figura 31 - Trincas diagonais no escritório



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Esse padrão inclinado de trincas é típico de tensões diagonais cisalhantes, geralmente encontradas próximas a vãos de portas ou janelas, ou entre paredes ortogonais, comum em alvenarias de vedação. Além disso, fatores como ausência de juntas de dilatação, rigidez excessiva da alvenaria, movimentações térmicas, e até mesmo a expansão por umidade ou variações higroscópicas podem contribuir para o agravamento da abertura (THOMAZ, 2020). A presença de instalações na parede (como o ar-condicionado) também pode introduzir tensões concentradas, agravando a situação.

Conforme registrado na Figura 32, observa-se a medição de uma trinca de 0,9 mm, realizada durante a inspeção técnica, localizada na parede divisória entre o escritório e a sala da residência, evidenciada de forma abrangente na Figura 33. Trata-se de uma trinca de padrão diagonal, contínua e ascendente, o que indica a atuação de esforços de tração diagonal resultantes, possivelmente, de recalque diferencial nas fundações ou movimentações estruturais entre elementos com rigidez distintas.

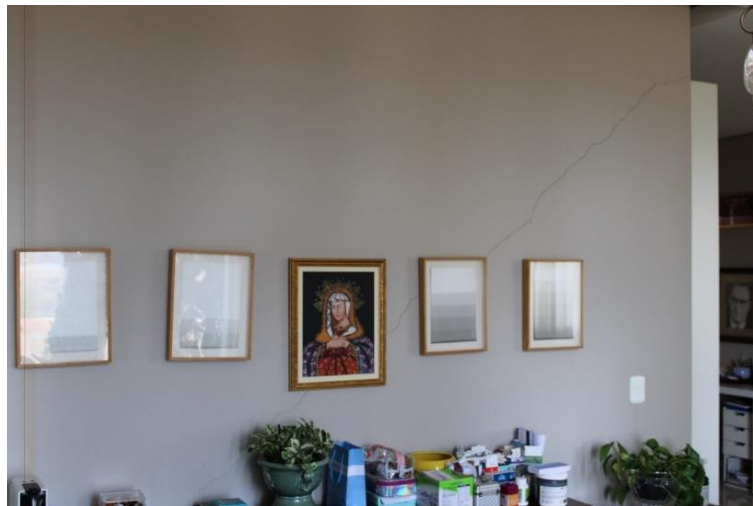
Figura 32 - Medição da trinca na parede de divisória entre o escritório e a sala



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

De acordo com a classificação do IBAPE/SP (2012), fissuras com abertura entre 0,5 mm e 1,0 mm são consideradas de gravidade moderada, podendo afetar o desempenho funcional e a estanqueidade da edificação, exigindo monitoramento e eventual intervenção corretiva.

Figura 33 - Trinca diagonal na parede de divisória entre o escritório e a sala

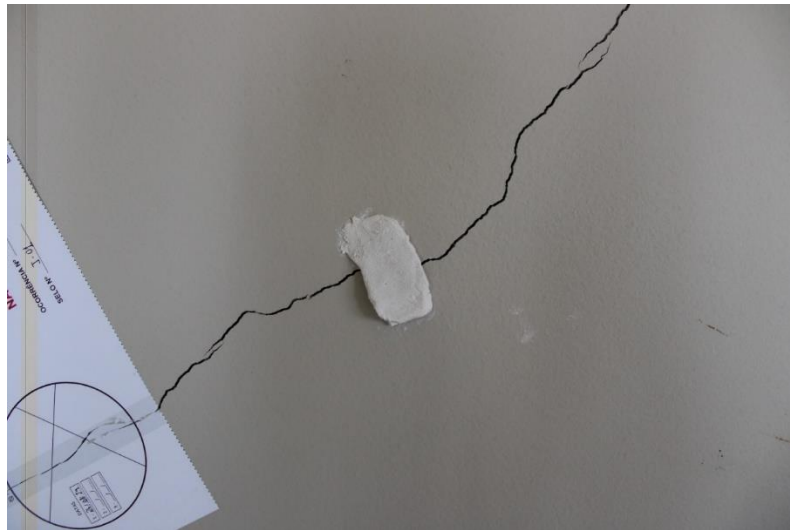


Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Segundo Souza e Ripper (1998), fissuras diagonais em alvenarias de vedação com essa configuração normalmente refletem esforços de cisalhamento causados por deslocamentos relativos na estrutura principal, sendo potencialmente agravadas por ausência de juntas de movimentação ou pela rigidez excessiva da alvenaria.

A Figura 34 apresenta um dos selos de gesso aplicados no monitoramento das trincas internas da edificação. Optou-se por restringir seu uso apenas aos ambientes internos, a fim de evitar a interferência de intempéries e umidade em sua eficácia. Este selo, em particular, foi instalado sobre uma trinca localizada na sala, sem apresentar indícios de movimentação durante o período de monitoramento.

Figura 34 - Placa de gesso utilizada no monitoramento



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Estes resultados podem indicar que a origem da fissuração está relacionada a uma manifestação pontual, possivelmente decorrente de movimentações iniciais da estrutura, e não a um processo patológico em evolução. No entanto, recomenda-se a continuidade da observação a médio e longo prazo, sobretudo em casos em que o histórico da edificação aponte para recalques diferenciais ou variações significativas de umidade no solo.

A Figura 35 apresenta uma trinca, localizada na quina entre duas paredes perpendiculares, delimitando os ambientes da sala e do escritório. A abertura apresenta-se de forma inclinada e contínua, atravessando a junção das paredes e acompanhando parcialmente a geometria da alvenaria. A anomalia está situada próxima ao encontro de diferentes planos estruturais, o que sugere uma concentração de tensões na região.

