



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS – CAMPUS SANTA LUZIA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**THIAGO MARTINS PACHECO**

**FISSURAS EM EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO  
DE CASO NO EMPREENDIMENTO PLACE JARDINS – ANÁLISE, DIAGNÓSTICO  
E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS**

**Santa Luzia**

**2025**

**THIAGO MARTINS PACHECO**

**FISSURAS EM EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO  
DE CASO NO EMPREENDIMENTO PLACE JARDINS – ANÁLISE, DIAGNÓSTICO  
E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS**

Trabalho de conclusão de curso – TCC II  
apresentado ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas  
Gerais, como requisito parcial para  
obtenção do título de graduação em  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Moreira Santos

**Santa Luzia**

**2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P116f Pacheco, Thiago Martins.  
Fissura em edificações de alvenaria estrutural: estudo de caso no empreendimento place jardins – análise, diagnóstico e recomendações técnicas. / Thiago Martins Pacheco. - 2026.  
92f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Santa Luzia, 2026.

Orientador: Dr. Giovani Moreira dos Santos.  
1. alvenaria estrutural. 2. fissuração - engenharia. 3. edifícios — defeitos. I. Santos, Giovani Moreira (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Santa Luzia, MG. III. Título.

CDU: 624.1834

Elaborada pela Biblioteca do IFMG campus Santa Luzia



**THIAGO MARTINS PACHECO**

**FISSURAS EM EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO NO EMPREENDIMENTO PLACE JARDINS – ANÁLISE, DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à “disciplina TCC II, do curso de Engenharia Civil” do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Santa Luzia como requisito para a obtenção de título em Bacharel. Aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Giovani Moreira dos Santos

IFMG – INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

---

Prof. Dr. Tiago Simão Ferreira

IFMG – INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

---

Prof. Ms. Wilio Aparecido Rodrigues Torres

IFMG – INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

---

Prof. Ms. Marcos Vinícius Vieira Pereira

IFMG – INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

---

Prof. Marcos Vinícius Vieira Pereira

Coordenador do curso de nome do curso – IFMG-SANTA LUZIA

Data de aprovação: Santa Luzia, 04 de Fevereiro de 2025

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, pela proteção e pela oportunidade de chegar até aqui, mesmo diante dos caminhos difíceis que a vida me apresentou.

Aos meus pais, **Carolina Vieira** e **Aires Meireles**, cuja memória permanece viva em cada conquista que alcanço. Foram suas lições, seu exemplo e seu amor que moldaram quem eu sou e continuam me guiando, mesmo na ausência física. Este trabalho também é deles.

À minha eterna companheira, **Larissa**, pelo apoio incondicional, pela paciência nos momentos de cansaço e pela presença firme em cada etapa desta caminhada. Sua compreensão e incentivo foram fundamentais para que eu pudesse concluir este trabalho com dedicação e serenidade.

Ao meu filho **Davi**, em memória, que permanece como uma luz eterna no meu caminho, e ao meu filho **Miguel**, cuja alegria, inocência e força me motivam diariamente a buscar o melhor de mim. Por eles, cada esforço se transforma em propósito.

Ao meu orientador, **Giovani Santos**, expressei minha profunda gratidão pela orientação segura, pelo profissionalismo e pela confiança depositada durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação, clareza técnica e disponibilidade foram essenciais para o amadurecimento deste estudo.

Agradeço também a **todos os professores do IFMG – Campus Santa Luzia**, que, ao longo da minha formação, contribuíram de forma decisiva para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal. Cada disciplina, cada conversa, cada orientação construída em sala de aula moldou não apenas o engenheiro que me torno hoje, mas também o ser humano que carrego comigo para além dos muros da instituição. Sou profundamente grato por cada ensinamento, incentivo e palavra de apoio recebida ao longo dessa jornada.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta caminhada, deixo meu sincero agradecimento. Este trabalho é resultado não apenas do meu esforço, mas de tudo o que recebi daqueles que caminharam ao meu lado.

## RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo analisar tecnicamente as fissuras identificadas em uma unidade residencial do empreendimento Place Jardins, construído pelo sistema de alvenaria estrutural. O estudo fundamenta-se em uma abordagem aplicada, qualitativa e explicativa, articulando conceitos teóricos, evidências experimentais e inspeção patológica para compreender os mecanismos envolvidos na formação das fissuras e avaliar sua relevância para o desempenho global da edificação. Inicialmente, o trabalho apresenta uma revisão bibliográfica abrangente sobre a evolução histórica da alvenaria estrutural, seus componentes, parâmetros executivos, mecanismos de fissuração e critérios normativos aplicáveis, baseando-se em autores clássicos como Helene, Tavares, Souza e Ripper, Ramalho e Corrêa, entre outros. Em seguida, desenvolve-se o estudo de caso, realizado em um apartamento de cobertura do Place Jardins, no qual se identificou uma fissura horizontal contínua localizada imediatamente abaixo da canaleta J de concreto. A inspeção foi conduzida por meio de observação visual sistemática, medições, registro fotográfico e análise de projeto, de modo a caracterizar geometricamente a manifestação e compreender sua relação com o comportamento mecânico dos elementos envolvidos. A integração entre literatura, resultados experimentais e dados de inspeção permitiram concluir que a fissura apresenta natureza não estrutural, associada a retração da argamassa, variações térmicas e diferenças de rigidez entre blocos e canaletas, encontrando-se estabilizada e passível de tratamento superficial simples. Por fim, o trabalho propõe recomendações técnicas de reparo, prevenção e monitoramento, reforçando a importância da compatibilização de projetos, do controle tecnológico e da aplicação rigorosa de boas práticas executivas para prevenir manifestações patológicas em edificações de alvenaria estrutural.

**Palavras-chave:** alvenaria estrutural; fissuras; patologia das construções; canaleta J; diagnóstico técnico; retração da argamassa.

## ABSTRACT

This Final Undergraduate Project aims to perform a technical analysis of the cracks identified in a residential unit of the Place Jardins development, built with the structural masonry system. The study adopts an applied, qualitative, and explanatory approach, integrating theoretical concepts, experimental evidence, and pathological inspection to understand the mechanisms underlying crack formation and to evaluate their implications for the building's overall performance. The research begins with a comprehensive literature review addressing the historical evolution of structural masonry, its components, construction parameters, cracking mechanisms, and normative criteria, based on classical authors such as Helene, Tavares, Souza & Ripper, and Ramalho & Corrêa. Subsequently, a case study is conducted in a penthouse apartment of the Place Jardins project, where a continuous horizontal crack was found immediately below the reinforced concrete lintel block (canaleta J). The inspection involved systematic visual assessment, measurements, photographic documentation and project analysis to characterize the crack geometry and its relationship with the mechanical behavior of the structural elements. Compression tests on masonry prisms were also performed, yielding values between 5.7 MPa and 9.1 MPa, higher than the nominal strength of the blocks used, demonstrating an adequate load-bearing capacity of the block–mortar–grout system. The integration of literature findings, experimental results, and inspection data indicates that the crack is non-structural, associated with mortar shrinkage, thermal variations, and stiffness differences between blocks and lintels, showing no signs of progression and requiring only superficial repair. Finally, the study presents technical recommendations for repair, prevention, and monitoring, highlighting the importance of project compatibility, quality control and proper construction practices to prevent pathological manifestations in structural masonry buildings.

**Keywords:** structural masonry; cracking; building pathology; lintel block; technical diagnosis; mortar shrinkage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide de Gisé, Basílica de Santa Sofia e Coliseu .....	9
Figura 2 - Alvenaria autoportante x alvenaria de vedação .....	12
Figura 3 - Argamassa de assentamento .....	17
Figura 4 - Armadura vertical e horizontal na alvenaria estrutural .....	20
Figura 5 - Família 39 e 29 dos blocos de concreto estrutural.....	22
Figura 6 - Função dos blocos de tamanho variados na amarração da alvenaria estrutural .....	23
Figura 7 - Projeto elétrico em alvenaria estrutural.....	23
Figura 8 - Shafts na edificação.....	24
Figura 9 - Fissuras verticais causadas pela sobrecarga de carregamento .....	29
Figura 10 - Fissuras inclinadas nas aberturas de vãos. ....	29
Figura 11 - Fissuras inclinadas causadas pela aplicação de carga concentrada .....	30
Figura 12 - Fissuras na argamassa de revestimento .....	32
Figura 13 - Fissuras na argamassa de revestimento .....	32
Figura 14 - Fissuras horizontais provocadas por expansão vertical.....	33
Figura 15 - Configurações típicas de fissuras provocadas por reações .....	35
Figura 16 - Medição de fissura com régua calibrada (crack ruler).....	38
Figura 17 - Termografia infravermelha aplicada em fachada com fissuras .....	39
Figura 18 - Costura metálica com grampos para contenção de fissura .....	43
Figura 19 - Edifício Place Jardins.....	44
Figura 20 - Relatório de rompimento de prisma do Ed. Place Jardins pág. 2 .....	46
Figura 21 - Relatório de rompimento de prisma do Ed. Place Jardins pág.1 .....	47
Figura 22 - Fissura apresentada no lavabo .....	50
Figura 23 - Fissura horizontal na canaleta de apoio da laje .....	52
Figura 24 - Fissura vertical próximo ao peitoril da janela .....	54
Figura 25 - Aplicação de selante flexível.....	61
Figura 26 - Fundação .....	76
Figura 27 - Bloco de coroamento .....	76
Figura 28 - Superestrutura .....	77
Figura 29 - Superestrutura .....	77
Figura 30 - Laje transição.....	78
Figura 31 - Execução alvenaria.....	78

Figura 32 - Montagem laje pre moldada.....	78
Figura 33 - Paisagismo .....	79
Figura 34 - Equipe de obra.....	80

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação da patologia com base no critério de espessura.....	25
Tabela 2 - Tipos de fissuras por recalque e suas causas prováveis.....	26

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. JUSTIFICATIVA .....	5
3. OBJETIVOS .....	8
3.1 Objetivo geral .....	8
3.2 Objetivos específicos .....	8
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
4.1. Breve Histórico .....	9
4.2. Classificação dos sistemas de alvenaria .....	12
4.2.1 Alvenaria de Vedação .....	13
4.2.2 Alvenaria Estrutural .....	13
4.3 componentes da alvenaria estrutural .....	14
4.3.1 Blocos .....	14
4.3.2 Argamassa .....	16
4.3.3 Graute .....	18
4.3.4 Armaduras .....	19
4.4 Projeto e execução da alvenaria estrutural .....	20
4.4.1 Modulação .....	21
4.4.2 Projeto elétrico .....	23
4.4.3 Projeto Hidrossanitário .....	24

4.5 Mecanismos de formação de fissuras .....	25
4.5.1 Fissuras causadas pelo recalque de fundação .....	26
4.5.2 Excesso de carga de compressão .....	28
4.5.3 Variações de temperatura .....	30
4.5.4 Retrações do material .....	31
4.5.5 Movimentações relacionadas à absorção de umidade .....	33
4.5.6 Reações químicas. ....	34
4.6 Classificação e aceitação de fissuras segundo normas técnicas.....	35
4.7 Técnicas de inspeção e diagnóstico de fissuras.....	37
4.8 Prevenção de fissuras em alvenaria estrutural .....	40
4.9 Técnicas gerais de recuperação de fissuras .....	41
5. ESTUDO DE CASO: EMPREENDIMENTO PLACE JARDINS.....	44
5.1. Caracterização da Edificação e do Sistema Construtivo.....	45
5.2. Detalhamento da Manifestação Patológica .....	48
5.3. Análise e Diagnóstico Diferencial.....	49
5.3.1. Fissura no Lavabo.....	49
5.3.2 Fissura no Hall Íntimo lado externo .....	51
5.3.3. Fissura vertical na fachada .....	53
5.3.4. Análise preliminar e diagnóstico.....	55
5.4 Análise técnica das fissuras .....	56
5.5. Recomendações técnicas .....	59

5.5.1. Procedimento de reparo para fissuras superficiais estabilizadas .....	59
5.5.2. Monitoramento periódico da região afetada .....	62
5.5.3. Recomendações preventivas para obras futuras .....	62
6. METODOLOGIA .....	65
7. ANÁLISE DE RESULTADOS .....	68
7.1 Interpretação dos resultados da inspeção visual e geométrica .....	68
7.2 Análise dos resultados dos ensaios de resistência à compressão .....	69
7.3 Correlação entre comportamento mecânico e mecanismos de fissuração .....	70
7.4 Avaliação normativa e classificação da fissura .....	70
7.5 Síntese dos resultados e implicações técnicas .....	71
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	72
REFERÊNCIAS .....	74
ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS ETAPAS DA OBRA .....	76

## 1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural consolidou-se nas últimas décadas como um dos principais sistemas construtivos empregados em edificações de pequeno e médio porte no Brasil, especialmente em empreendimentos habitacionais de interesse social. Essa consolidação decorre, conforme destacam Ramalho e Corrêa (2020), da racionalização proporcionada pelo sistema, da economia de materiais e da redução significativa do tempo de execução, fatores que impulsionaram sua ampla adoção no setor da construção civil. No sistema de alvenaria estrutural, os elementos de vedação passam a desempenhar simultaneamente funções resistentes, eliminando, em grande parte, a necessidade de pilares e vigas, o que torna o processo construtivo mais simples, repetitivo e eficiente.

No contexto nacional, a alvenaria estrutural representa um dos métodos mais difundidos para edificações residenciais de padrão popular e médio, principalmente pela simplicidade executiva, pela rapidez construtiva e pela racionalização do uso dos materiais, conforme abordam Ramalho e Corrêa (2020). Nessa tipologia, as paredes atuam como elementos portantes capazes de resistir às cargas verticais e horizontais, conferindo ao sistema um comportamento global diretamente relacionado às propriedades mecânicas dos blocos, da argamassa e do graute, bem como à continuidade dos panos de alvenaria. Tavares (2019) ressalta que essa característica exige atenção especial à execução de vergas, contravergas e amarrações, fundamentais para garantir o bom desempenho da edificação.

A performance estrutural da alvenaria depende, portanto, de uma série de parâmetros executivos e materiais que, se não observados rigorosamente, podem comprometer o funcionamento do conjunto. Tavares (2019) destaca que blocos, argamassas e grautes devem apresentar compatibilidade mecânica e dimensional para assegurar continuidade e distribuição adequada dos esforços. Além disso, Medeiros e Helene (2021) reforça que elementos complementares — como vergas, contravergas e amarrações — possuem papel essencial para evitar concentrações de tensões e descontinuidades que podem resultar em manifestações patológicas.

Além disso, observa-se que o avanço tecnológico na produção de blocos e argamassas, aliado ao desenvolvimento de normas técnicas específicas, tem contribuído para o aumento da qualidade e do desempenho das edificações em

alvenaria estrutural. O emprego de ensaios laboratoriais e controles rigorosos durante a fabricação dos componentes resulta em sistemas mais confiáveis e adaptados às diversas condições de uso encontradas no país. Esse progresso reflete o compromisso do setor da construção civil em aprimorar continuamente suas práticas, buscando soluções que atendam às demandas por segurança, durabilidade e racionalização dos processos construtivos.

Apesar das inúmeras vantagens, a alvenaria estrutural exige elevado rigor técnico no projeto, na execução e na manutenção. A ausência de armaduras contínuas e a reduzida capacidade à tração dos blocos e grautes tornam o sistema suscetível ao surgimento de fissuras, sobretudo quando há falhas na compatibilização de projeto, na execução das juntas ou no controle tecnológico dos materiais. De acordo com Tavares (2019), fissuras podem comprometer não apenas o aspecto estético da edificação, mas também sua estanqueidade, durabilidade e, em casos mais severos, até sua segurança estrutural.

Estudos clássicos sobre patologias em edificações, como os do IBAPE (2019), Medeiros e Helene (2021) e Tavares (2019), apontam que fissuras em alvenaria estrutural estão frequentemente associadas a fatores como retração da argamassa, movimentações térmicas, variações de rigidez entre elementos estruturais, acomodações iniciais dos materiais, efeitos higroscópicos, deformações das lajes e incompatibilidades dimensionais. Ramalho e Corrêa (2020) ressaltam que a compreensão do comportamento composto entre blocos, graute, canaletas e lajes é indispensável para o diagnóstico correto de fissurações.

As manifestações patológicas em edificações constituem tema recorrente de estudo na engenharia civil, dada sua relevância no desempenho, segurança, conforto e vida útil das construções. Segundo o IBAPE/SP (2011), mais de 60% das manifestações patológicas decorrem de falhas de projeto ou execução, sendo as fissuras as patologias mais observadas, especialmente em sistemas de alvenaria estrutural. Embora nem toda fissuração represente risco iminente, sua presença — quando não corretamente diagnosticada — pode gerar insegurança aos usuários, além de custos de manutenção e reparo.

Diante desse cenário, torna-se fundamental a busca por soluções inovadoras e pelo aprimoramento contínuo das técnicas construtivas voltadas à alvenaria estrutural. O desenvolvimento de metodologias de controle tecnológico mais eficientes, bem como a capacitação de profissionais para a correta execução dos detalhes

construtivos, são estratégias essenciais para minimizar a incidência de fissuras e garantir o desempenho esperado das edificações. Além disso, a integração entre projetistas, executores e gestores de obras contribui significativamente para a prevenção de falhas, promovendo a qualidade e a durabilidade das construções.

É importante destacar que a ocorrência de fissuras não implica, necessariamente, em instabilidade estrutural. A ABNT NBR 15575:2021, que trata do desempenho de edificações habitacionais, estabelece limites toleráveis para certos tipos de fissuras, reconhecendo que, dependendo do comportamento dos materiais e das condições ambientais, determinadas manifestações são esperadas e não comprometem a segurança ou a durabilidade da construção. Ainda assim, sua ocorrência demanda avaliação técnica criteriosa, sobretudo para identificar possíveis causas e evitar sua evolução.

A falta de capacitação técnica, aliada ao descumprimento de boas práticas construtivas e à inadequada compatibilização entre projetos, figura entre os principais fatores agravantes do surgimento precoce de fissuras. Ramalho e Corrêa (2020) apontam que a ausência de juntas de dilatação adequadamente dimensionadas, a execução incorreta de vergas e contravergas e o uso inadequado de blocos e argamassas estão entre as causas mais recorrentes de anomalias nesse sistema.

Diante desse cenário, o presente TCC II tem como objetivo principal aprofundar o estudo teórico sobre fissuras em alvenaria estrutural, abordando conceitos fundamentais, classificações técnicas, mecanismos causadores, normas aplicáveis e métodos de prevenção e recuperação. Essa base teórica é essencial para subsidiar análises mais complexas que envolvem o comportamento patológico real das edificações.

Contudo, a literatura é unânime em afirmar que a compreensão completa das patologias só ocorre quando os fundamentos teóricos são confrontados com a prática. Autores como Medeiros e Helene (2021), e Tavares (2019) enfatizam que o estudo de caso é indispensável para revelar o comportamento real dos materiais em serviço, as interferências ambientais e os efeitos construtivos que não podem ser totalmente previstos por modelos teóricos.

Considerando a complexidade inerente ao comportamento da alvenaria estrutural, é imprescindível também destacar a importância de inspeções periódicas e da manutenção preventiva nas edificações. A adoção de boas práticas desde a fase de projeto até a execução e o acompanhamento pós-obra contribui significativamente

para a mitigação de falhas e para a longevidade do sistema. Além disso, a disseminação do conhecimento técnico entre os profissionais envolvidos fortalece o setor e possibilita respostas mais eficazes diante de eventuais manifestações patológicas.

Nesse contexto, o TCC II dará continuidade direta a este trabalho, aplicando todos os conceitos discutidos em uma análise prática e aprofundada das manifestações patológicas identificadas no empreendimento Place Jardins, localizado no bairro Casa Branca, na região Leste de Belo Horizonte. Durante inspeção técnica realizada pelo autor, foram observadas fissuras horizontais contínuas na junta imediatamente abaixo da canaleta J de concreto, elemento responsável pela transferência de cargas da laje para a parede. Esse padrão fissurário, amplamente documentado na literatura, sugere a atuação conjunta de retração da argamassa, variação térmica, diferenças de rigidez e possíveis deformações iniciais da laje.

A análise desse caso é particularmente relevante, pois, embora as fissuras observadas aparentem ser de baixa severidade e não apresentem evolução, sua presença despertou preocupação nos moradores e exigiu um diagnóstico técnico fundamentado. De acordo com Medeiros e Helene (2021), fissuras superficiais devem ser avaliadas não apenas sob a ótica da segurança, mas também da durabilidade e do desempenho, uma vez que podem indicar comportamentos inerentes ao sistema ou falhas pontuais de execução.

Assim, o TCC II será dedicado à caracterização do empreendimento, à descrição detalhada das fissuras, à análise técnica do comportamento estrutural envolvido, à comparação com referências normativas e bibliográficas e à proposição de medidas de reparo e prevenção.

Portanto, a abordagem adotada neste trabalho visa integrar conhecimento teórico e prático, promovendo uma análise crítica sobre as manifestações patológicas observadas. A partir do levantamento detalhado realizado no empreendimento escolhido, busca-se não apenas identificar as causas das fissuras, mas também propor recomendações técnicas que possam contribuir para a prevenção e o tratamento eficaz dessas anomalias em futuras obras. Dessa forma, espera-se que os resultados obtidos possam ser utilizados como referência tanto para profissionais quanto para acadêmicos interessados no aperfeiçoamento das técnicas construtivas e no aumento da durabilidade das edificações.

## 2. JUSTIFICATIVA

A escolha pela continuidade do estudo sobre fissuras em alvenaria estrutural no âmbito do Trabalho de Conclusão de Curso II justifica-se pela relevância prática, técnica e acadêmica do tema, especialmente considerando a ampla utilização desse sistema construtivo nas edificações residenciais brasileiras. Conforme destacam Ramalho e Corrêa (2020), a alvenaria estrutural tem ganhado espaço em empreendimentos de pequeno e médio porte devido à sua racionalização, economia de materiais e rapidez executiva, características que a tornam uma alternativa estratégica para o setor de habitação de interesse social.

Entretanto, esses mesmos fatores reforçam a necessidade de elevado rigor técnico em todas as etapas do processo construtivo, uma vez que pequenas falhas de execução ou incompatibilidades entre materiais podem resultar em manifestações patológicas de impacto direto no desempenho da edificação.

Entre as manifestações mais recorrentes nesse sistema, as fissuras se destacam por sua frequência e pelo potencial de causar desconforto aos usuários, dúvidas quanto à segurança e aumento nos custos com manutenção. Diversos autores, como Medeiros e Helene (2003), IBAPE (2019) e Tavares (2019), apontam que as fissuras na alvenaria estrutural decorrem, na maioria das vezes, de fatores previsíveis: retração da argamassa, movimentações térmicas, variações higroscópicas, incompatibilidade de rigidez entre elementos estruturais e deformações iniciais das lajes. Mesmo quando não apresentam caráter estrutural, essas fissuras impactam diretamente a percepção de qualidade e o desempenho global da edificação.

A relevância da presente pesquisa está justamente na necessidade de compreender, com profundidade técnica, esses mecanismos, aplicando-os ao contexto real de uma obra construída. No TCC I, estabeleceu-se toda a base teórica necessária para esse entendimento, contemplando conceitos fundamentais, sistemas construtivos, mecanismos de fissuração, classificações, patologias recorrentes e parâmetros normativos. No entanto, conforme enfatiza Helene (2003), o diagnóstico preciso das manifestações patológicas só é alcançado quando os fundamentos teóricos são aplicados à realidade prática por meio de análise de campo, inspeções técnicas e interpretação direta das condições observadas.

Assim, o TCC II justifica-se pela necessidade de aplicar essa base teórica ao estudo de caso concreto: as fissuras observadas em um apartamento de cobertura do empreendimento Place Jardins, localizado no bairro Casa Branca, em Belo Horizonte. A escolha do local decorre não apenas da disponibilidade de acesso, mas principalmente da representatividade do fenômeno observado.

Durante a inspeção técnica, foi identificada uma fissura horizontal contínua, localizada imediatamente abaixo da canaleta J de concreto — elemento responsável pelo apoio da laje sobre as paredes estruturais. Esse tipo de manifestação, segundo Medeiros e Helene (2021), é típico de tensões induzidas por diferenças de rigidez entre elementos estruturais e por retração dos materiais, apresentando alta relevância para o estudo da patologia em alvenaria estrutural.

Além disso, esse caso específico apresenta valor acadêmico e profissional significativo, pois sintetiza características comumente encontradas em edificações executadas por construtoras de pequeno e médio porte: ritmo acelerado de obra, alta produção seriada, equipes com diferentes níveis de capacitação técnica e ausência de acompanhamento sistemático de patologias após a entrega. Estudos do IBAPE/SP (2019) demonstram que mais de 60% das manifestações patológicas decorrem de falhas de projeto ou execução, reforçando a importância de trabalhos que investiguem tecnicamente essas ocorrências no contexto real das edificações habitadas.

A justificativa deste TCC II também se fundamenta na necessidade de fornecer respostas técnicas e confiáveis aos usuários que convivem com essas fissuras. Embora a fissura observada no Place Jardins aparente ser de baixa severidade e sem evolução, sua presença gera dúvidas e insegurança entre moradores, o que reforça o papel social do engenheiro civil na produção de diagnósticos fundamentados, capazes de orientar intervenções seguras, econômicas e eficazes. Assim, o estudo contribui não apenas para o aprofundamento acadêmico, mas também para a prática profissional e para o atendimento a demandas reais da comunidade.

Além disso, o trabalho se justifica pela oportunidade de consolidar, na prática, competências essenciais ao exercício da engenharia civil, como: inspeção técnica, análise de mecanismos patológicos, interpretação de normas técnicas, correlação entre teoria e prática, elaboração de diagnósticos e desenvolvimento de recomendações adequadas. Segundo Ramalho e Corrêa (2020), estudos de caso são ferramentas fundamentais para formação profissional, pois permitem analisar situações reais que não podem ser adequadamente reproduzidas apenas por meio de

estudo teórico.

Portanto, a realização desta pesquisa no TCC II é plenamente justificada pela relevância do tema, pela representatividade do caso estudado, pela necessidade de aprofundar o diagnóstico de manifestações patológicas frequentes em edificações brasileiras, e pela importância de integrar teoria e prática no processo de formação profissional. Além disso, os resultados obtidos poderão contribuir para aprimorar o entendimento das fissuras em alvenaria estrutural, auxiliar profissionais do setor e subsidiar melhorias em processos executivos adotados em empreendimentos semelhantes.

Além disso, a experiência prévia do autor atuando diretamente em obras e acompanhando patologias construtivas será utilizada como referência contextual para aproximar a investigação técnica da realidade executiva do setor. Essa vivência prática contribui para interpretar com maior precisão os mecanismos de fissuração, permitindo identificar não apenas os aspectos teóricos envolvidos, mas também as nuances executivas, operacionais e gerenciais que frequentemente influenciam o surgimento dessas manifestações. Como ressaltam Medeiros e Helene (2020), o entendimento das patologias em edificações exige a combinação equilibrada entre conhecimento científico e observação prática, uma vez que muitos fatores críticos só se tornam evidentes no ambiente real de obra.

Adicionalmente, é pertinente destacar que o aprofundamento desse estudo pode contribuir para o desenvolvimento de soluções inovadoras que minimizem a incidência de fissuras em futuros empreendimentos, promovendo maior durabilidade e desempenho das edificações. Ao investigar detalhadamente um caso representativo, torna-se possível identificar boas práticas executivas e propor ajustes nos procedimentos construtivos, favorecendo a melhoria contínua do setor.

Embora o estudo de caso constitua o núcleo do TCC II, sua presença já orienta a estruturação da presente etapa teórica, garantindo coerência metodológica entre os dois volumes. A delimitação conceitual aqui estabelecida servirá como base para a análise aplicada desenvolvida posteriormente, permitindo que o diagnóstico realizado no empreendimento Place Jardins seja interpretado à luz dos princípios, mecanismos e referenciais normativos discutidos ao longo deste trabalho.

### **3. OBJETIVOS**

Considerando o contexto apresentado, é importante ressaltar que a definição clara dos objetivos orienta todo o desenvolvimento do trabalho, permitindo delimitar o escopo da análise e garantir que as ações propostas sejam direcionadas à resolução efetiva dos problemas identificados. A estruturação dos objetivos também facilita a mensuração dos resultados alcançados, promovendo transparência e rigor metodológico ao longo da pesquisa.

#### **3.1 Objetivo geral**

Realizar a análise técnica das fissuras identificadas em um apartamento de cobertura do empreendimento Place Jardins, localizado no bairro Casa Branca, em Belo Horizonte, interpretando seu comportamento à luz dos referenciais teóricos e normativos estudados no TCC I, com o objetivo de diagnosticar suas causas prováveis, avaliar sua severidade e propor recomendações de tratamento e prevenção adequadas ao sistema construtivo em alvenaria estrutural.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ❖ Integrar teoria e prática, consolidando o conhecimento adquirido no TCC I por meio da aplicação real em um estudo de caso, fortalecendo a formação profissional do autor e ampliando a compreensão das manifestações patológicas em edificações de alvenaria estrutural.
- ❖ Documentar e descrever as fissuras identificadas, incluindo sua geometria, localização, extensão, orientação, severidade e possíveis condicionantes;
- ❖ Interpretar o padrão fissurário à luz da bibliografia técnica, correlacionando a manifestação observada com os mecanismos de fissuração clássicos;
- ❖ Avaliar caráter estrutural ou não estrutural das fissuras, com base em critérios normativos, principalmente os definidos pela ABNT NBR 15575 e normas específicas de alvenaria estrutural;
- ❖ Identificar as prováveis causas das fissuras;
- ❖ Propor recomendações técnicas para reparo, monitoramento e prevenção, de acordo com a natureza da fissura, sua severidade e o sistema construtivo adotado no empreendimento.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

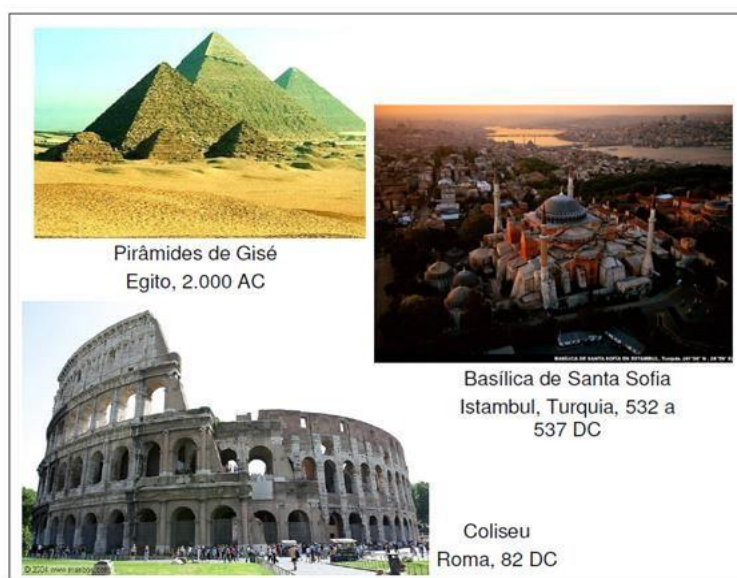
### 4.1. Breve Histórico

A alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos da humanidade, com registros de uso em civilizações que remontam há milênios. Desde as primeiras edificações em pedra lavrada até os monumentos mais imponentes da antiguidade, o princípio da construção por empilhamento e compressão de elementos sólidos foi amplamente utilizado com relativa eficiência, mesmo em períodos onde não havia qualquer embasamento científico ou normativo.

Segundo Ramalho e Corrêa (2020), até o final do século XIX, os projetos em alvenaria estrutural eram predominantemente empíricos, baseando-se na observação e na tradição construtiva, e não em cálculos técnicos. Essa abordagem, embora funcional, frequentemente resultava em estruturas superdimensionadas, com paredes muito espessas e volumosas, utilizadas como garantia de estabilidade e segurança por robustez.

Ramalho e Corrêa (2020) reforça essa análise ao mencionar que grandes obras como a Pirâmide de Quéops (ou de Gizé, no Egito – Figura 1), o Coliseu de Roma e a Basílica de Santa Sofia, em Istambul, são exemplos notáveis da aplicação de princípios rudimentares de alvenaria estrutural.

Figura 1 - Pirâmide de Gisé, Basílica de Santa



Fonte: Google (2025).

Essas edificações, erguidas há séculos, demonstram uma impressionante durabilidade, mesmo sem a utilização de concretos armados, aço ou cálculos estruturais modernos. O conhecimento construtivo era transmitido empiricamente entre gerações, e o excesso de material era, muitas vezes, o único recurso disponível para garantir estabilidade.