Figura 35 - Trinca em quina de parede entre a sala e o escritório



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Trincas como esta são comuns em pontos de descontinuidade ou em regiões de rigidez diferenciada, sendo frequentemente associadas a recalques diferenciais ou movimentações térmicas e higroscópicas dos materiais, especialmente em encontros de paredes ou em mudanças de seção (THOMAZ,2020).

Segundo Custódio (2013), fissuras inclinadas que se desenvolvem em regiões de transição, como quinas, indicam uma resposta do sistema construtivo à movimentação relativa entre elementos estruturais e não estruturais. Souza e Ripper (1998) reforçam que a ausência ou má execução de juntas construtivas e de dilatação pode agravar esse tipo de manifestação, especialmente quando associada a movimentações térmicas sazonais ou recalques do solo.

A localização da fissura também pode indicar uma fragilidade na interface entre os elementos estruturais e a alvenaria de vedação, o que, de acordo com Cordeiro (2006), exige atenção especial no detalhamento do projeto executivo e nos procedimentos de execução. A ausência de reforços adequados ou de juntas de alívio pode propiciar o surgimento dessas trincas mesmo na ausência de sobrecargas.

A fissura registrada na Figura 36 evidencia uma trinca de trajetória diagonal, característica típica de tensão de cisalhamento, localizada na parede do quarto da frente da edificação. De acordo com Cordeiro (2006), esse tipo de fissura geralmente ocorre em regiões de transição entre vãos e apoios, podendo ser resultado de esforços cortantes elevados não devidamente combatidos pela estrutura.

Figura 36 - Trinca diagonal no quarto da frente



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

Essa trinca apresenta características compatíveis com fissuração por cisalhamento, o que, aliado às demais manifestações patológicas evidenciadas na residência, como a fissura diagonal na parede entre o escritório e a sala (Figura 33) reforça a hipótese de recalque diferencial da fundação como principal causa.

De acordo com Custódio (2017), esse tipo de movimentação do solo provoca a redistribuição irregular dos esforços estruturais, ocasionando tensões internas incompatíveis com a capacidade resistente das alvenarias e elementos estruturais. Além disso, a ausência ou deficiência de amarração nas alvenarias, a possível falta de armaduras perimetrais e o subdimensionamento de vigas ou fundações agravam o problema, tornando a estrutura mais suscetível à fissuração.

A Figura 37 apresenta uma das placas de vidro instaladas para o monitoramento das trincas identificadas na edificação. Esta, em particular, foi aplicada sobre a trinca localizada na entrada da residência (Figura 8). As placas foram fixadas com massa epóxi e permaneceram sob observação sem apresentar qualquer sinal de movimentação ou deslocamento, indicando a estabilidade da abertura.

Figura 37 - Placa de vidro utilizada no monitoramento



Fonte: Arquivo Próprio, 2024.

A utilização de placas de vidro é uma técnica consagrada na engenharia diagnóstica para verificar a atividade de aberturas ao longo do tempo. Conforme Cordeiro (2006) e IBAPE (2012), esse método permite detectar deslocamentos mínimos entre as faces da fissura, com boa precisão visual, sendo especialmente eficaz em monitoramentos de curta e média duração. Caso haja movimentação ativa, a placa se rompe, indicando que o processo patológico está em evolução.

5 DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO E DO ALCANCE DO QUADRO PATOLÓGICO

As manifestações patológicas observadas, com exceção às anomalias na cobertura da garagem, restringiram-se à alvenaria de vedação, não sendo identificados danos nos elementos estruturais principais. As trincas e fissuras apresentaram comportamento passivo ao longo de 90 dias de monitoramento, sem evolução significativa de sua abertura, extensão ou quantidade. Esse padrão indica que a movimentação do solo, possivelmente associada a recalques diferenciais de pequena magnitude, se deu de forma localizada e não progressiva.

Dessa forma, considera-se que o possível recalque ocorrido não comprometeu a estabilidade da estrutura, sendo absorvido parcialmente pelas vedações, que por natureza apresentam menor rigidez e maior suscetibilidade a deformações. No entanto, não foi possível confirmar com precisão a ocorrência de recalque nas fundações, tendo em vista a ausência de escavações ou investigações diretas na região de sustentação do imóvel.

As evidências sugerem que parte dessas movimentações podem estar relacionadas à presença excessiva de vegetação no entorno da residência, especialmente às raízes dos coqueiros plantados na fachada frontal, que segundo Cordeiro (2001), podem causar alterações nas condições de umidade e resistência do solo, além de possuir alta capacidade de expansão horizontal. Essa característica pode ter alterado a dinâmica do solo, interferindo na estabilidade das fundações superficiais, localizadas em camadas com suspeita de baixa compacidade.

Segundo o perito responsável, optou-se por não realizar escavações para investigação das fundações, uma vez que as manifestações patológicas identificadas, dentre as que estariam relacionadas a um possível recalque diferencial, se restringem às alvenarias de vedação, sem atingir os elementos estruturais principais da edificação. Essa decisão foi pautada na estabilidade atual da construção, bem como em limitações financeiras e na busca por soluções viáveis e compatíveis com a realidade do proprietário, conforme orienta o IBAPE (2022) em suas diretrizes sobre perícias técnicas.

A trinca identificada na cobertura da garagem demonstra a ocorrência de flexão excessiva, possivelmente decorrente de flechas incompatíveis com os limites normativos definidos pela ABNT NBR 6118:2023, além de indicar provável deficiência

de armadura em regiões críticas. Segundo Souza e Ripper (1998), manifestações desse tipo geralmente decorrem de falhas no projeto ou na execução e comprometem a resistência e a rigidez das estruturas.