Outro marco importante no desenvolvimento da alvenaria estrutural foi o Edifício Monadnock, construído em Chicago entre 1889 e 1891. Com aproximadamente 65 metros de altura, o prédio foi integralmente executado em alvenaria estrutural, utilizando paredes com até 1,80 metro de espessura no pavimento térreo para suportar as cargas verticais. O caso do Monadnock é frequentemente citado como um dos últimos grandes edifícios de alvenaria estrutural sem estrutura metálica ou de concreto armado.

Segundo Tavares (2019), se essa mesma edificação fosse projetada atualmente, com os conhecimentos técnicos disponíveis e o uso de métodos racionais de dimensionamento, seria possível reduzir significativamente a espessura das paredes para cerca de 30 centímetros, mantendo a mesma segurança estrutural. Isso evidencia o avanço dos conhecimentos da engenharia estrutural, da ciência dos materiais e dos processos normativos, que permitiram otimizar o uso da alvenaria e integrar esse sistema às exigências da construção moderna.

A partir do século XX, com o advento do concreto armado e do aço como principais materiais estruturais, a alvenaria passou por um processo de transformação. Inicialmente relegada à função de vedação, voltou a ser estudada como alternativa estrutural a partir das décadas de 1960 e 1970, com o desenvolvimento de pesquisas e normas específicas. No Brasil, o sistema ganhou relevância a partir dos anos 1980, especialmente com a popularização da construção habitacional de interesse social, sendo hoje normatizado e amplamente estudado (Ramalho e Corrêa, 2020).

Assim, o histórico da alvenaria estrutural reflete a evolução da engenharia civil como um todo de práticas empíricas para abordagens técnico-científicas rigorosas. A transição entre o saber artesanal e o conhecimento normatizado permitiu não apenas maior eficiência construtiva, mas também confiabilidade, economia de materiais e adaptação às novas demandas da sociedade contemporânea.

De acordo com Tavares (2019), outra obra que merece destaque é o edifício Monadnock, executado entre 1889 e 1891, em Chicago. Esse prédio executado em alvenaria estrutural tem aproximadamente 65 metros de altura, com paredes no nível

térreo de 1,80 metros de espessura.

Segundo Tavares (2019) se a estrutura do Monadnock fosse projetada nos dias atuais, com os métodos racionais de dimensionamento, com o conhecimento sobre as características dos materiais que temos, essas paredes poderiam ser reduzidas para apenas 30 centímetros, o que demonstra a evolução do conhecimento técnico e dos métodos de dimensionamento ao longo do tempo.

Além da trajetória histórica tradicionalmente apresentada, a evolução da alvenaria estrutural moderna está diretamente associada ao desenvolvimento dos métodos de cálculo e ao entendimento mais profundo do comportamento dos materiais à compressão. Drysdale, Hamid e Baker (1994) explicam que o avanço da engenharia de materiais no século XX permitiu caracterizar com maior precisão as propriedades mecânicas dos blocos, argamassas e grautes, favorecendo a criação de modelos matemáticos capazes de prever o desempenho das paredes sob diferentes estados de carregamento.

Outro marco importante foi a introdução de processos industriais de fabricação de blocos com controle dimensional rigoroso. Ramalho e Corrêa (2020) destacam que a padronização geométrica das unidades reduziu significativamente a variabilidade do assentamento e das juntas de argamassa, contribuindo para o aumento da resistência dos prismas e da confiabilidade global do sistema. Esse avanço também possibilitou uma maior precisão na modulação dos projetos, fator essencial para evitar cortes, descontinuidades e fragilizações das paredes estruturais.

Com a difusão de sistemas construtivos racionalizados a partir da década de 1990, especialmente no Brasil, a alvenaria estrutural passou a ser tratada não apenas como técnica de execução, mas como sistema integrado, no qual arquitetura, estrutura e instalações devem operar de forma coordenada. Tavares (2019) ressalta que esse alinhamento é indispensável para prevenir interferências que, quando negligenciadas, resultam em patologias como fissuras, deslocamentos ou perda de desempenho do edifício.

Nos últimos anos, a incorporação de ferramentas digitais como softwares BIM tem ampliado a eficiência do sistema ao permitir a projeção precisa da modulação, a identificação prévia de conflitos de instalações e a simulação do comportamento estrutural. A literatura contemporânea aponta que essa integração tecnológica representa a continuidade natural da evolução histórica da alvenaria, colocando-a em sintonia com os paradigmas atuais da construção industrializada.

Assim, a evolução da alvenaria estrutural não se limita à sua trajetória histórica, mas se estende ao aperfeiçoamento contínuo dos materiais, dos métodos de cálculo, das técnicas executivas e dos processos de compatibilização que fundamentam sua aplicação moderna.

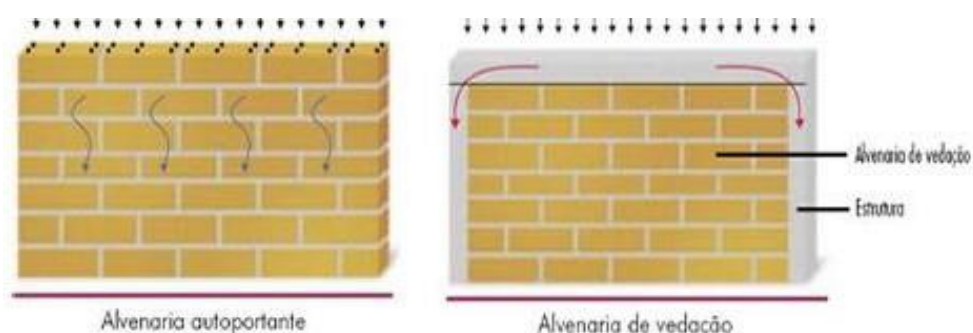
#### 4.2. Classificação dos sistemas de alvenaria

De acordo com Ramalho e Corrêa (2020), a alvenaria pode ser compreendida como um conjunto formado por blocos organizados em fileiras, que podem ou não ser unidos com argamassa, e que tem como principal função estrutural resistir aos esforços de compressão aplicados na edificação.

Segundo Ramalho e Corrêa (2020), a classificação da alvenaria está relacionada à sua aptidão em resistir a diferentes tipos de esforços. Essa divisão distingue as alvenarias utilizadas apenas como vedação daquelas que integram o sistema estrutural da edificação (Figura 2).

- ❖ **Alvenaria de vedação:** Projetada para resistir apenas ao próprio peso;
- ❖ **Alvenaria estrutural:** Dimensionada para suportar cargas adicionais, tais como os esforços solicitantes do peso próprio de lajes, coberturas, pavimentos superiores, utilização, etc.

Figura 2 - Alvenaria autoportante x alvenaria de vedação



Fonte: (Tavares (2019))

#### **4.2.1 Alvenaria de Vedação**

A alvenaria de vedação é amplamente utilizada em sistemas estruturais convencionais, especialmente em edificações de concreto armado, onde sua função principal é isolar ambientes, promover conforto térmico e acústico, além de atuar como elemento de proteção. Embora não desempenhe função portante, esse tipo de alvenaria está sujeito a ações indiretas, como deformações da estrutura principal, movimentações térmicas, recalques diferenciais e vibrações provenientes da utilização da edificação.

IBAPE (2019) observa que, mesmo sendo não estrutural, a alvenaria de vedação está suscetível ao surgimento de patologias, como fissuras e destacamentos, caso não haja compatibilização entre o projeto estrutural e arquitetônico. Essas manifestações podem surgir devido à inexistência de juntas de dilatação, inadequada execução, ou ainda pelo uso de materiais incompatíveis com as movimentações esperadas.

Os blocos utilizados nesse sistema podem ser de concreto ou cerâmica. Segundo a ABNT NBR 6136:2016, os blocos de concreto para vedação devem possuir resistência mínima à compressão de 2,5 MPa. Já a ABNT NBR 15270:2017, que trata dos blocos cerâmicos, estabelece que a resistência mínima à compressão deve ser de 1,5 MPa para blocos com furos horizontais, e de 3,0 MPa para blocos com furos verticais. Esses requisitos garantem o desempenho mínimo necessário à estabilidade da parede, ainda que ela não seja portante.

Além disso, a alvenaria de vedação requer cuidados específicos durante a execução, como o posicionamento adequado das fiadas, controle de prumo, preenchimento das juntas e prevenção contra infiltrações. Também é comum o uso de telas metálicas ou vergalhões para controlar fissuras em pontos críticos, como encontros de alvenarias e estruturas.

#### **4.2.2 Alvenaria Estrutural**

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual as paredes exercem função portante, ou seja, são dimensionadas para absorver e transferir as cargas verticais e horizontais da edificação. Isso permite a eliminação parcial ou total de pilares e vigas, resultando em economia de materiais, redução de tempo de obra e simplificação do processo executivo.

(RAMALHO; CORRÊA, 2020)

Sampaio (2010) destaca que, em função dessa característica, o sistema exige rigor na modulação, padronização de aberturas e compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações. A alvenaria estrutural é especialmente eficiente em empreendimentos com plantas repetitivas, como conjuntos habitacionais e edifícios multifamiliares.

Ramalho e Corrêa (2020) definem a alvenaria estrutural como um sistema construtivo racionalizado, no qual as paredes e lajes trabalham em conjunto, sendo dimensionadas com base em métodos de cálculo estruturais e normas técnicas específicas, como a ABNT NBR 15961-1:2020. Esses métodos consideram os estados limites últimos e de serviço, a resistência característica dos blocos e do graute, e a distribuição de cargas verticais e horizontais. Os blocos devem apresentar resistência à compressão mínima de 4,5 MPa (para fins estruturais), e a argamassa e o graute devem atender a critérios definidos em norma.

Outro ponto importante é o uso de blocos modulares com furos verticais, que possibilitam o grauteamento e a passagem de armaduras, quando necessário. Essa característica permite que a alvenaria estrutural seja aplicada tanto em edificações de pequeno porte como em edifícios de até cinco ou seis pavimentos, com segurança e desempenho satisfatórios.

(ALCANTARA, 2022)

A escolha entre alvenaria de vedação e estrutural depende de diversos fatores, como tipologia do projeto, custo, prazos, qualificação da mão de obra e necessidades de flexibilidade de uso. Em todos os casos, o correto entendimento das características e limitações de cada sistema é fundamental para o sucesso do empreendimento. (IBAPE, 2019)

### **4.3 componentes da alvenaria estrutural**

#### **4.3.1 Blocos**

Os blocos são os componentes fundamentais da alvenaria estrutural, atuando como elementos resistentes primários e responsáveis pela maior parte do comportamento mecânico global do sistema. No contexto brasileiro, os blocos estruturais são produzidos predominantemente em concreto, cerâmica e sílico-calcário, materiais que apresentam propriedades mecânicas distintas e influenciam diretamente a rigidez, a capacidade resistente e a durabilidade das paredes. Ramalho

e Corrêa (2020) enfatizam que a escolha adequada do tipo de bloco deve considerar não apenas a resistência à compressão, mas também fatores como absorção de água, variação dimensional, massa específica e desempenho térmico.

A classificação dos blocos está diretamente relacionada ao percentual de vazios em sua geometria interna. Conforme Ramalho e Corrêa (2020), blocos são considerados maciços quando os vazios não excedem 25% da área bruta, sendo caracterizados por maior massa e maior rigidez. Já os blocos vazados, que constituem o modelo predominante na alvenaria estrutural moderna, possuem percentual de vazios superior a 25%, permitindo redução de peso próprio, maior facilidade de manuseio e otimização dos processos executivos. Esses vazios cumprem funções estruturais e funcionais relevantes: possibilitam a passagem de instalações elétricas e hidrossanitárias, facilitam o grauteamento e permitem a execução de vergas, contravergas e cintas de amarração diretamente no próprio módulo construtivo, favorecendo a racionalização da execução (RAMALHO; CORRÊA, 2020).

Do ponto de vista mecânico, a presença de vazios altera a forma como as tensões se distribuem internamente no bloco. IBAPE (2019) explica que, em blocos vazados, a resistência à compressão não depende apenas da resistência do material constitutivo, mas principalmente do arranjo das paredes internas (septos), da espessura das paredes externas e da regularidade geométrica. Pequenas variações na espessura dos septos ou nas dimensões externas podem gerar concentrações de tensão durante a aplicação de cargas, influenciando tanto a resistência do bloco isolado quanto do prisma de alvenaria. Por essa razão, o controle dimensional é um aspecto crítico para o desempenho global do sistema.

### **Exigências normativas**

A ABNT NBR 6136:2016 estabelece requisitos mínimos de resistência à compressão para blocos vazados de concreto simples, referidos à área bruta, garantindo uma base mínima de desempenho. Os valores normativos são:

- $\geq 6,0$  MPa para paredes externas sem revestimento;
- $\geq 4,5$  MPa para paredes internas ou externas com revestimento.

Esses valores mínimos buscam assegurar que as unidades apresentem resistência compatível com as solicitações previstas em projeto. Em aplicações estruturais mais robustas, como edifícios com múltiplos pavimentos, é comum utilizar

blocos cuja resistência ultrapassa significativamente esses valores, garantindo margens de segurança mais amplas. (ABNT NBR 6136:2016)

No caso dos blocos cerâmicos estruturais, a ABNT NBR 15270-2:2017 estabelece que a resistência mínima à compressão deve ser superior a 3,0 MPa, também referida à área bruta. Embora a resistência mínima seja inferior à dos blocos de concreto, a cerâmica apresenta outras propriedades de interesse, como menor absorção de umidade e maior desempenho térmico, podendo ser vantajosa em determinadas tipologias construtivas. Ramalho e Corrêa (2020) ressaltam que, apesar de resistentes, esses blocos exigem maior cuidado com impactos durante o transporte e manuseio devido à maior fragilidade frente a solicitações localizadas.

### **Comportamento estrutural e influência na formação de fissuras**

O desempenho dos blocos não se limita ao valor de resistência à compressão, mas envolve também seu comportamento frente a tensões laterais, deformações e condições de apoio. Medeiros e Helene (2021) observam que a geometria dos blocos condiciona o modo de ruptura: blocos com paredes internas mais delgadas podem romper por esmagamento localizado ou por fissuras verticais que se iniciam nos septos e se propagam até as faces externas.

Além disso, a interação entre blocos e argamassa é responsável por grande parte da variabilidade encontrada no comportamento real da parede. Tavares (2019) explica que, devido às irregularidades superficiais dos blocos e às diferenças de absorção de água, as juntas podem apresentar rigidez não uniforme, gerando tensões internas diferenciadas ao longo da parede. Essas tensões são frequentemente responsáveis por microfissuras iniciais, típicas do período de acomodação da alvenaria.

#### **4.3.2 Argamassa**

A argamassa é um dos componentes fundamentais da alvenaria estrutural, atuando como elemento de ligação entre os blocos e contribuindo para a integridade e o comportamento mecânico do conjunto. Segundo Medeiros e Helene (2021), trata-

se de um material composto, em sua formulação convencional, por cimento, cal, areia e água, podendo incorporar aditivos destinados ao aprimoramento de suas propriedades físico-químicas, como retenção de água, trabalhabilidade, aderência e capacidade de deformação. A presença desses aditivos permite ajustar o desempenho da mistura às condições específicas de obra, garantindo maior uniformidade e estabilidade ao longo do processo construtivo.

Além de promover a aderência entre os blocos, a argamassa desempenha papel decisivo na vedação contra agentes externos como vento, água e variações térmicas e na acomodação de pequenas imperfeições geométricas inerentes ao processo de assentamento. Tavares (2019) destaca que essa capacidade de preenchimento e nivelamento é essencial para evitar concentrações localizadas de tensão, contribuindo para uma distribuição mais homogênea dos esforços ao longo da parede (Figura 3).

Figura 3 - Argamassa de assentamento



Fonte: Google (2025)

No que diz respeito ao comportamento mecânico, a literatura técnica demonstra que a resistência à compressão da argamassa não é o fator predominante para a resistência final da parede estrutural. Conforme Ramalho e Corrêa (2020), mais importante do que uma elevada resistência mecânica é a plasticidade da argamassa, que permite adequada acomodação entre os blocos e favorece a transferência uniforme das tensões de compressão.

Uma argamassa excessivamente rígida tende a gerar tensões internas

elevadas e indesejadas, enquanto uma argamassa mais plástica contribui para melhorar o desempenho global, reduzindo a probabilidade de fissuração precoce e aumentando a durabilidade do sistema. (MEDEIROS; HELENE, 2021)

Assim, a argamassa deve ser compreendida não apenas como um agente de ligação, mas como um elemento ativo na performance da alvenaria estrutural, influenciando diretamente a estabilidade, a estanqueidade e a capacidade do sistema de absorver deformações ao longo de toda a vida útil da estrutura. (IBAPE, 2019)

### **4.3.3 Graute**

O graute é um material cimentício de elevada fluidez, formulado com agregados finos e proporções específicas de cimento, água e, eventualmente, aditivos plastificantes. Sua principal finalidade é preencher integralmente os vazios internos dos blocos estruturais, garantindo a continuidade do núcleo resistente e possibilitando a incorporação de armaduras verticais ou horizontais quando necessário Ramalho e Corrêa (2020). Por apresentar consistência fluida, o graute é capaz de ocupar completamente os septos internos dos blocos, eliminando vazios indesejados e assegurando a solidarização entre os elementos constituintes da parede.

A eficiência do grauteamento depende diretamente da modulação adequada da alvenaria. Ramalho e Corrêa (2020) destacam que os blocos devem ser assentados de modo a manter alinhamento preciso entre os furos internos, permitindo que o graute escoe verticalmente sem interrupções. Qualquer desalinhamento entre os septos pode gerar bolsões de ar, falhas de preenchimento ou descontinuidades no núcleo resistente, comprometendo o desempenho estrutural da parede.

A função estrutural do graute é ampliar a área resistente da seção transversal e, simultaneamente, integrar bloco, armadura e argamassa em um sistema monolítico, capaz de atuar de forma conjunta sob compressão e tração. Ramalho e Corrêa (2020) explicam que o grauteamento adequado aumenta significativamente a capacidade da alvenaria de resistir a tensões de compressão, além de possibilitar que as armaduras inseridas nos vazios atuem eficazmente no combate às tensões de tração, para as quais os blocos isoladamente apresentam desempenho limitado.

Do ponto de vista normativo, a ABNT NBR 16868-1:2020 estabelece que a

resistência característica do graute deve ser compatível com a resistência dos blocos estruturais, ambos considerados com base na área bruta. Tal exigência visa garantir que o graute não se torne o ponto fraco da seção e que contribua efetivamente para a formação de um núcleo resistente contínuo, promovendo comportamento monolítico ao conjunto.

Assim, o graute deve ser entendido como um componente indispensável à eficiência da alvenaria estrutural, não apenas pela função de preenchimento, mas pelo papel decisivo que desempenha na melhoria da resistência, da ductilidade e da capacidade de redistribuição de tensões ao longo da parede. (IBAPE, 2019)

Além disso, é fundamental ressaltar que o controle tecnológico do graute durante a execução deve ser rigoroso, abrangendo verificações de consistência, resistência e preenchimento adequado dos vazios. Ensaio de fluidez e resistência à compressão do graute devem ser realizados periodicamente, garantindo que o material atenda aos requisitos normativos e contribua efetivamente para o desempenho estrutural do sistema. A correta aplicação do graute, aliada à compatibilidade com os blocos e armaduras, é determinante para assegurar a integridade e a segurança das estruturas de alvenaria. (ABNT NBR 16868-2:2020)

#### **4.3.4 Armaduras**

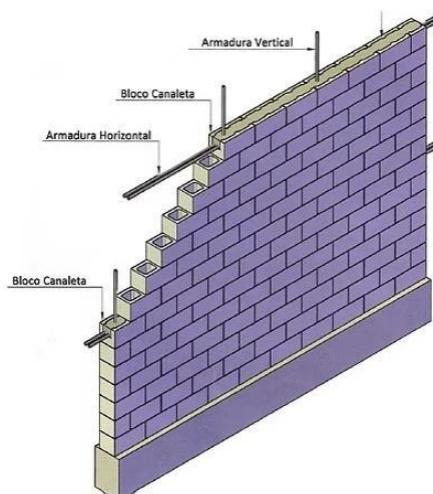
As armaduras utilizadas em alvenaria estrutural possuem natureza semelhante às empregadas no concreto armado, sendo geralmente compostas por barras ou fios de aço posicionados no interior dos vazios dos blocos e integralmente envoltos por graute. Esse recobrimento garante a aderência entre aço e graute e permite que o conjunto bloco–argamassa–graute–armadura atue de forma solidária, aumentando a capacidade resistente e a ductilidade do sistema (RAMALHO; CORRÊA, 2020).

A principal função das armaduras é suprir a baixa resistência à tração inerente aos materiais que compõem a alvenaria, característica amplamente reconhecida na literatura técnica. Segundo Alcantara (2022), a alvenaria simples apresenta desempenho satisfatório sob compressão, mas é insuficiente para resistir a tensões de tração e flexão, exigindo a utilização de barras de aço em situações específicas. Dessa forma, a inclusão de armaduras torna-se indispensável quando há solicitação significativa de esforços horizontais, deformações diferenciais ou necessidade de

controle de fissuração.

- **Núcleos grauteados** localizados nas extremidades das paredes ou em pontos estratégicos de amarração entre panos;
- **Canaletas estruturais**, especialmente em faixas de distribuição de cargas ou cinturamentos;
- **Vergas e contravergas**, cuja função é redistribuir esforços concentrados decorrentes da abertura de vãos;

Figura 4 - Armadura vertical e horizontal na alvenaria estrutural



Fonte: (Google (2025)).

Além de elevar a capacidade resistente, as armaduras desempenham papel importante no controle da fissuração, uma vez que limitam aberturas e dissipam tensões concentradas, contribuindo para o desempenho global da edificação. Dessa forma, representam um elemento complementar essencial para ampliar a segurança, a durabilidade e a estabilidade do sistema de alvenaria estrutural.

#### 4.4 Projeto e execução da alvenaria estrutural

A correta integração entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações é um requisito fundamental para o sucesso de obras executadas em alvenaria estrutural. Nesse sistema, as paredes assumem não apenas a função de vedação, mas também de suporte de cargas, exigindo que a concepção de cada disciplina técnica ocorra de forma coordenada e previamente compatibilizada. Como destacado por Ramalho e Corrêa (2020), a alvenaria estrutural não admite improvisações em

obra, sendo essencial que os elementos estruturais, as aberturas arquitetônicas e os caminhos das instalações estejam previamente definidos com exatidão.

Essa coordenação multidisciplinar é ainda mais crítica devido à baixa flexibilidade do sistema para alterações posteriores. Diferentemente de estruturas com pilares e vigas independentes, na alvenaria estrutural qualquer modificação em paredes pode comprometer o equilíbrio das cargas, a integridade do conjunto e até a segurança da edificação. (IBAPE, 2019)

Ramalho e Corrêa (2020) enfatizam que a compatibilização de projetos vai além da simples detecção de interferências físicas. Ela envolve também a adoção de estratégias de planejamento construtivo, como a modulação geométrica da edificação. Essa prática permite que as dimensões dos ambientes e dos elementos construtivos sejam ajustadas a múltiplos dos blocos modulares, reduzindo a necessidade de cortes, adaptando melhor as passagens de tubulações e eletrodutos, e evitando retrabalhos no canteiro.

A aplicação da modulação facilita o perfeito alinhamento dos septos internos dos blocos, essencial para o correto grauteamento, o posicionamento de armaduras verticais e a passagem de componentes das redes elétrica e hidrossanitária. Quando não há esse cuidado, surgem erros frequentes como o bloqueio de eletrodutos por graute ou a necessidade de rompimentos improvisados, que comprometem o desempenho e a durabilidade do sistema. (ALCANTARA, 2022)

Além disso, a ABNT NBR 15961-1:2020, que trata do projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto, reforça a importância de a edificação ser concebida com base em um processo integrado e racionalizado, no qual os projetos complementares estejam em sintonia desde a fase inicial. Isso contribui para a economia de materiais, redução de perdas e maior qualidade técnica da obra.

#### **4.4.1 Modulação**

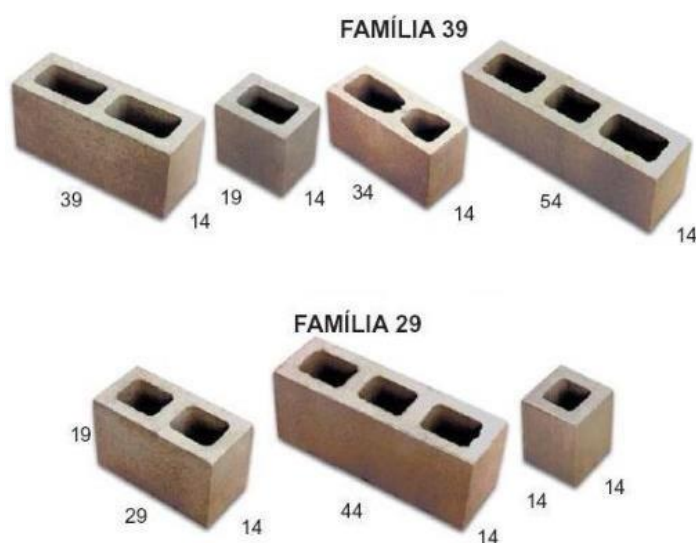
A modulação busca alinhar as dimensões do edifício às medidas padrão dos blocos, minimizando cortes e retrabalhos na execução, e facilitando a montagem das paredes (RAMALHO; CORRÊA, 2020).

Esse alinhamento dimensional permite uma construção mais eficiente, com

menor desperdício de materiais e aumento da produtividade. (IBAPE, 2019)

Os blocos estruturais (Figura 5) são divididos em famílias, cujos blocos possuem comprimentos adequados para os diversos tipos de amarrações, bem como para compatibilização com as medidas do projeto arquitetônico. (RAMALHO; CORRÊA, 2020)

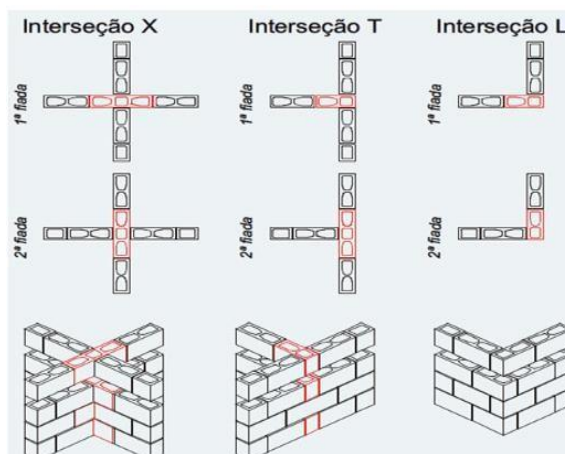
Figura 5 - Família 39 e 29 dos blocos de concreto estrutural.



Fonte: BLOJAF (2023)

É importante observar que o projetista tem a liberdade de dispor os blocos da maneira como desejar, entretanto, segundo Ramalho e Corrêa (2020), é sempre interessante manter uma sequência de blocos, adotando sempre que possível o bloco mais usual (de 29 cm ou 39 cm dependendo da família adotada), no intuito de facilitar a execução no canteiro de obras. Projeta-se a primeira e a segunda fiada, devendo ser repetidas em todas as fiadas ímpares e pares, consecutivamente.

Figura 6 - Função dos blocos de tamanho variados na amarração da alvenaria estrutural



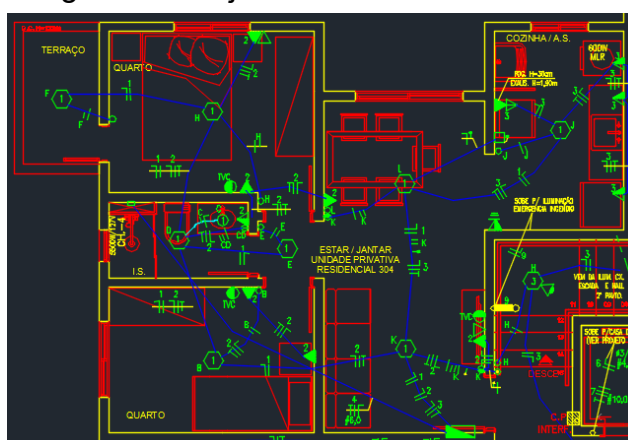
Fonte: (BLOJAF (2023))

Conforme descrito por Ramalho e Corrêa (2020), para cada tipo de interseção é utilizado um bloco específico, no intuito de manter a perfeita amarração da alvenaria e alinhamento dos septos dos blocos para eventual grauteamento. Na família 39, o bloco de 54cm é utilizado nas interseções de paredes em “X” na 1ª e na 2ª fiada. São usados os blocos de 34cm e 54cm nas interseções em “T” na 1ª e na 2ª fiada. Já nas interseções em L, usa-se somente bloco de 34cm em ambas as fiadas.

#### 4.4.2 Projeto elétrico

A compatibilização entre o projeto elétrico e os demais projetos é essencial na alvenaria estrutural, já que os condutos e caixas devem se ajustar aos vazios dos blocos sem comprometer a integridade da parede (Ramalho e Corrêa (2020)).

Figura 7 - Projeto elétrico em alvenaria estrutural



Fonte: (CIMOS (2020))

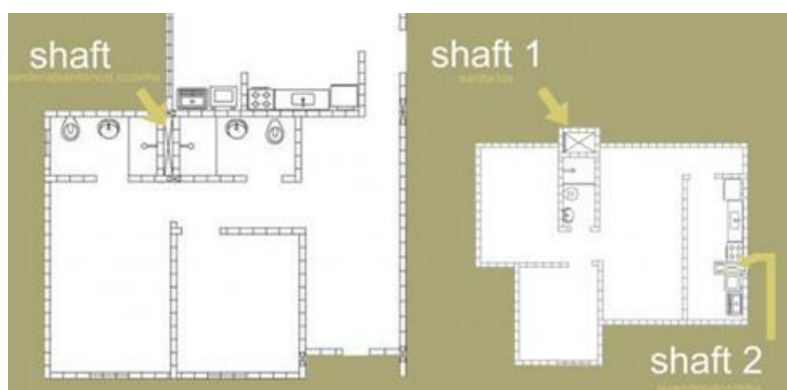
De acordo com IBAPE (2019), as caixas de interruptores precisam ser instaladas previamente em blocos cortados, que serão assentados durante a elevação da alvenaria. Já os eletrodutos para as tomadas deverão sempre que possível passar pela laje, evitando cortes na alvenaria. Além disso, o projetista estrutural deverá ser informado quanto a posição e tamanho dos quadros de distribuição, para que estes não comprometam a integridade estrutural, sendo previstos eventuais reforços.

#### 4.4.3 Projeto Hidrossanitário

Segundo a ABNT NBR 15961-1:2020, a passagem de tubulações que conduzam fluidos dentro de paredes com função estrutural é proibida. Ramalho e Corrêa (2020) esclarecem que essa restrição visa prevenir o comprometimento dos elementos estruturais, uma vez que eventuais vazamentos podem levar à necessidade de intervenções que quebrem a parede. Para o encaminhamento da tubulação hidráulica, adotam-se as chamadas "paredes hidráulicas", que são paredes de vedação específicas destinadas exclusivamente para esse fim.

Segundo IBAPE (2019), as prumadas de água fria e quente devem ser conduzidas verticalmente pelos vazios dos blocos, até os pontos de consumo correspondentes. Já o trecho horizontal das tubulações costuma ser instalado abaixo da laje. Em razão dessa configuração, surgiram os shafts caracterizados como espaços verticais destinados à concentração de prumadas hidro-sanitárias, elétricas e de telefonia.

Figura 8 - Shafts na edificação



Fonte: (Google (2025))

As áreas molhadas como cozinha, banheiro e lavanderia devem, sempre que possível, ser projetadas próximas entre si, com a intenção de concentrar instalações e shafts em um único núcleo. Essa estratégia promove economia nos ramais hidráulicos, facilita a execução das obras e otimiza o uso de shafts, o que interferem diretamente no projeto arquitetônico IBAPE (2019).

#### 4.5 Mecanismos de formação de fissuras

A fissura tem sua origem quando as tensões solicitantes excedem a resistência do material, atuando como mecanismo de alívio desses esforços. Quanto maior a restrição ao movimento do material e mais frágil sua natureza, mais intensas e perceptíveis se tornam as fissuras (TAVARES, 2019).

De acordo com IBAPE (2019), as fissuras em alvenaria estrutural se desenvolvem ao longo de direções perpendiculares ao esforço atuante que pode ser compressão, cisalhamento ou tração direta, destacando que diferentes tipos de esforço geram padrões distintos de fissuração, sendo essas classificadas de acordo com sua espessura e aplicação (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação da patologia com base no critério de espessura

PATOLOGIA	ESPESSURA (MM)
Fissura	Até 0,5
Trinca	Entre 0,5 e 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Medeiros e Helene

Ramalho e Corrêa (2020) destacam que tais fissuras podem originar-se por diversas causas, incluindo baixo desempenho à tração, flexão e cisalhamento dos componentes da alvenaria, enquanto Tavares (2019) ressalta que a combinação de

materiais com propriedades distintas (resistência mecânica, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson) pode agravar o surgimento de fissuras.