O conjunto dessas manifestações patológicas evidencia uma deficiência no comportamento integrado entre estrutura e vedação, agravada por uma possível inadequação ou falha no sistema de fundações. Tal situação reforça a importância de uma abordagem sistêmica na análise e correção dos danos, conforme preconiza Caporrino (2018), considerando tanto os aspectos estruturais quanto as condições do solo e do entorno.

Ressalta-se que, diante da hipótese da ocorrência de um recalque diferencial de baixa magnitude, com efeitos limitados à alvenaria de vedação e comportamento estabilizado das trincas ao longo do tempo, não se justifica tecnicamente a adoção de reforço de fundação neste momento. Essa diretriz está em conformidade com a literatura técnica (CUSTÓDIO et al., 2013; THOMAZ, 2020), que recomenda o reforço somente quando há comprometimento estrutural ou movimentações ativas.

Recomenda-se, como medida prioritária, a remoção dos cinco coqueiros e de suas respectivas raízes, com o objetivo de conter danos a calçada e reduzir interferências na estabilidade do solo adjacente à estrutura. Adicionalmente, sugere-se o afastamento da vegetação do entorno da edificação, a fim de prevenir a formação de fissuras higroscópicas, causadas por variações de umidade.

Além disso, deve ser realizado o tratamento local das aberturas por meio de técnicas compatíveis com sua severidade, como costura com tela eletrossoldada e recomposição superficial com argamassa adequada. Destaca-se que, caso as intervenções corretivas não sejam executadas com a urgência necessária, o quadro patológico pode evoluir, comprometendo a funcionalidade e a estanqueidade da edificação, reduzindo sua vida útil e afetando diretamente a qualidade de vida dos ocupantes (IBAPE, 2022).

6 RESUMO DAS MANIFESTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRATAMENTO

Durante a análise das manifestações patológicas identificadas, foi possível estimar suas causas divididas em sete padrões distintos, às vezes combinados, os quais se distribuem nas seguintes categorias:

- Recalque diferencial de baixa magnitude;
- Retrações térmicas e higroscópicas;
- Ausência de amarração;
- Junta construtiva inadequada;
- Erro na execução das viga de verga e contraverga;
- Empuxo das raízes dos coqueiros;
- Deficiência de armadura.

É fundamental destacar que, em qualquer processo de recuperação de aberturas, a adequada preparação da superfície é indispensável para assegurar a qualidade do reparo. Deve-se remover previamente todas as áreas com baixa resistência, preservando apenas o material que apresente boas condições de compacidade, resistência e aspereza. A superfície também deve estar totalmente livre de poeira, óleo, graxa ou qualquer outro contaminante que possa prejudicar a aderência entre o novo material e o substrato existente (Souza e Ripper, 1998).

Com o intuito de melhor se visualizar as recomendações de tratamento, foram elaboradas tabelas divididas de acordo com as possíveis causas das anomalias levantadas, apresentando classificação da severidade das aberturas observadas, de acordo com os critérios da ABNT NBR 15575, além de propor recomendações de tratamento baseadas na literatura técnica especializada.

As alvenarias de vedação, embora não possuam função estrutural, são elementos fundamentais para o desempenho global das edificações, especialmente no que diz respeito ao isolamento, compartimentação e estanqueidade. Diante dessas ocorrências, é essencial adotar técnicas de reparo que não apenas recuperem o aspecto visual, mas principalmente restabeleçam a integridade da alvenaria e a sua capacidade de acompanhar movimentações sem que novas fissuras surjam. Entre os métodos mais recomendados para o tratamento de aberturas em alvenarias de vedação estão a costura com grampos metálicos e a aplicação de telas metálicas eletrossoldadas.

A Tabela 3 apresenta o resumo de oito anomalias analisadas que têm como provável causa principal a ocorrência de recalque diferencial de baixa magnitude sem sinais de progressão do quadro patológico, bem como recomendações para o tratamento das mesmas.

Tabela 3 - Recomendações técnicas para as manifestações patológicas que têm como possível causa recalque diferencial de baixa magnitude

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 8 - Trinca em alvenaria da entrada	1,1	Moderada	<p>1. Abertura da fissura em formato de “V” ao longo de toda a sua extensão de modo a permitir melhor aderência dos materiais de reparo;</p> <p>2. Limpeza da superfície interna da abertura, a fim de remover partículas soltas, poeira e impurezas que possam comprometer a aderência;</p> <p>3. Execução de costura estrutural, por meio da inserção de grampos metálicos devidamente ancorados com adesivo estrutural epoxídico bicomponente em furos previamente perfurados;</p> <p>4. Aplicação de tela eletrossoldada galvanizada, embutida em uma nova camada de argamassa de alto desempenho, com traço compatível ao substrato e aditivada com componente impermeabilizante, promovendo maior durabilidade e resistência às variações higrotérmicas;</p> <p>5. Recomposição do revestimento em ambas as faces da parede, garantindo o cobrimento adequado da tela e o acabamento superficial compatível com o existente, respeitando o tempo de cura indicado pelo fabricante dos materiais empregados.</p>
2	Figura 27 - Trinca em quina de parede entre a sala e o dormitório da frente	-	Moderada a Grave	
3	Figura 30 - Trinca em parede lateral do escritório	3,0 mm	Moderada a Grave	
4	Figura 31 - Trincas diagonais no escritório	1,5 mm	Moderada	
5	Figura 33 - Trinca diagonal na parede de divisória entre o escritório e a sala	0,9 mm	Moderada	
6	Figura 35 - Trinca em quina de parede entre a sala e o escritório	-	Moderada a Grave	
7	Figura 36 - Trinca diagonal no quarto da frente	1,5–2,5 mm	Moderada a Grave	
8	Figura 23 - Trincas na fachada externa da sala com vestígios de reparo superficial	>1,0 mm	Moderada a Grave	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

O tratamento de trincas em alvenarias de vedação deve ser fundamentado em diretrizes técnicas que assegurem a durabilidade da intervenção e a integridade do sistema construtivo. De acordo com o IBAPE-SP (2021), fissuras que não apresentam evolução significativa, mas comprometem o desempenho funcional e estético da edificação, devem ser tratadas com técnicas de costura e recomposição do revestimento.