Além disso, Tavares (2019) enfatiza que os principais fatores responsáveis pelo surgimento de fissuras em paredes de alvenaria estrutural são os recalques nas fundações, excesso de carga de compressão, variações de temperatura, retrações do material, movimentações relacionadas à absorção de umidade e reações químicas internas.

#### **4.5.1 Fissuras causadas pelo recalque de fundação**

Conforme Tavares (2019), os recalques diferenciais podem ocorrer devido a diversos fatores, sendo os mais frequentes: fundações construídas sobre áreas compostas por corte e aterro, rebaixamento do lençol freático provocado por cortes em taludes laterais do terreno, deformações em um edifício de menor porte causadas pela influência da construção de uma edificação vizinha maior, afetando seu bulbo de tensões, e também pela presença de solos com propriedades não homogêneas.

As fissuras originadas por recalques nas fundações tendem a surgir com maior frequência no pavimento térreo da edificação. Quando esses recalques ocorrem de forma acentuada, as tensões de cisalhamento geradas podem provocar esmagamentos localizados, que se manifestam em forma de escamas. (IBAPE, 2019)

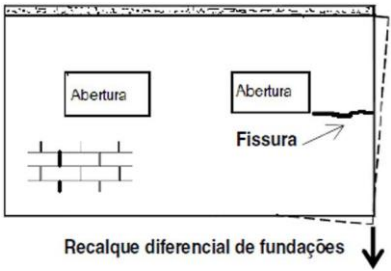
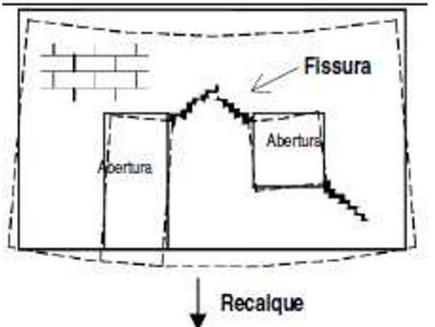
Além disso, é importante considerar que a magnitude dos recalques diferenciais está diretamente relacionada à heterogeneidade dos solos e à qualidade da execução das fundações. Solos mal compactados ou com variações significativas na composição podem acentuar os deslocamentos, tornando a estrutura mais suscetível ao desenvolvimento de fissuras. Portanto, a adoção de técnicas construtivas adequadas e o acompanhamento geotécnico contribuem significativamente para a durabilidade e segurança das edificações. (ISO 13822, 2019)

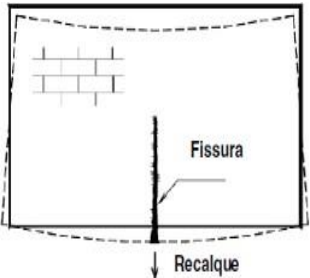
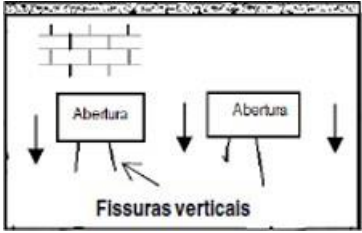
Esses recalques diferenciais, ao promoverem deslocamentos desiguais nas fundações, resultam em tensões internas na alvenaria que superam a capacidade do material de absorver deformações, facilitando o aparecimento de fissuras. É fundamental realizar um estudo detalhado do solo e das condições de fundação para mitigar o risco de recalques e, conseqüentemente, o surgimento de patologias

construtivas. De acordo com IBAPE (2019), esse tipo de fissura geralmente se desenvolve em sentido vertical ou diagonal, apresentando variações na largura ao longo de sua extensão. Já Tavares (2019, p. 94) afirma que as fissuras associadas a recalques diferenciais, em sua maioria, surgem com inclinação e se propagam na direção do ponto onde há maior rebaixamento (Tabela 2).

Portanto, a identificação precoce dos sinais de recalque e das fissuras associadas é essencial para a adoção de medidas corretivas que evitem o agravamento das patologias estruturais. A inspeção regular e o monitoramento das fundações contribuem para a manutenção da integridade da edificação, permitindo intervenções pontuais e eficazes antes que danos mais severos se estabeleçam. (IBAPE, 2022)

Tabela 2 - Tipos de fissuras por recalque e suas causas prováveis

<p><b>Tipo de recalque</b></p>  <p>Recalque diferencial de fundações</p> <p>Fonte: Tavares</p>	<p><b>Tipo de fissura</b></p> <p>Fissuras horizontais próximo aos peitoris</p>	<p><b>Provável causa</b></p> <p>Fundação apresentou recalque diferencial de fundação com distorção angular na fiada horizontal próximo ao peitoril da janela (TAVARES, 2019)</p>
 <p>Recalque</p> <p>Fonte: Tavares</p>	<p>Fissuras inclinadas partindo das aberturas de vãos de portas e janelas.</p>	<p>Fundação apresentou recalque maior no centro da viga baldrame (TAVARES, 2019)</p>

 <p>Fonte: Tavares</p>	<p>Fissuras verticais no meio da parede próxima à base Fissura parede,</p>	<p>Fundação apresentou deformação excessiva da viga baldrame (TAVARES, 2019)</p>
 <p>Fonte: Tavares</p>	<p>Fissuras verticais sob os peitoris das janelas</p>	<p>Fundação contínua solicitada por carregamento desbalanceado (TAVARES, 2019)</p>

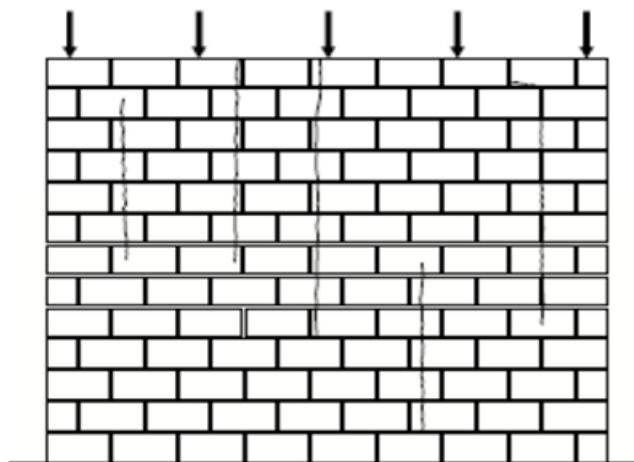
#### 4.5.2 Excesso de carga de compressão

De acordo com IBAPE (2019), quando ocorrem sobrecargas de compressão na alvenaria, é comum o surgimento de fissuras verticais. Isso acontece em razão dos esforços de tração transversal provocados pelo atrito entre a argamassa e os blocos, o que compromete a integridade do conjunto.

Embora a argamassa sofra deformações quando submetida à compressão, sua deformabilidade é geralmente inferior à das unidades cerâmicas. Nesse processo, a argamassa tende a se expandir lateralmente, transferindo esforços de tração para os elementos adjacentes. (TAVARES, 2019)

Esses esforços de tração lateral são os principais responsáveis pelo surgimento das fissuras verticais, como ilustrado na Figura 9. (IBAPE, 2019)

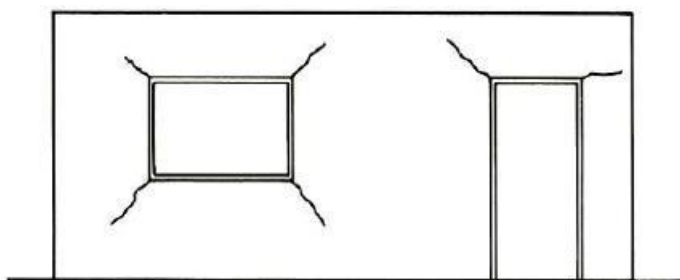
Figura 9 - Fissuras verticais causadas pela sobrecarga de carregamento



Fonte: (SAMPAIO (2010)).

Fissuras provocadas por sobrecarga também podem surgir em diferentes direções, especialmente quando há aberturas nas paredes de alvenaria. Nessas situações, ocorre uma concentração significativa de tensões nos cantos dos vãos, o que favorece o aparecimento de fissuras com variadas formas. As mais frequentes são as fissuras inclinadas que se originam a partir dos vértices das aberturas, como ilustrado na Figura 10 (TAVARES, 2019).

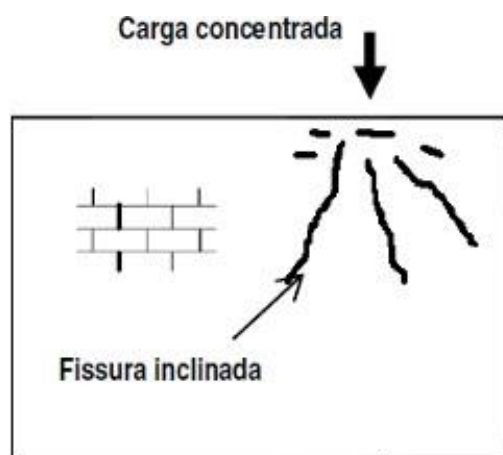
Figura 10 - Fissuras inclinadas nas aberturas de vãos.



Fonte: Tavares (2019)

De acordo com Tavares (2019), a aplicação de cargas concentradas pode levar à ruptura dos elementos de alvenaria, resultando no surgimento de fissuras inclinadas que se originam a partir do ponto onde a carga é aplicada, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Fissuras inclinadas causadas pela aplicação de carga concentrada



Fonte: (Tavares (2019))

#### 4.5.3 Variações de temperatura

Diversos componentes de uma edificação, como paredes externas e lajes de cobertura estão constantemente expostos às intempéries, o que os torna mais suscetíveis às variações térmicas diárias. Estes elementos absorvem calor ao longo do dia e se resfriam durante a noite, resultando em ciclos periódicos de dilatação e contração. A intensidade dessas movimentações está diretamente relacionada às propriedades físicas dos materiais empregados, bem como à magnitude da variação de temperatura a que estão submetidos. (IBAPE, 2019)

As variações térmicas podem causar fissuras por conta da movimentação desigual entre materiais com diferentes coeficientes de dilatação, levando à formação de trincas em regiões críticas da edificação (TAVARES, 2019). Tais movimentações ocorrem, em geral, em função de uma série de fatores contribuintes, como diferenças nos coeficientes de dilatação térmica dos materiais, variações na exposição à radiação solar, espessuras distintas dos elementos, ausência de juntas de dilatação adequadas e condições inadequadas de execução e fixação dos elementos construtivos.

Conforme citado por Medeiros e Helene (2021), o surgimento de fissuras na região sob a cobertura está relacionado à baixa resistência ao cisalhamento que pode ocorrer nessas áreas. Isso se deve, principalmente, à menor compressão a que essas regiões estão submetidas, uma vez que suportam apenas o peso próprio da cobertura.

Além disso, essas áreas estão mais expostas às variações térmicas, o que intensifica as solicitações provocadas por dilatações e contrações dos materiais.

É importante destacar que, mesmo em lajes com boa execução, esses efeitos podem se manifestar, especialmente quando não são tomadas as devidas medidas para absorver as movimentações térmicas, como juntas de dilatação ou o uso de materiais compatíveis entre si. (ABNT NBR 15575:2021)

#### **4.5.4 Retrações do material**

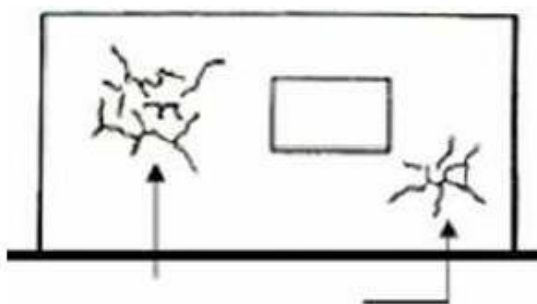
A retração em materiais cimentícios refere-se à diminuição de volume que ocorre mesmo na ausência de cargas aplicadas, resultante de processos como a evaporação de água e as reações químicas ligadas à hidratação do cimento (Ramalho e Corrêa (2020). Essa contração do concreto após a pega pode gerar tensões de tração internas, resultando em fissuração da peça.

Tavares (2019) explica que a retração é influenciada por diversos fatores, como a composição química e a finura do cimento. Quanto maior a finura do cimento e a presença de compostos como álcalis e cloretos, maior tende a ser a retração. Outros fatores determinantes incluem a quantidade de cimento na mistura, a natureza e a granulometria dos agregados, a relação água/cimento e as condições de cura. Concretos mais recentes são mais suscetíveis a deformações por retração, que diminuem com o tempo à medida que o material ganha resistência (Tavares, 2019).

Medeiros e Helene (2021) destaca que as fissuras decorrentes da retração podem ser atribuídas às movimentações dos elementos construtivos compostos por cimento, sendo a perda de água um dos principais mecanismos envolvidos. Fatores como o tipo e a composição do cimento, a natureza e a granulometria dos agregados, as condições de cura e a relação água/cimento são determinantes nesse processo. As principais formas de retração incluem a retração plástica (perda de água no estado inicial), retração hidráulica (por secagem), retração química (hidratação do cimento), retração por carbonatação (reação da cal presente nas argamassas) e retração térmica (resfriamento pós-cura).

As manifestações patológicas decorrentes da retração se expressam por fissuras em diversos pontos da edificação. Em alvenarias, essas fissuras (Figura 12) podem ser causadas pela retração dos blocos ou das juntas de argamassa, ou ainda por movimentações provenientes de outros elementos estruturais, como as lajes (Tavares, 2019).

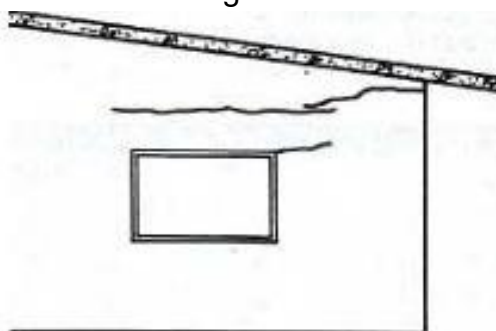
Figura 12 - Fissuras na argamassa de revestimento



Fonte: Tavares (2019)

Tavares (2019) afirma que fissuras horizontais são comuns e geralmente localizam-se nos últimos pavimentos, resultantes da contração das lajes. IBAPE (2019) corrobora essa visão ao afirmar que as alvenarias localizadas nos andares superiores são mais vulneráveis às fissuras, devido às maiores variações térmicas nessas regiões. Medeiros e Helene (2021) acrescentam que fissuras também podem ocorrer na base das paredes, devido à interação entre a retração da laje e a expansão da alvenaria (Figura 13).

Figura 13 - Fissuras na argamassa de revestimento



Fonte: Tavares (2019)

Além disso, fissuras verticais oriundas da retração dos blocos de concreto podem se apresentar com maior abertura na parte superior e redução gradual em direção à base.

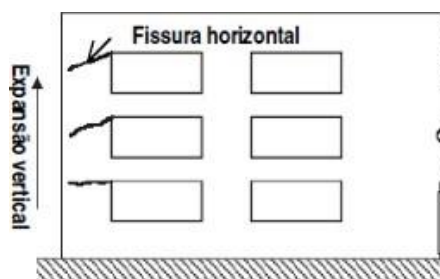
#### 4.5.5 Movimentações relacionadas à absorção de umidade

As variações no teor de umidade influenciam diretamente as dimensões dos materiais porosos utilizados na construção civil, causando deformações que podem comprometer o desempenho dos elementos da edificação. Materiais porosos sofrem alterações dimensionais conforme o teor de umidade: tendem a expandir com a absorção de água e a retrair com a secagem, o que pode gerar tensões internas e consequente fissuração (TAVARES, 2019).

O autor ressalta que a umidade penetra nos materiais por meio dos seus poros, devido ao fenômeno da capilaridade, sendo proveniente de diversas fontes, como a umidade residual da obra, a umidade do ar, a ação de intempéries, a umidade do solo ou até mesmo a resultante da utilização cotidiana da edificação (TAVARES, 2019).