A abertura em formato de “V” ao longo da trinca é recomendada para permitir maior penetração e ancoragem dos materiais de reparo, conforme indicado por Oliveira *et al.* (2005). A limpeza rigorosa da superfície é essencial para garantir a aderência dos produtos aplicados.

A costura com grampos metálicos ou aplicação de tela eletrossoldada embutida em argamassa de alta aderência tem como objetivo restringir a reabertura da fissura, redistribuir tensões e proporcionar maior monoliticidade ao conjunto, conforme apontam Souza e Ripper (1998) e Cordeiro (2001). Essa técnica é particularmente recomendada em casos de trincas com origem estrutural ou resultantes de movimentações diferenciais estabilizadas.

De acordo com Almeida (2020), a utilização de argamassa aditivada com impermeabilizante contribui significativamente para a redução da absorção de umidade por capilaridade, elevando o desempenho higrotérmico das vedações e proporcionando maior proteção às alvenarias contra a ação da umidade.

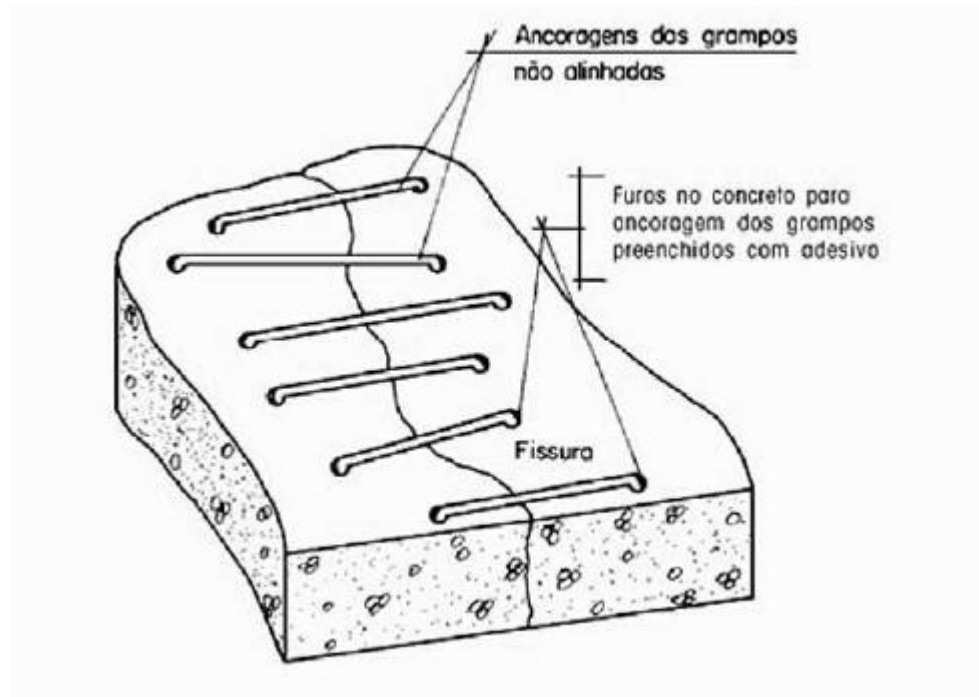
Por fim, a aplicação da solução em ambas as faces da parede (interna e externa) é indicada quando há exposição direta às intempéries ou quando se deseja garantir o tratamento completo da manifestação patológica evitando reaparecimentos causados por esforços residuais ou diferenciais de dilatação.

A costura com grampos metálicos é retratada na Figura 38. Esse procedimento consiste na instalação de grampos de aço, geralmente dobrados em forma de “U”, transversalmente à fissura, promovendo a união entre as partes separadas. Para isso, são abertos pequenos canais perpendiculares à trinca, com cerca de 4 a 6 cm de profundidade, nos quais os grampos são fixados com argamassa de alta resistência ou graute de reparo. Após a fixação, a superfície é recomposta com argamassa compatível ao revestimento (Souza e Ripper, 1998).

Esse método tem como principal objetivo impedir a progressão da trinca e conferir estabilidade ao plano da parede. De acordo com Custódio (2001), essa solução é indicada para recompor a integridade da alvenaria sem comprometer o

desempenho estrutural, sendo eficaz em trincas estáveis. Helene (1992) também destaca que a costura com grampos é apropriada para casos em que há separação das partes da alvenaria sem deslocamento estrutural significativo. Azevedo, Cordeiro e Oliveira (2013) complementam que esse tipo de reparo deve ser aplicado após criteriosa avaliação da origem da fissura, evitando intervenções paliativas.

Figura 38 - Reparo de uma fissura por costura



Fonte: Souza e Ripper, 1998.

De acordo com Souza e Ripper (1998), a técnica de costura de fissuras compreende uma sequência de etapas que devem ser seguidas com rigor para garantir a eficácia do reforço estrutural. Inicialmente, recomenda-se, sempre que viável, o descarregamento da estrutura, tendo em vista que a intervenção se caracteriza como um tipo de reforço. Em seguida, procede-se à confecção de nichos ou berços na superfície do concreto, com a finalidade de acomodar as barras de costura. Quando se opta por ancoragem mecânica, é necessária a perfuração nas extremidades dos berços para inserção dos grampos, sendo essas cavidades preenchidas com adesivo apropriado.

Na etapa seguinte, caso adotada essa abordagem, realiza-se a injeção da fissura com resinas epoxídicas ou cimentícias, promovendo-se a selagem em um nível inferior ao do berço. O posicionamento dos grampos deve ocorrer obrigatoriamente

após a conclusão da injeção. Posteriormente, os grampos são inseridos e os berços são preenchidos com o mesmo adesivo utilizado na selagem da fissura. Por fim, nos casos em que a peça estrutural esteja sujeita a esforços de tração, a costura deve ser realizada em ambos os lados do elemento.

Nos casos em que as fissuras são mais distribuídas ou quando a alvenaria apresenta instabilidade em uma área extensa, o mais indicado é o reforço com telas metálicas eletrossoldadas. Essa técnica consiste na fixação de uma malha de aço sobre a superfície da parede afetada, promovendo uma redistribuição das tensões internas e evitando que novas fissuras se formem. A tela é ancorada à alvenaria por meio de chumbadores ou pinos metálicos, e em seguida recoberta com argamassa polimérica ou cimento aditivado (HELENE, 1992). A Figura 39 traz um modelo de tela eletrossoldada.

Figura 39 - Modelo de tela eletrossoldada



Fonte: <https://www.lojacasanova.com.br/tela-malha-pop-15x15-media-200x300mts-34mm-gerdau/p>

A utilização de tela eletrossoldada embutida no revestimento de argamassa tem se mostrado uma solução eficaz na recuperação de trincas em alvenarias, sobretudo em casos onde há recorrência das manifestações devido a recalques diferenciais, movimentações térmicas ou deficiências construtivas. Esse recurso atua como um reforço passivo, promovendo uma melhor distribuição das tensões ao longo da superfície tratada, o que reduz a concentração de esforços em pontos críticos e, conseqüentemente, inibe o reaparecimento das fissuras (RIPPER; PFEIL, 1986).

Além do controle da fissuração, a presença da tela metálica no interior do revestimento melhora a coesão entre as camadas de argamassa e o substrato, resultando em um sistema mais resistente às solicitações de tração e flexão que ocorrem devido a deformações diferenciais ou esforços residuais. A técnica também contribui significativamente para a durabilidade do reparo, pois proporciona um reforço estrutural à região afetada, minimizando os efeitos de futuras movimentações e prolongando a vida útil da solução adotada (CUSTÓDIO, 2010). Essa abordagem é recomendada em diversas diretrizes técnicas e manuais voltados à inspeção e recuperação de edificações, sendo reconhecida como uma medida preventiva e corretiva eficiente na reabilitação de elementos construtivos com manifestações patológicas associadas à perda de integridade mecânica (IBAPE/SP, 2012).

A Tabela 4 apresenta as principais anomalias identificadas que têm como causa provável retrações térmicas e higroscópicas. Entre essas manifestações, destacam-se as aberturas localizadas na área externa. Além disso, a tabela indica as recomendações de tratamento visando a recuperação estética e funcional do imóvel

Tabela 4 – Recomendações de tratamento para fissuras que têm como possível causa retrações térmicas e higroscópicas

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 10 – Fissuras mapeadas na	0,2	Leve	<ul style="list-style-type: none"> Impermeabilização da base da alvenaria, por meio da aplicação de barreira impermeabilizante contínua ao nível do rodapé a fim de evitar a ascensão capilar da umidade e as variações volumétricas associadas; Remoção do revestimento deteriorado na região afetada e recomposição com argamassa de alta aderência aditivada com componente impermeabilizante, garantindo maior durabilidade e resistência às variações higrótérmicas.
2	Figura 12 - Fissura próxima da janela da lavanderia	<0,5	Leve	
3	Figura 14 - Trinca horizontal em alvenaria da área externa	0,6	Moderada	
4	Figura 15 - Trinca de 0,8 mm saindo da janela da cozinha	0,8	Moderada	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

A impermeabilização da base da alvenaria é uma medida fundamental para o controle da umidade ascendente, cuja presença contribui para o surgimento de retrações e perda de aderência dos revestimentos. A ABNT NBR 15575-1 (2021) recomenda a adoção de barreiras impermeáveis contínuas em áreas suscetíveis à umidade, com o objetivo de preservar o desempenho das vedações verticais. A recomposição do reboco com argamassa aditivada com impermeabilizante é indicada para restaurar a integridade do revestimento e proporcionar resistência adicional à penetração de água, promovendo estabilidade dimensional frente a variações térmicas e de umidade.

A tabela 5 traz as recomendações de tratamento para a trinca observada entre a laje e alvenaria de vedação. A mesma tem como causa provável ausência da amarração superior da estrutura ou execução inadequada, acrescida por possível erro de junta construtiva.

Tabela 5 - Anomalia por falta de amarração acrescida de junta construtiva inadequada

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 13 - Trinca localizada na interface entre a laje e a alvenaria de vedação	—	Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar abertura e limpeza da fissura; • Inserir tela eletrossoldada leve embutida em nova camada de argamassa; • Aplicar nova camada de reboco com argamassa de alta aderência, aditivada com impermeabilizante; • Introduzir uma junta de dessolidarização entre a laje e a alvenaria, preenchida com material flexível, permitindo pequenas movimentações relativas entre os elementos sem causar fissuras; • Finalizar com acabamento compatível com o existente.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

As juntas de dilatação têm como finalidade absorver movimentações relacionadas à variação de temperatura. É recomendável prevê-las a cada 20 m de estrutura em planta ou avaliar o comportamento térmico para que os esforços provenientes das movimentações sejam resistidos pela estrutura (Caporrino, 2018).