As fissuras provocadas por essas variações higrométricas são semelhantes às geradas por variações térmicas, e sua abertura pode variar conforme as propriedades dos materiais e a intensidade das mudanças de temperatura e umidade (TAVARES, 2019, p. 37). Nesse contexto, (MEDEIROS; HELENE, 2021, p. 76) observam que a expansão da alvenaria na direção vertical pode resultar no aparecimento de fissuras horizontais, especialmente próximas às aberturas das janelas, devida a ocorrência de infiltrações, a absorção diferencial de umidade entre os elementos adjacentes que compõe a alvenaria pode provocar o surgimento de fissuras, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Fissuras horizontais provocadas por expansão vertical



Fonte: Tavares (2019)

#### 4.5.6 Reações químicas.

A ação de substâncias químicas sobre os materiais de construção pode provocar processos de deterioração significativos, especialmente em ambientes sujeitos à umidade constante. Segundo Tavares (2019, p. 120), os materiais de construção são suscetíveis à degradação por agentes químicos, com destaque para soluções ácidas e determinados tipos de álcool.

Em edificações residenciais, as manifestações químicas mais comuns são a hidratação retardada de cales e o ataque por sulfatos, que afetam principalmente os revestimentos e as juntas de argamassa (TAVARES, 2019).

A hidratação retardada das cales, frequentemente observada em argamassas de assentamento com cales mal hidratadas, é uma das causas mais recorrentes desse tipo de patologia. Algumas argamassas contêm óxidos livres de cálcio e magnésio que, ao entrarem em contato com a umidade, hidratam-se de forma tardia e provocam expansão, causando deslocamentos e fissuras nos revestimentos (RAMALHO; CORRÊA, 2020).

Conforme IBAPE (2019), tais fissuras tendem a ocorrer com mais frequência nas fachadas, devido à maior exposição à água da chuva, sendo mais recorrentes nas regiões superiores das alvenarias, onde os esforços de compressão são menores. No entanto, Medeiros e Helene (2021) destacam que esse tipo de manifestação pode ocorrer em diferentes alturas da parede, não se limitando apenas aos topos.

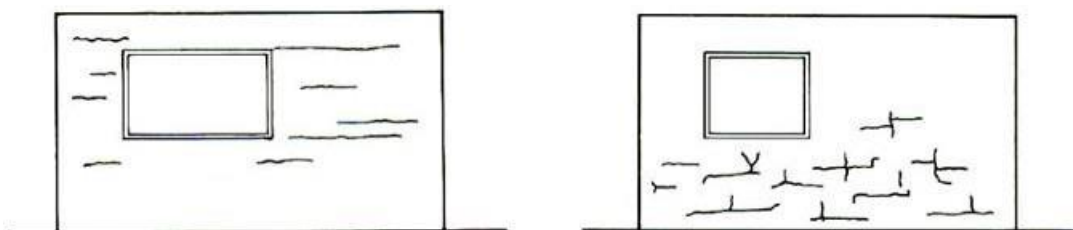
Além da hidratação tardia de cales, há também reações químicas envolvendo o aluminato tricálcico presente no cimento, que, ao reagir com sulfatos, forma etringita (sulfoaluminato tricálcico), substância que causa grande expansão nas argamassas (MEDEIROS; HELENE, 2021). Os sulfatos podem ser introduzidos por diversas fontes, como águas contaminadas, materiais cerâmicos com alto teor de sais solúveis, solo ou produtos utilizados na higienização de ambientes (MEDEIROS; HELENE, 2021).

Esse tipo de reação química gera fissuras mais abertas, muitas vezes acompanhadas por eflorescências e ocorre predominantemente ao longo das juntas de assentamento horizontais e verticais (TAVARES, 2019).

Segundo Medeiros e Helene (2021), as fissuras resultantes dessas reações químicas apresentam-se comumente na horizontal, acompanhando o traçado das

juntas, devido à expansão localizada dos materiais. IBAPE (2019) também aponta a hidratação retardada das cales e o ataque por sulfatos como as principais causas dessas manifestações. Conforme IBAPE (2019), a presença de poluentes e ambientes agressivos pode agravar ainda mais essas patologias. A Figura 15 ilustra visualmente a configuração típica dessas fissuras químicas nas alvenarias.

Figura 15 - Configurações típicas de fissuras provocadas por reações



Fonte: (Tavares (2019))

Diante da literatura analisada, observa-se que as fissuras em alvenaria estrutural decorrem, na maioria das vezes, da combinação entre fatores construtivos e propriedades dos materiais empregados. A compreensão dos mecanismos que levam ao aparecimento dessas patologias é fundamental para a prevenção e correção eficiente, especialmente em sistemas onde a alvenaria exerce função estrutural. O aprofundamento prático por meio do estudo de caso contribuirá para validar e ilustrar os conceitos discutidos.

#### 4.6 Classificação e aceitação de fissuras segundo normas técnicas

As fissuras em edificações de alvenaria estrutural apresentam variadas formas, dimensões e comportamentos. Sua correta identificação e classificação são fundamentais para a avaliação da gravidade do problema, a definição das ações corretivas e a verificação da conformidade com os requisitos normativos de desempenho.

De acordo com Helene e Medeiros (2009), as fissuras podem ser classificadas segundo critérios morfológicos, funcionais e estruturais. Os principais parâmetros de categorização incluem:

- ❖ Forma e orientação: Horizontais, verticais, inclinadas ou em forma de escada;

- ❖ Localização: Juntas de alvenaria, cantos de aberturas, entre elementos estruturais e não estruturais;
- ❖ Comportamento: Estáticas (estabilizadas) ou ativas (com progressão ao longo do tempo);
- ❖ Abertura: Medida em milímetros, sendo este um dos critérios mais relevantes para avaliação de risco e aceitabilidade.

O Manual de Inspeção Predial do IBAPE (2019) recomenda que fissuras leves sejam monitoradas, pois geralmente não comprometem a segurança estrutural ou funcionalidade. Fissuras moderadas exigem investigação técnica, podendo afetar elementos de vedação, impermeabilização ou provocar comprometimento estético. Já fissuras graves devem ser tratadas com prioridade, especialmente se localizadas em paredes estruturais, pois podem indicar falhas de projeto, execução ou comportamento anômalo da fundação.

Segundo a ABNT NBR 15575-1:2021, que trata do desempenho de edificações habitacionais, fissuras visíveis nas paredes internas devem ser evitadas, especialmente aquelas com abertura superior a 0,5 mm. O documento classifica como "inaceitáveis" fissuras que comprometam aspectos como salubridade, estanqueidade, durabilidade ou conforto visual, mesmo que em elementos não estruturais. Em áreas expostas à umidade ou ação direta da água, como fachadas e banheiros, as exigências são ainda mais rigorosas, já que pequenas fissuras podem se tornar pontos de infiltração, reduzindo o desempenho global do sistema construtivo.

A norma ABNT NBR 9575:2023, que trata da impermeabilização das edificações, também impõe limites à presença de fissuras em substratos que receberão sistemas de proteção contra a umidade. A presença de aberturas superiores a 0,3 mm em superfícies sujeitas à ação da água pode comprometer a aderência e a eficácia dos revestimentos impermeabilizantes, sendo obrigatória a correção prévia dessas falhas.

Outro aspecto relevante diz respeito à manutenção das edificações. A ABNT NBR 5674:2020, que estabelece os requisitos para gestão da manutenção predial, define a necessidade de inspeções periódicas e registros técnicos de manifestações patológicas, incluindo fissuras. O não tratamento de fissuras, mesmo que inicialmente superficiais, pode agravar os danos e implicar em custos maiores no futuro.

Portanto, o diagnóstico correto da fissura, aliado à observação de sua

estabilidade e ao cumprimento das exigências normativas, é o caminho mais seguro para garantir a funcionalidade e a durabilidade da edificação. A simples presença de uma fissura não significa falha estrutural, mas a negligência quanto à sua evolução pode comprometer a segurança e o desempenho global do sistema construtivo (TAVARES, 2019).

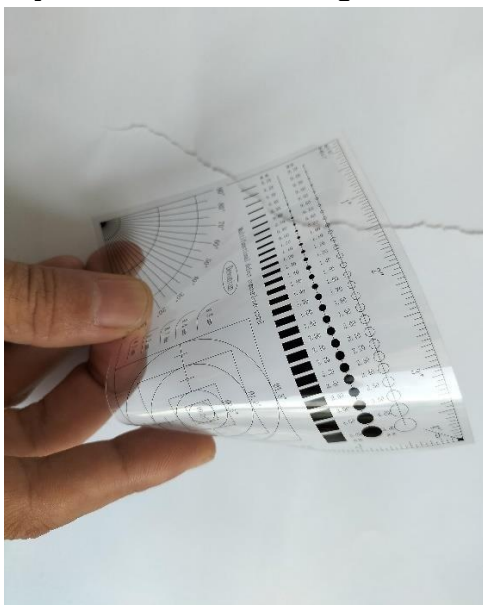
#### **4.7 Técnicas de inspeção e diagnóstico de fissuras**

O diagnóstico preciso das fissuras em alvenaria estrutural é etapa fundamental para a compreensão de suas causas e para a proposição de soluções eficazes. A simples constatação visual da fissura não é suficiente. É necessário aplicar métodos técnicos e sistemáticos que possibilitem a caracterização da manifestação patológica, sua possível origem, evolução e impacto sobre o desempenho da edificação. (IBAPE, 2019)

Segundo o Manual de Inspeção Predial do IBAPE (2019), a inspeção deve ser realizada por profissional habilitado, com conhecimento técnico sobre o sistema construtivo e suas patologias associadas. A análise deve iniciar por uma avaliação visual detalhada, que inclua a documentação de todas as fissuras observadas, com fotografias, croquis e descrição do tipo (forma, orientação), extensão (comprimento e largura), localização (paredes internas, externas, juntas, cantos de vãos) e possíveis sintomas associados (umidade, deslocamento, recalque etc.).

Uma das ferramentas mais utilizadas para esse fim é a régua de fissura (ou “crack ruler”), instrumento transparente graduado com escalas em milímetros, que permite medir aberturas com precisão (Figura 16). (IBAPE, 2019)

Figura 16 - Medição de fissura com régua calibrada (crack ruler)



Fonte: Google (2025.)

Conforme Ramalho e Corrêa (2020), fissuras com largura inferior a 0,5 mm podem ser consideradas superficiais em muitos casos, mas exigem acompanhamento para verificar possível evolução.

Para complementar o mapeamento visual, utiliza-se frequentemente o gesso frágil, uma camada fina aplicada sobre a fissura para monitorar sua movimentação. Caso o gesso se rompa após certo tempo, indica-se que a fissura está ativa, ou seja, em processo de abertura ou deslocamento. Essa técnica é simples, de baixo custo e bastante útil para edificações em uso (IBAPE, 2019)

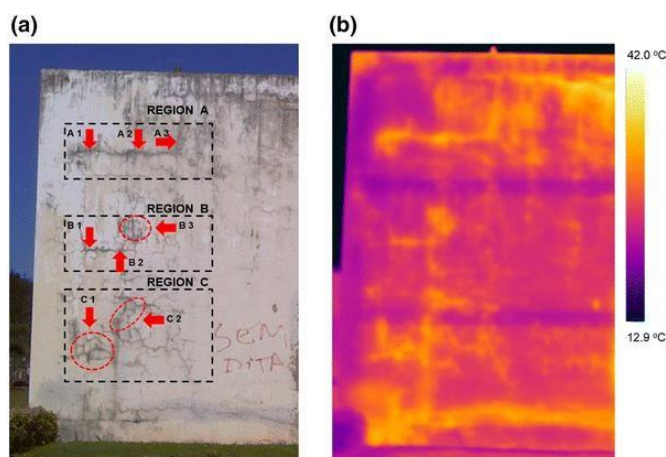
Em inspeções mais avançadas, podem ser empregados fissurômetros digitais, que monitoram a movimentação ao longo do tempo com alta precisão, inclusive com registros em intervalos regulares. Esses aparelhos são particularmente úteis em estruturas onde a avaliação envolve risco de comprometimento estrutural progressivo. (IBAPE, 2019)

Segundo o IBAPE (2019), outro recurso relevante para avaliação de fissuras em locais de difícil acesso, como fachadas altas ou coberturas, é o uso de drones equipados com câmeras de alta resolução. Essa tecnologia permite uma inspeção segura e eficiente, sem a necessidade de andaimes ou balancins, sendo cada vez mais adotada em perícias e inspeções prediais.

A literatura técnica também descreve o uso de ensaios não destrutivos (ENDs) como ferramentas complementares para análise de elementos comprometidos por fissuração. Entre os métodos mais comuns, destacam-se:

- ❖ Termografia infravermelha: Identifica variações de temperatura associadas a infiltrações, destacando áreas úmidas e potenciais falhas em impermeabilização;
- ❖ Pacometria: Localiza armaduras metálicas embutidas, que podem influenciar na origem da fissura;
- ❖ Esclerometria: Mede a dureza superficial de concretos e argamassas;
- ❖ Ultrassom de baixa frequência: Avalia a homogeneidade interna do material e presença de descontinuidades (Figura 17).

Figura 17 - Termografia infravermelha aplicada em fachada com fissuras



Fonte: Estudo experimental com termografia em Brasília (2018)

Conforme destaca Tavares (2019), o diagnóstico deve considerar também os aspectos contextuais da obra, como o tipo de sistema estrutural, a idade da edificação, o histórico de uso e intervenções anteriores, as condições ambientais e a qualidade da execução dos elementos construtivos.

Por fim, é recomendável que todas as informações obtidas durante a inspeção sejam organizadas em laudo técnico ou relatório de patologia, com diagnóstico fundamentado e recomendação de ações corretivas, preventivas ou de monitoramento. A ausência de diagnóstico técnico adequado pode levar à aplicação de soluções ineficazes, resultando em recorrência da fissuração ou agravamento da

condição estrutural (IBAPE, 2019).

#### **4.8 Prevenção de fissuras em alvenaria estrutural**

A prevenção de fissuras em edificações de alvenaria estrutural deve ser uma preocupação desde as etapas iniciais de projeto, passando pela execução e estendendo-se até a fase de uso da edificação. As manifestações patológicas são, muitas vezes, reflexo de falhas cumulativas em decisões técnicas que poderiam ter sido evitadas com maior rigor nos critérios de projeto e compatibilização entre os sistemas construtivos. (IBAPE, 2019)

Conforme Ramalho e Corrêa (2020), uma das principais diretrizes para evitar a fissuração é a adequada modulação da alvenaria, que visa compatibilizar as dimensões dos blocos com o projeto arquitetônico. A adoção de uma modulação precisa evita cortes, desperdícios e descontinuidades nas fiadas, fatores que geram pontos de fragilidade e comprometem a integridade do conjunto estrutural.

Outro aspecto fundamental é o dimensionamento correto das vergas e contravergas, que devem ser projetadas para redistribuir os esforços atuantes sobre vãos de portas e janelas. Quando essas peças são subdimensionadas, mal posicionadas ou executadas com falhas, ocorre a concentração de tensões nos cantos dos vãos, favorecendo o aparecimento de fissuras inclinadas (Ramalho e Corrêa, 2020).

A utilização de juntas de controle e dilatação é uma medida essencial, principalmente em fachadas extensas, paredes externas longas ou em regiões sujeitas a variações térmicas significativas. A ausência dessas juntas impede a acomodação natural dos movimentos higrotérmicos dos materiais, levando ao surgimento de fissuras horizontais ou verticais em locais críticos. A ABNT NBR 15961-1:2020 recomenda o uso de juntas verticais em intervalos regulares de até 25 metros em alvenarias externas não armadas, ou a cada mudança de plano ou material.

Além disso, deve-se garantir o uso de blocos e argamassas com características compatíveis entre si, respeitando os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas, como a ABNT NBR 6136:2016 (blocos de concreto) e a ABNT NBR 15270-2:2017 (blocos cerâmicos estruturais). A resistência insuficiente dos blocos, combinada com argamassa de baixa plasticidade ou com propriedades inadequadas, pode comprometer o desempenho estrutural e gerar tensões internas que favorecem a

fissuração.

Conforme Ramalho e Corrêa (2020), a cura adequada das argamassas e dos grautes é outro fator crítico para evitar retrações excessivas, que se manifestam, geralmente, nos primeiros dias após a execução da alvenaria. A exposição direta ao sol, o vento e a ausência de umedecimento adequado durante o processo de pega contribuem para a perda precoce de água e para a formação de fissuras de retração plástica ou hidráulica.

A integração entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações é igualmente importante. Cortes improvisados em blocos para passagem de eletrodutos ou tubulações hidráulicas, por exemplo, podem gerar descontinuidade e enfraquecimento localizado da parede. A ABNT NBR 15961-2:2020, que trata da execução de alvenaria estrutural, proíbe intervenções que comprometam a geometria dos blocos ou rompam septos em áreas estruturais, salvo se previstos no projeto.