A Tabela 6 apresenta as recomendações de tratamento para as fissuras de características geométricas localizadas no revestimento da fachada do imóvel. Essa problemática é atribuída, como causa provável, à ausência de juntas de dilatação adequadas, agravada por recalque diferencial de baixa magnitude, além da influência das reações térmicas e higroscópicas.

Tabela 6 - Manifestação com causa provável a ausência de juntas de dilatação adequadas agravada por recalque diferencial de baixa magnitude e reações térmicas e higroscópicas

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 16 – Fissuras com padrão geométrico no rejunte do revestimento da fachada	—	Leve a Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção do revestimento; • Abertura e limpeza da fissura; • Execução de juntas de dilatação; • Preenchimento com argamassa flexível; • Restauração do acabamento superficial.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

A escolha adequada da argamassa de assentamento é crucial para a qualidade e durabilidade da construção. Uma argamassa com as propriedades corretas garante a segurança e estabilidade da estrutura, além de facilitar a execução da obra e reduzir o risco de problemas futuros (Caporrino, 2018).

A Tabela 7 apresenta as recomendações de tratamento para a fenda localizada na ligação entre as alvenarias da lateral externa direita. Tal abertura é provavelmente causada pela ausência de amarração entre os elementos, associada à falta ou inadequação das juntas de dilatação.

Tabela 7 - Manifestação que tem como causa provável ausência de amarração e falta de juntas de dilatação

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 17 – Fenda entre a ligação de alvenarias na parte lateral direita externa	10	Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Abertura e limpeza da Fissura; • Preenchimento com argamassa flexível; • Execução de juntas de dilatação; • Aplicar reforço superficial com tela eletrossoldada; • Restauração do acabamento superficial.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

A falta de amarração adequada entre elementos de alvenaria é uma das principais causas de formação de brechas ou fissuras em regiões de encontro entre paredes ou entre parede e estrutura. Esse problema decorre da movimentação independente das partes, comprometendo a estabilidade e a estanqueidade do sistema. Para tratar esse tipo de manifestação patológica, recomenda-se adotar soluções que promovam a solidarização entre os elementos, restabelecendo sua atuação conjunta (RIPPER; PFEIL, 1986).

A Tabela 8 traz o resumo das manifestações identificadas que possuem como causa provável a ausência de junta de dilatação; erro na execução da viga de verga agravada por recalque diferencial de pequena magnitude e recomendações de tratamento.

Tabela 8 - Manifestações com causa provável a ausência de junta de dilatação; erro na execução da viga de verga agravada por recalque diferencial de pequena magnitude

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 18 – Abertura gradual horizontal na parte superior da janela da sala	0,4-0,7	Leve a Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar as vigas de verga e contraverga e fazer um reforço se necessário; • Aplicar tratamento com tela eletrossoldada e argamassa de alto desempenho; • Restauração do acabamento superficial.
2	Figura 19 – Abertura gradual horizontal saindo da parte inferior da janela do quarto da frente	0,4-0,7	Leve a Moderada	
3	Figura 20 - Trinca diagonal saindo da janela da sala	0,6	Moderada	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

As vergas e contravergas são elementos estruturais na parte superior e inferior nos vãos de janelas, respectivamente. As vergas recebem os esforços de compressão e cisalhamento aplicados pelo peso próprio dos blocos e distribuem esses esforços uniformemente para os blocos inferiores. Já as contravergas atuam absorvendo as tensões de tração e flexão, similarmente a uma viga estrutural. Para isso, estes elementos precisam ter comprimento suficiente para vencerem os vãos e distribuírem esses esforços corretamente, sem gerar uma concentração de tensões nos blocos (Caporrino, 2018).

Ressalta-se que para suportarem os esforços de tração na flexão aplicados, as vergas e contravergas precisam ser armadas. Portanto, devem ter comprimento suficiente para ultrapassar o vão da abertura em pelo menos 1/5 de seu comprimento em cada lado, mas não inferior a 30 cm ou 40 cm para uma adequada distribuição de tensões aos blocos inferiores. Em caso de múltiplos vãos sucessivos, pode-se unir as vergas e contravergas em elementos contínuos. Para vãos de elevadas dimensões, estas devem ser dimensionadas como vigas (elemento estrutural) (Caporrino, 2018).

A Tabela 9 traz as recomendações de tratamento para o deslocamento ocorrido na calçada da residência. Sua causa principal está relacionada a expansão

térmica, empuxo de raízes dos coqueiros e ausência de juntas de assentamento adequadas.

Tabela 9 - Manifestação com causa provável a expansão térmica, empuxo de raízes e ausência de juntas de assentamento

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 21 - Desplacamento na calçada da residência	—	Leve a Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção dos pisos danificados; • Executar o assentamento de novas peças com junta de dilatação e base adequadas; • Remoção dos coqueiros e suas raízes.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

O deslocamento de pisos em calçadas geralmente está relacionado à movimentação da base, falhas na execução ou ausência de juntas de dilatação. O tratamento adequado inclui a remoção das placas soltas, a regularização da base com argamassa aderente e a recomposição do piso com atenção à cura e à inserção de juntas que permitam a movimentação sem comprometer a aderência (CUSTÓDIO, 2010).

A Tabela 10 apresenta as recomendações de tratamento para a trinca de 1,5 mm na alvenaria da área externa, cuja provável causa está associada à ocorrência de recalque diferencial de pequena magnitude, aparentemente estabilizado, em combinação com a influência de ações térmicas e higroscópicas, agravadas pela presença de vegetação próxima à residência, que contribui para o acúmulo de umidade no entorno.