Na fase de uso da edificação, recomenda-se que o proprietário siga as diretrizes da ABNT NBR 5674:2020, que estabelece normas para manutenção preventiva. Isso inclui ações simples, como evitar sobrecargas concentradas nas paredes, controlar infiltrações e monitorar eventuais sinais de movimentação com inspeções periódicas.

Em síntese, a prevenção de fissuras em alvenaria estrutural está diretamente relacionada à qualidade do projeto, à precisão da execução e ao comportamento previsto dos materiais, sendo imprescindível o cumprimento das normas técnicas e a atuação coordenada entre projetistas, engenheiros e executores. Prevenir fissuras significa, acima de tudo, garantir a durabilidade, o desempenho e a segurança das edificações. (IBAPE, 2019)

#### **4.9 Técnicas gerais de recuperação de fissuras**

A recuperação de fissuras em alvenaria estrutural exige um diagnóstico prévio preciso e a escolha criteriosa da técnica de reparo. Diferentes tipos de fissuras requerem abordagens específicas, considerando variáveis como localização, abertura, estabilidade, função do elemento afetado e presença ou não de movimentações ativas. (IBAPE, 2019)

De acordo com Tavares (2019), fissuras podem ser consideradas estáticas

quando não apresentam evolução ao longo do tempo, e ativas quando continuam se abrindo ou alongando. Essa distinção é essencial para definir o método de recuperação mais adequado. Fissuras ativas, por exemplo, não devem ser tratadas com materiais rígidos, pois podem reincidir ou gerar novas manifestações ao redor da área reparada.

Para fissuras superficiais, principalmente em revestimentos, a solução mais usual é o uso de argamassas de reparo modificadas com polímeros, que oferecem maior aderência e flexibilidade.

Essas argamassas conseguem acompanhar pequenas movimentações diferenciais sem perder coesão. Segundo Medeiros e Helene (2021), essa técnica é especialmente eficaz quando as fissuras decorrem de retrações de argamassa ou de movimentações térmicas leves.

Já para fissuras com movimentação ativa ou sujeitas a variações térmicas e higrométricas, recomenda-se o uso de selantes elastoméricos, como os de poliuretano, silicone ou acrílico. Esses materiais são aplicados sobre a fissura previamente limpa e preparada, formando uma vedação elástica que acomoda movimentações sem fissuração adicional. A escolha do selante deve considerar a exposição ao sol, à água, e ao tipo de substrato. (IBAPE, 2019)

Fissuras com potencial estrutural, localizadas em paredes portantes, vergas ou elementos com função resistente, requerem métodos de recuperação mais robustos. Uma técnica amplamente utilizada é a injeção de resina epóxi, que permite restabelecer a integridade do elemento por meio do preenchimento completo da fissura. Segundo Medeiros e Helene (2021), essa técnica promove aderência entre as partes separadas e devolve à alvenaria parte de sua capacidade resistente à compressão.

A execução da injeção exige cuidados específicos: a superfície da fissura deve ser limpa e seca; em seguida, a fissura é vedada superficialmente com pasta epóxi, exceto em pontos estratégicos por onde será injetada a resina. A aplicação é feita com pistolas ou bombas manuais de baixa pressão, até que o material extravase pelas saídas superiores, garantindo o preenchimento. (IBAPE, 2019)

Outra técnica aplicada em fissuras estruturais é a costura metálica, indicada quando há deslocamentos relativos entre as partes da alvenaria ou quando as fissuras

indicam perda de coesão. Nesse método, instalam-se grampos metálicos em formato de “U” ou barras corrugadas cruzando a fissura, fixados com argamassa de alto desempenho (Figura 18). (RAMALHO; CORRÊA, 2020)

Figura 18 - Costura metálica com grampos para contenção de fissura



Fonte: SOS Construtora (2021).

Essa costura tem função de travamento e redistribuição de tensões. Conforme Medeiros e Helene (2021), o método é eficiente, especialmente em paredes com blocos de concreto estrutural. Em alguns casos, utiliza-se ainda o reforço superficial com telas metálicas galvanizadas ou mantas de fibra de carbono, embutidas em argamassa estrutural sobre as faces da parede.

Essas soluções são eficazes em regiões críticas, como vergas, encontros entre alvenarias e bases de lajes. A fibra de carbono, por ser leve e de alta resistência à tração, é recomendada em intervenções mais sofisticadas, onde se deseja elevar a capacidade resistente sem aumentar a seção da parede (TAVARES, 2019).

Independentemente da técnica adotada, a literatura é unânime em afirmar que não se deve tratar apenas a manifestação (a fissura), mas sim a sua causa. Reparos realizados sem o controle da origem do problema são paliativos e tendem a apresentar reincidência. (IBAPE, 2019)

Por fim, a ABNT NBR 13752:2020, que trata das técnicas de recuperação de estruturas, recomenda que os reparos em elementos estruturais sejam precedidos por inspeção técnica, projeto de recuperação e laudo que comprove a eficácia da técnica empregada. Embora voltada ao concreto armado, seus princípios são amplamente aplicáveis também à alvenaria estrutural.

## 5. ESTUDO DE CASO: EMPREENDIMENTO PLACE JARDINS

O presente estudo de caso foi conduzido em uma edificação residencial multifamiliar, o Edifício Place Jardins, situado na região leste da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, especificamente no bairro Casa Branca (Figura 19).

Figura 19 - Edifício Place Jardins



Fonte: Autor (2025).

A relevância da análise reside na tipologia construtiva adotada, que se caracteriza pelo sistema de alvenaria estrutural, uma técnica amplamente utilizada na construção civil brasileira, mas suscetível a manifestações patológicas decorrentes de sua rigidez e das interações entre seus componentes (Tavares, 2019).

O objetivo principal deste estudo de caso é avaliar as causas, manifestações e intervenções adotadas para o tratamento das fissuras encontradas, bem como analisar a adequação dos procedimentos executados frente às normas técnicas vigentes e às boas práticas de engenharia. A metodologia envolveu a realização de inspeções visuais detalhadas, levantamento do histórico construtivo do edifício e análise documental dos relatórios de controle tecnológico fornecidos pela construtora.

### 5.1. Caracterização da Edificação e do Sistema Construtivo

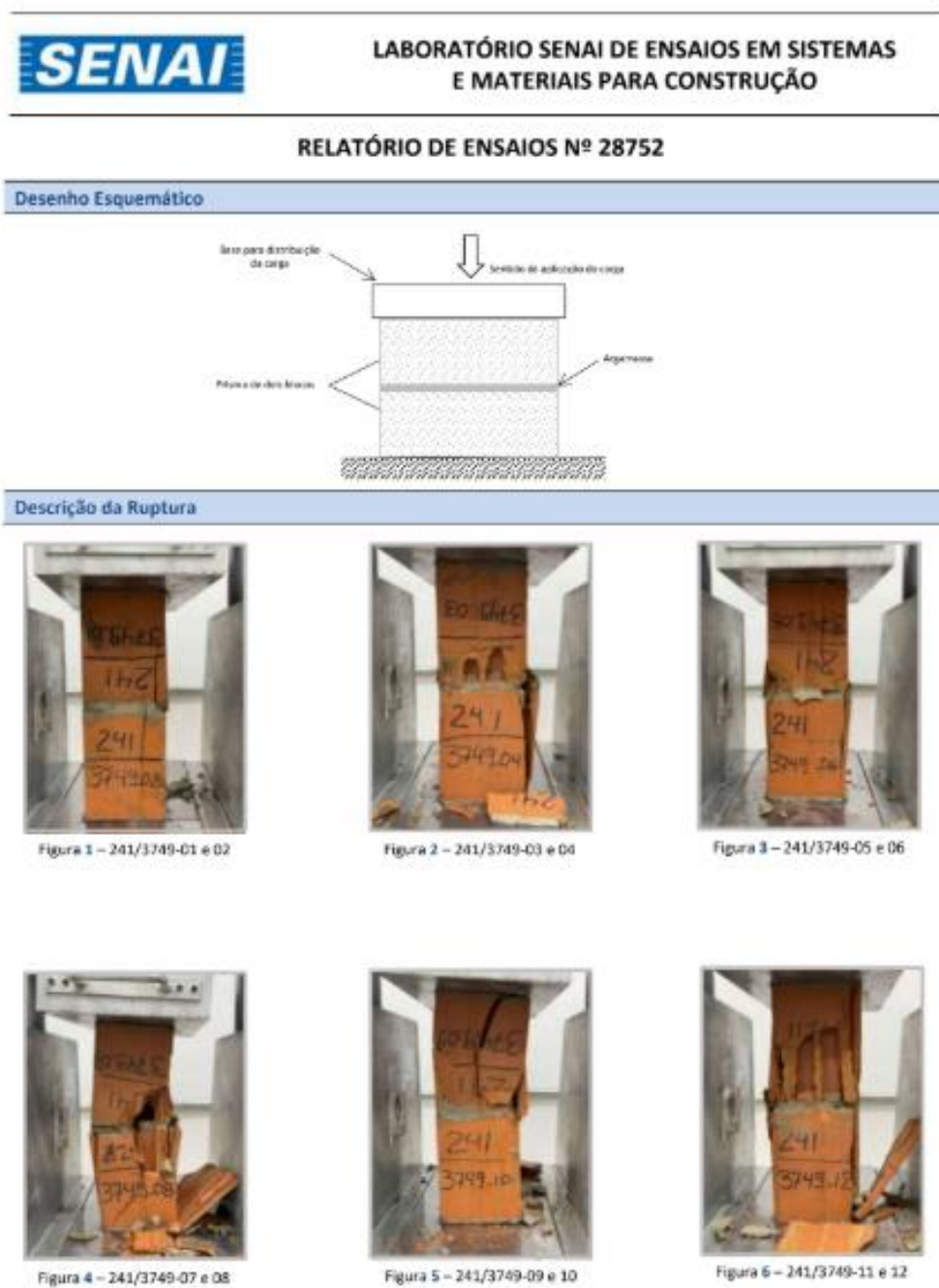
O Edifício Place Jardins é composto por cinco pavimentos e totaliza dezesseis unidades habitacionais. A estrutura principal foi executada em alvenaria estrutural, empregando blocos cerâmicos estruturais com resistência à compressão nominal de 6 MPa. De acordo com a literatura técnica, a utilização de blocos cerâmicos nessa classe de resistência é comum em edificações de altura moderada, onde o controle de qualidade dos materiais e a precisão executiva são cruciais para garantir a estabilidade e o desempenho da estrutura ao longo de sua vida útil (ABNT NBR 15270-2:2017; Marcolino et al., 2019).

A alvenaria estrutural, ao eliminar ou reduzir a necessidade de pilares e vigas de concreto armado, transforma as paredes portantes em elementos primários de resistência às cargas verticais e horizontais (Alcantara, 2022). Consequentemente, as movimentações diferenciais e as tensões induzidas são absorvidas pela própria vedação, tornando o sistema mais sensível a deformações e retração de materiais, o que pode levar ao surgimento de fissuras (IBAPE, 2019; Alcantara, 2022).

A determinação das propriedades mecânicas da alvenaria estrutural por meio de ensaios de prismas é amplamente reconhecida como etapa fundamental para compreender o comportamento real do sistema bloco–argamassa–graute. Segundo Ramalho e Corrêa (2020), os prismas representam de maneira mais fiel a resistência à compressão da alvenaria quando comparados aos ensaios isolados de blocos ou corpos de prova de argamassa, uma vez que refletem a interação entre os materiais e o efeito composto do conjunto. Ramalho e Corrêa (2020) reforçam que o desempenho mecânico da alvenaria depende diretamente da qualidade da interface bloco–argamassa, da distribuição das tensões e da continuidade dos panos, tornando os prismas essenciais para qualquer avaliação estrutural rigorosa.

As normas técnicas brasileiras seguem a mesma linha de entendimento. A ABNT NBR 15961-1:2020 estabelece que a resistência característica da alvenaria deve ser obtida a partir de prismas moldados e ensaiados conforme procedimentos padronizados, uma vez que esse método representa a forma mais adequada de reproduzir o comportamento do conjunto estrutural. Como observam o IBAPE (2019), essa abordagem permite que o projetista e o executor avaliem de forma mais precisa a qualidade da execução e a conformidade dos materiais empregados ao longo da obra (Figura 20).

Figura 20 - Relatório de rompimento de prisma do Ed. Place Jardins pág. 2




Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

Fonte: Autor (2025).

No contexto do empreendimento analisado, onde foram identificadas fissuras em paredes estruturais, tornou-se necessário verificar se a capacidade resistente da alvenaria correspondeu aos valores previstos em projeto. Dessa forma, foi solicitado à construtora o relatório oficial de ensaios de rompimento de prismas realizados

durante a fase de construção. A pertinência dessa documentação é destacada por Ramalho e Corrêa (2020), que afirmam que a correlação entre a resistência real obtida em campo e a resistência nominal declarada pelo fabricante é essencial para identificar eventuais discrepâncias que possam indicar falhas de execução, variabilidade de materiais ou não conformidades críticas (Figura 21).

Figura 21 - Relatório de rompimento de prisma do Ed. Place Jardins pág.1

		LABORATÓRIO SENAI DE ENSAIOS EM SISTEMAS E MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO		
RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 28752				
<b>Solicitante</b>				
CIMOS CRIAÇÕES IMOBILIÁRIAS LTDA Rua Queluzita, 901 – Fernão Dias 31910-252 – Belo Horizonte – Minas Gerais				
<b>DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO</b>				
<b>Produto</b>	Bloco Cerâmico Estrutural			
<b>Identificação do Pavimento Representado</b>	5º Pavimento			
<b>Resistência Declarada</b>	6,0 MPa	<b>Tipo de Prisma</b>	Oco	
<b>Data da Coleta</b>	04/09/2023	<b>Data do Grauteamento</b>	N/A	
<b>Data do Assentamento</b>	06/09/2023	<b>Condição de Cura</b>	Ambiente	
<b>Resistência da Argamassa</b>	N/D	<b>Resistência do Graute</b>	N/A	
<b>Fabricante dos Blocos</b>	Cerâmica Braúnas			
<b>Dimensões</b>	14x19x29 cm	<b>Classe de Resistência</b>	Estrutural	
<b>Data de Fabricação</b>	11/05/2023	<b>Resistência dos Blocos</b>	6,0 MPa	
<b>Nº da Nota Fiscal</b>	61174	<b>Lote</b>	070623	
Identificação do CP		Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à Compressão Individual
Cliente	LMC			
N/D	341/3749-01/02	39506,7	342735,8	8,7
N/D	341/3749-03/04	39579,7	226844,3	5,7
N/D	341/3749-05/06	39954,7	347674,3	8,7
N/D	341/3749-07/08	39251,5	336590,0	8,6
N/D	341/3749-09/10	39683,1	274693,4	6,9
N/D	341/3749-11/12	39884,0	362270,5	9,1
<b>Resistência à Compressão Média</b>		<b>Resistência à Compressão Característica</b>		<b>Coefficiente de Variação</b>
8,0 MPa		5,1 MPa		16,6%
<b>Data de Recebimento das Amostras e Materiais</b>		04/09/2023 – Obra Place Jardins		<b>Referência</b>
<b>Data do Início dos Ensaios</b>		06/09/2023		ABNT NBR
<b>Data de Término dos Ensaios</b>		04/10/2023		16868-3:2020

Fonte: Autor (2025).

Os resultados fornecidos pela construtora indicaram valores variando entre 5,7 MPa e 9,1 MPa, com predominância de amostras na faixa de aproximadamente 8,5 MPa. Considerando que o bloco especificado apresentava resistência individual de 6 MPa, observa-se que, de modo geral, os prismas ensaiados demonstraram desempenho superior ao mínimo esperado, evidenciando boa qualidade de execução

e adequada interação entre bloco, argamassa e graute — fenômeno já mencionado por Ramalho e Corrêa (2020), que destacam o ganho significativo de resistência quando o sistema é executado de forma correta.

Ainda assim, o valor pontual de 5,7 MPa merece atenção por representar uma queda expressiva em relação às demais amostras. Conforme ressaltado por Ramalho e Corrêa (2020), variações acentuadas nos resultados podem indicar heterogeneidade local do material, possíveis falhas de grauteamento, juntas mal preenchidas ou até mesmo diferenças no processo de cura, justificando uma análise mais cautelosa.

A incorporação dessa análise ao presente estudo é essencial para embasar a investigação das origens das fissuras observadas na unidade avaliada. Conforme orienta o IBAPE (2019), apenas a associação entre dados reais de resistência, informações executivas e inspeção visual permite identificar se a patologia possui relação com insuficiência mecânica da alvenaria ou se decorre de outros fatores, como retração higroscópica, movimentações térmicas, deformações diferenciais ou interferências construtivas.