Tabela 10 - Manifestação com causa provável a ocorrência recalque diferencial de pequena magnitude e retrações térmicas e higroscópicas

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 22 - Trinca de 1,5 mm em alvenaria da área externa	1,5	Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção do revestimento; • Abertura e limpeza da trinca; • Impermeabilização da base; • Inserir tela eletrossoldada embutida em nova camada de reboco executada com argamassa de alta aderência, aditivada com impermeabilizante. • Afastamento da vegetação próxima a fim de se evitar umidade ascendente.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

Para trincas passivas com pequenas aberturas em alvenaria, recomenda-se a abertura e limpeza da fissura, seguida do preenchimento com argamassa modificada ou selante compatível, e posterior regularização e pintura com material impermeável e flexível, visando restabelecer a estanqueidade e o acabamento da superfície (CUSTÓDIO, 2010).

A Tabela 11 apresenta as recomendações técnicas para o tratamento das manifestações patológicas identificadas na cobertura da garagem, associadas, como causa provável, à deficiência de armadura na laje.

Tabela 11 - Manifestações com causa provável a deficiência de armadura

Item	Identificação	Abertura (mm)	Severidade	Recomendações de tratamento
1	Figura 25 - Trinca na cobertura da garagem	-	Leve a Moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer uma investigação mais aprofundada da armadura existente e executar reforço da armadura deficiente; • Caso necessário, aumentar o número de vigas e/ou aumentar a seção dos pilares;
2	Figura 26 - Trinca longitudinal na viga lateral da garagem	-	Moderada a Grave	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação do revestimento com telas eletrossoldadas embutidas no reboco executado com argamassa de alto desempenho.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o reforço das armaduras positivas é indicado nos casos em que o reforço das armaduras negativas se mostra insuficiente ou inviável. A execução dessa técnica envolve, inicialmente, a retirada do revestimento da laje e o apicoamento de toda a sua face inferior. Em seguida, posicionam-se as novas armaduras, preferencialmente na forma de telas soldadas, que são fixadas por meio de grampos, arames ou pinos aplicados com pistola. Por fim, as armaduras são recobertas com materiais como resina epóxi e argamassa de base mineral, graute, concreto ou argamassa projetada, a depender das exigências do reforço.

Segundo Caporrino (2018), o graute consiste em um concreto fino com alta fluidez, composto por cimento, agregados miúdos e graúdos (até 9,5 mm) e água. Sua finalidade é preencher adequadamente os vazios dos blocos, aumentando a resistência da parede e propiciando aderência com as armaduras. Sua trabalhabilidade, resistência a compressão e fluidez devem ser controladas.

7 CONCLUSÃO

A partir da análise das manifestações patológicas observadas na edificação, foi possível estabelecer padrões e correlacioná-los com prováveis causas, como recalques diferenciais de pequena magnitude nas fundações, falhas de execução, ausência de juntas de movimentação, detalhamento inadequado das armaduras, além de efeitos térmicos e higroscópicos. Essa correlação permitiu uma compreensão mais ampla do comportamento da edificação diante das solicitações impostas ao longo do tempo.

Entretanto, esta pesquisa enfrentou limitações que impactaram o aprofundamento do diagnóstico. A ausência de ensaios destrutivos e não destrutivos (como pacometria, extração de testemunhos, esclerometria), aliada à inexistência de documentação técnica da obra (plantas estruturais, memoriais e relatórios de sondagem), restringiu a precisão das análises. Tais limitações decorreram da indisponibilidade de recursos materiais e financeiros, além de entraves logísticos. Além disso, o histórico da construção apresentou lacunas relevantes, o que dificultou a verificação das condições construtivas originais.

Os métodos adotados para a avaliação, embora tecnicamente reconhecidos, apresentam limitações inerentes à subjetividade e à ausência de dados empíricos de validação. Apesar disso, o monitoramento de fissuras ao longo de um período de 90 dias permitiu a observação preliminar de sua estabilidade, auxiliando na classificação quanto ao comportamento ativo ou passivo das mesmas.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria recomendável a realização de sondagens de simples reconhecimento (SPT) no terreno da edificação analisada e um estudo geotécnico mais aprofundado do local. Contudo, como não há disponibilidade de dados sobre a sua localização por questões de sigilo, reforça-se a importância da realização de estudos geotécnicos prévios em qualquer obra, especialmente para subsidiar uma escolha adequada do tipo de fundação e prevenir manifestações patológicas relacionadas a insuficiência de estudos do solo.

Entre os desafios enfrentados, destaca-se a carência de cultura técnica voltada para manutenção e documentação das edificações unifamiliares, bem como a dificuldade de acesso a dados técnicos essenciais para análise estrutural e patológica. A integração entre as áreas da engenharia estrutural, geotécnica e materiais é fundamental para superar essas barreiras e promover diagnósticos mais eficazes.

Do ponto de vista acadêmico, este trabalho contribui para a sistematização da análise de manifestações patológicas, fornecendo um roteiro técnico aplicável a edificações com características semelhantes. Em termos de mercado, destaca-se a importância de diagnósticos fundamentados na identificação do tipo e padrão das aberturas, suas causas prováveis e formas adequadas de tratamento. A adoção de medidas corretivas que atuem na origem das anomalias, e não apenas em sua aparência superficial, é essencial para garantir a durabilidade, segurança e funcionalidade das edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Eduardo R. **Análise da eficiência dos aditivos impermeabilizantes em argamassa de assentamento**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/2869>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AOKI, Norihiko; CINTRA, Júlio C. A. **Manual de fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

ARAÚJO, Leonardo; SILVA, João Carlos; **Patologia em fundações: causas e soluções**. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122 – Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484 – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AZEVEDO, Argemiro R.; CORDEIRO, Giordano C.; OLIVEIRA, Marcos P. **Patologia, reabilitação e reforço de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

AZEVEDO, João Pedro B. et al. **Patologias em edificações: identificação, diagnóstico e prevenção**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

AZEVEDO, José M. P. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

BOLINA, Fabrício L.; HELENE, Paulo; TUTIKIAN, Bernardo F. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

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

CAPUTO, Hugo P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988.

CARVALHO, N. F. **Verificação de patologias de elementos estruturais em concreto armado**. *Revista Obras Civis*, 2009.

CORDEIRO, Eduardo. **Manual de manifestações patológicas em estruturas**. São Paulo: PINI, 2001.

CORDEIRO, J. R. C. **Manual de Inspeção Predial – Diagnóstico de Anomalias em Edificações**. Rio de Janeiro: IBAPE Nacional, 2006.

CUSTÓDIO, D. M. et al. **Patologia das construções: identificação, diagnóstico e terapias**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2013.

CUSTÓDIO, V. **Manual de inspeção predial: conservação, manutenção e reabilitação de edificações**. São Paulo: PINI, 2017.

CUSTÓDIO, Vicente P. **Patologia das Construções: identificação, diagnóstico e terapias**. São Paulo: PINI, 2010.

DAS, Braja M. **Princípios de engenharia geotécnica**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DÉCOURT, Luiz. **Comportamento dos solos e das fundações**. São Paulo: FINEP, 1996.

DREAMSTIME. **As raízes de árvores de coco**. Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-as-raizes-de-%C3%A1rvores-de-coco-image84885521>. Acesso em: 11 jun. 2025.

FERNANDES, Milton M. **Fundações em edificações**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2009.

FREITAS, Davi R.; MARQUES, Renato L. **Geotecnia aplicada às edificações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GERDAU. **Tela malha pop 15x15 média 200x300 mts 34 mm**. Disponível em: <https://www.lojacasanova.com.br/tela-malha-pop-15x15-media-200x300mts-34mm-gerdau/p>. Acesso em: 13 jun. 2025.

GIAMMUSSO, Mauro. **Manifestações patológicas em estruturas: causas, diagnósticos e soluções**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GIOVANNI, F. **A engenharia diagnóstica e a contribuição ao setor edificações da construção civil**. 2018. Disponível em: <https://estruturasonline.com.br/aengenhariadiagnostica-e-a-contribuicao-ao-setor-edificacoes-da-construcao-civil>. Acesso em: 17 set. 2024.

GOMES, Alexandro Pires; MACHADO, Sérgio Luiz; PRADO, Renato Lima. **Investigação geotécnica**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GOMIDE, T. L. F.; FAGUNDES NETO, J. C. P.; GULLO, M. A. **Inspeção predial total - diretrizes e laudos no enfoque da qualidade total e da engenharia diagnóstica**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2014.

GUSMÃO, Alfredo D.; TEIXEIRA, Paulo C. **Fundações: causas de recalques e métodos de correção**. São Paulo: PINI, 2007.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Thales de Souza. **Manual de inspeção, avaliação e recuperação de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1993.

HELENE, Paulo R. do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.

HELENE, Paulo; MEDEIROS, Marcílio H. **Manifestações patológicas: diagnóstico e reabilitação de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

HELENE, P.; PEREIRA, J. M. **Patologia das construções: mecanismos, causas e diagnósticos**. São Paulo: IBRACON, 2013.

IBAPE/SP – INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Manual de Perícias de Engenharia: Avaliações e Perícias de Engenharia e Arquitetura**. 5. ed. São Paulo, 2021.

IBAPE. **Inspeção Predial – Procedimento**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **General principles on the design of structures for durability**. ISO 13823. Geneva: ISO/TC, 2008.

LORENZI, H.; FERREIRA, E.; MATTOS, J. R.; BACHIEGA, N. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.

MACHADO, S. L.; PRADO, R. L.; GOMES, A. P. **Investigação geotécnica**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MASSAD, Faïçal. **Desempenho das fundações**. São Paulo: PINI, 1992.

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba: UTFPR, 2012.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 12 abr. 2025.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, Alexandre M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS9A3GCW/1/monografia_esp_2012_1_th.pdf. Acesso em: 9 mar. 2025.

OLIVEIRA, L. A. P.; AZEVEDO, M. A. A. **Manual de Patologia das Construções – Identificação, Diagnóstico e Terapia**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

PECK, Ralph B.; TERZAGHI, Karl. **Soil mechanics in engineering practice**. 2nd ed. New York: Wiley, 1967.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. *Revista Técnico Científica*, v. 1, n. 1, 2013.

RIPPER, Tércio Lopes da Silva; PFEIL, Walter. **Edifícios de alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1986.

SANTOS, W. J. et al. **Prescrições para construções de edificações residenciais multifamiliares com base nas patologias identificadas na cidade de Viçosa-MG**. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 2014. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/11543/209209209518/209209210091>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SILVA, Fernando B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. *PHD Engenharia*, ed. 174, set. 2011. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

SILVA JR., Aguinaldo M. **Engenharia diagnóstica e gerenciamento de construções: a garantia de qualidade e desempenho em seus empreendimentos**. *Revista Guia Casa & Construção*, Piumhi-MG, ed. 07, p. 8-9, jul. 2024.

SOUZA, Ruy H.; FALCÃO, Tadeu; MORAIS, Lucas C. **Ensaio não destrutivo em estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SOUZA, Vicente. C. M.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

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

VIEIRA, Mateus. A. **Patologias construtivas: conceito, origens e método de tratamento**. *Revista Especialize On line - IPOG*, Uberlândia, v. 1, n. 12, 2016.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.