## **5.2. Detalhamento da Manifestação Patológica**

A demanda de investigação patológica teve origem a partir de um chamado de garantia formalizado pela proprietária da unidade 502, correspondente a uma cobertura duplex situada no pavimento superior do empreendimento Place Jardins. A unidade em questão localiza-se voltada para a via pública, recebendo maior incidência de radiação solar e variações térmicas ao longo do dia, especialmente no período da tarde condição que, segundo Medeiros e Helene (2021), pode intensificar tensões diferenciais em sistemas de alvenaria estrutural devido aos movimentos higrotérmicos dos materiais.

A solicitação da moradora reportava a presença de fissuras em três ambientes distintos: uma fissura aberta no lavabo localizado no nível inferior da cobertura; e outra fissura aberta no hall íntimo situado no pavimento superior, do lado externo do terraço descoberto e uma outra vertical, ao lado do peitoril da janela. (IBAPE, 2019)

A ocorrência simultânea em três ambientes estruturalmente distintos foi inicialmente interpretada como um indicativo de possível padrão sistemático de fissuração, uma vez que a literatura aponta que manifestações patológicas recorrentes

em pontos próximos podem, em alguns casos, revelar comportamento global do sistema e não apenas falhas pontuais de acabamento (IBAPE, 2019).

Durante a vistoria inicial, ambas as manifestações apresentaram características macroscópicas semelhantes: tratava-se de fissuras de pequena abertura, compatíveis com o que a ABNT NBR 9575:2023 define como fissuras não estruturais, geralmente com aberturas inferiores a 0,5 mm, e localizadas predominantemente em juntas horizontais. Essa observação é coerente com a ABNT NBR 15575-1:2021, que classifica as fissuras de baixa abertura como de impacto limitado ao desempenho estético e à estanqueidade, salvo em casos onde há evolução, ramificações ou presença de agentes agressivos.

Além da pequena abertura, o padrão de propagação horizontal chamou atenção pela consistência com fenômenos classicamente descritos em alvenaria estrutural. Tavares (2019) afirma que fissuras horizontais em regiões próximas ao encontro entre alvenaria e elementos estruturais como lajes, canaletas ou vergas podem indicar incompatibilidade de rigidez e efeitos decorrentes de pequenos movimentos diferenciais entre esses componentes. Essa incompatibilidade ocorre porque elementos como canaletas J e lajes possuem módulo de elasticidade superior ao dos blocos, concentrando tensões na junta imediatamente inferior.

### **5.3. Análise e Diagnóstico Diferencial**

A inspeção técnica e o diagnóstico patológico subsequente permitiram distinguir a natureza e a causa-raiz de cada fissura, conforme o princípio de que o tratamento deve ser específico para cada patologia (Saute, 2017).

#### **5.3.1. Fissura no Lavabo**

No lavabo, situado no segundo pavimento da cobertura, a manifestação patológica apresentou padrão análogo ao observado no hall íntimo, porém com uma particularidade morfológica bastante marcante: tratava-se de uma fissura horizontal contínua, com cerca de 70 cm de extensão, localizada imediatamente abaixo do peitoril da janela e acompanhando de forma precisa a junta horizontal entre fiadas de blocos. Esse alinhamento junto à junta argamassada indica, conforme se discute na literatura sobre patologia das construções, que a interface bloco–argamassa tende a

constituir um plano preferencial para a acomodação de tensões e para o surgimento de fissuras em alvenaria (TAVARES, 2019).

A posição da fissura, situada na transição entre a região do vão da esquadria e o pano de alvenaria inferior, reforça sua relevância diagnóstica, uma vez que, como salientam Ramalho e Corrêa (2020), as aberturas em paredes de alvenaria introduzem descontinuidades geométricas que alteram o fluxo de tensões no painel, dando origem a zonas de concentração de esforços onde as fissuras (Figura 22) tendem a se iniciar. Esse comportamento é compatível com o que se observa em obras correntes de alvenaria estrutural, em que fissuras horizontais próximas a janelas são frequentemente relatadas em inspeções de campo (TAVARES, 2019).

Figura 22 - Fissura apresentada no lavabo



Fonte: Autor (2025).

Durante a inspeção visual, constatou-se que a fissura apresentava abertura reduzida, sem deslocamentos do revestimento ou perda de material, enquadrando-se, do ponto de vista qualitativo, no que a ABNT NBR 15575:2021 considera como fissura de pequena abertura (inferior a 0,5 mm), usualmente associada a fenômenos de acomodação ou incompatibilidade deformacional entre os componentes. Segundo

Ramalho e Corrêa (2020), a combinação de diferentes materiais como blocos, argamassa de assentamento, argamassa de revestimento e elementos de concreto armado, como vergas e contravergas implica coeficientes de deformação distintos (térmica, higroscópica e por retração), o que favorece o surgimento de microfissuras ao longo do tempo, principalmente nas interfaces entre esses elementos.

Nesse sentido, a continuidade da fissura ao longo da junta horizontal, sem ramificações inclinadas ou treliçadas, mostra-se coerente com um mecanismo de redistribuição de tensões ao longo da junta de argamassa, e não com um quadro típico de fissuração por esforços concentrados de flexão ou cisalhamento mais intenso, que tenderiam a produzir fissuras oblíquas ou em “escada” (TAVARES, 2019).

Outro aspecto relevante diz respeito à posição vertical da fissura, localizada aproximadamente de 10 a 15 cm abaixo da base da esquadria, coincidindo com a junta imediatamente inferior à verga. Essa configuração é especialmente significativa, pois a verga, elemento concebido para redistribuir as cargas atuantes sobre o vão, possui rigidez diferente da alvenaria adjacente, criando uma descontinuidade mecânica no painel. (IBAPE, 2019)

Essa interpretação é coerente com o comportamento observado em campo e será melhor ilustrada pela fissura registrada na Figura 23, onde se evidencia a sua extensão, posição em relação ao vão da janela e alinhamento com a junta horizontal da alvenaria. (IBAPE, 2019)

### **5.3.2 Fissura no Hall Íntimo lado externo**

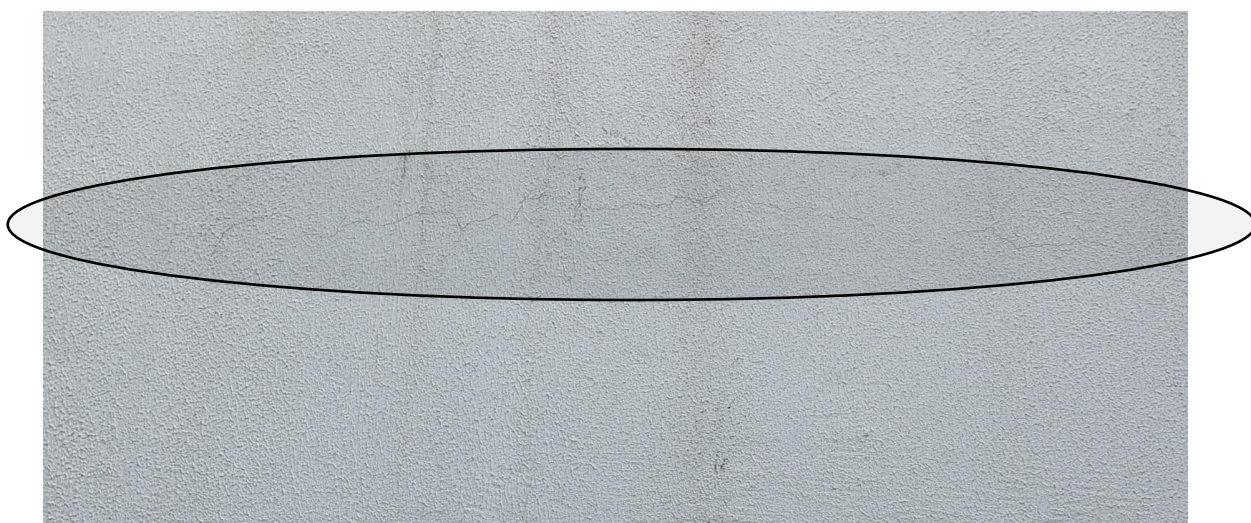
No caso analisado, a fissura localizada no hall íntimo apresentava alinhamento preciso com a junta imediatamente inferior à canaleta J de concreto armado, responsável por receber e redistribuir os esforços provenientes da laje do pavimento superior. Essa configuração geométrica, rigidamente associada à presença de um elemento estrutural de maior módulo de elasticidade, corresponde ao comportamento descrito pela literatura como típico de movimentações diferenciais entre alvenaria e concreto, especialmente em decorrência de retração da argamassa, retração hidráulica inicial do concreto da canaleta e deformações iniciais da laje.

Ramalho e Corrêa (2020) destacam que a canaleta, por apresentar rigidez superior à da alvenaria adjacente, cria um ponto de descontinuidade mecânica onde tensões horizontais se acumulam na junta inferior, favorecendo o surgimento de

fissuras lineares e contínuas, normalmente sem ramificações.

Tavares (2019) também reforça que fissuras horizontais (Figura 23) alinhadas a juntas imediatamente abaixo de elementos rígidos são manifestações recorrentes durante a fase inicial de acomodação dos materiais ou em resposta a variações higrotérmicas.

Figura 23 - Fissura horizontal na canaleta de apoio da laje



Fonte: Autor (2025).

A ausência de sinais complementares durante a vistoria reforça o caráter não estrutural da manifestação. Não foram observadas fissuras inclinadas em torno de  $45^\circ$ , que, segundo Medeiros e Helene (2021), são típicas de mecanismos de cisalhamento ou recalque diferencial. Também não se identificaram esmagamento de blocos, deslocamentos entre fiadas, afundamentos locais, deformações em vergas ou esquadrias emperrando, que seriam esperadas em casos de esforços significativos ou patologias evolutivas.

A literatura enfatiza que, quando tais manifestações secundárias não estão presentes, há forte indicação de que a fissura decorre de fenômenos superficiais, ligados a acomodação natural dos materiais, e não de uma perda de capacidade resistente do sistema. (IBAPE, 2019)

Outro elemento relevante refere-se ao relato da moradora, que afirmou não ter observado evolução perceptível da fissura desde sua primeira identificação. Esse detalhe é extremamente significativo, pois fissuras de origem estrutural tendem a apresentar evolução contínua ao longo do tempo, comportamento frequentemente

associado a mecanismos ativos como recalques, deformações excessivas ou movimentações progressivas da laje, conforme salientado por Tavares (2019).

Já fissuras estabilizadas, com abertura praticamente constante, são classicamente associadas a efeitos de retração da argamassa, tensões localizadas de baixa intensidade ou respostas iniciais do sistema construtivo, como descrevem Medeiros e Helene (2021) e Ramalho e Corrêa (2020).

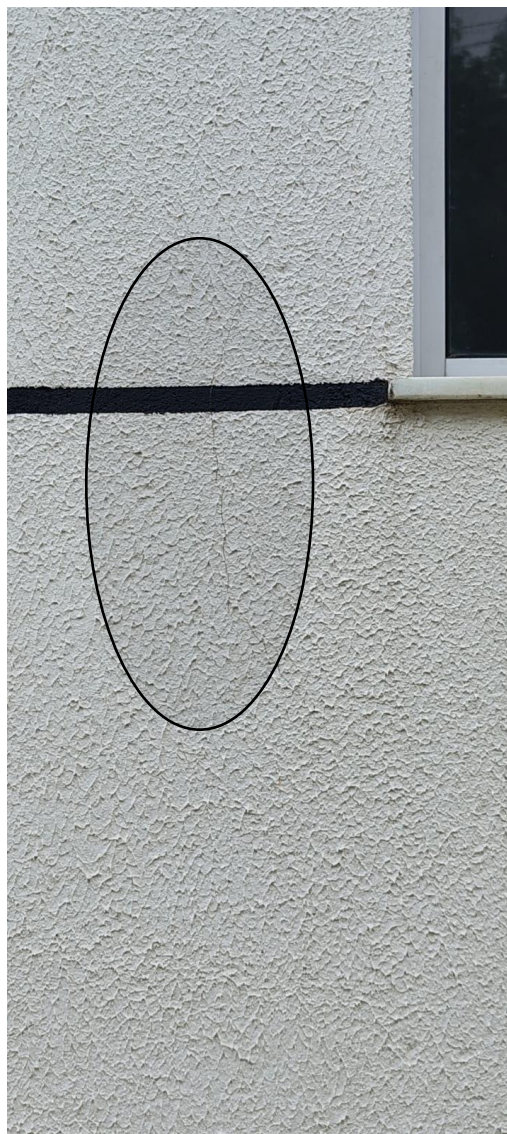
A orientação da fachada constitui outro fator diretamente relacionado à formação da fissura. A parede voltada para a via pública recebe incidência solar significativa durante grande parte do dia, condição que, conforme Rodrigues e Barbosa (2020), intensifica os ciclos de expansão e retração térmica nos painéis de alvenaria estrutural.

Esses ciclos produzem gradientes térmicos capazes de gerar tensões internas que se concentram preferencialmente nas juntas horizontais, sobretudo nos encontros entre materiais de rigidez distinta, como blocos e canaletas em concreto armado. O comportamento higrotérmico é ainda mais pronunciado em unidades situadas na cobertura, que, segundo os mesmos autores, sofrem maior amplitude térmica por estarem diretamente expostas à insolação e por receberem calor acumulado da cobertura superior. Essa combinação de fatores reforça o entendimento de que a fissura observada resulta de um conjunto de processos naturais do sistema construtivo, compatíveis com o comportamento esperado para edificações em alvenaria estrutural (Figura 24).

### **5.3.3. Fissura vertical na fachada**

A fissura registrada na fachada externa, localizada junto ao alinhamento horizontal da pintura de marcação (faixa escura) e imediatamente ao lado da esquadria, apresenta comportamento morfológico compatível com manifestações superficiais decorrentes de movimentações diferenciais entre o revestimento e o substrato de alvenaria. A imagem evidencia uma fissura predominantemente vertical, com abertura extremamente reduzida e traçado contínuo, estendendo-se desde a extremidade inferior do peitoril da janela até a região inferior do pano de alvenaria.

Figura 24 - Fissura vertical próxima ao peitoril da janela



Fonte: Autor (2025).

A literatura técnica aponta que fissuras verticais próximas a vãos de janela são recorrentes em fachadas de alvenaria estrutural, especialmente quando há variações de rigidez entre a região da esquadria, o peitoril e o pano de alvenaria adjacente. Tavares (2019) descreve que os vãos constituem zonas de concentração de tensões devido às descontinuidades geométricas do muro, fazendo com que pequenas deformações — sejam térmicas, higroscópicas ou provenientes da acomodação inicial das alvenarias — tendam a se manifestar na forma de fissuras longitudinais de pequena abertura.

Outro aspecto relevante observado é a relação da fissura com o comportamento higrotérmico da fachada. Como discutido por Medeiros e Helene

(2021), fachadas externas estão submetidas a gradientes térmicos significativos, principalmente em superfícies expostas ao sol direto, favorecendo ciclos repetidos de expansão e retração. Esse fenômeno, quando associado à rigidez diferencial entre revestimento, argamassa e blocos estruturais, gera tensões distribuídas que podem se materializar em microfissuras superficiais, geralmente alinhadas à direção das maiores deformações do pano murário.

A proximidade da fissura com o peitoril da esquadria também é um indicador importante. A região logo abaixo e ao lado das janelas é reconhecida pela literatura como um dos pontos mais suscetíveis à fissuração, em razão do contraste entre a rigidez do peitoril (normalmente em concreto ou material mais rígido) e o comportamento deformacional dos blocos cerâmicos ou de concreto. Ramalho e Corrêa (2020) destacam que esse contraste cria zonas de tensão localizadas, especialmente quando há diferenças de dilatação térmica ou pequenas movimentações provocadas por retração da argamassa de assentamento ou do revestimento.

A observação visual não indica perda de aderência, deslocamento ou sinais de infiltração. O revestimento permanece íntegro e homogêneo, o que reforça o diagnóstico de fissura superficial, sem implicação estrutural. Não se observam outras manifestações complementares, como fissuras inclinadas a 45°, afastamento entre blocos, esmagamento do revestimento ou deformações no caixilho, elementos que, segundo o IBAPE (2019), constituiriam indícios de tensões estruturais relevantes ou recalques diferenciais.

Portanto, com base nas características geométricas, na localização e na ausência de evolução aparente, conclui-se que a fissura analisada apresenta caráter não estrutural, sendo compatível com efeitos de retração, variações térmicas de fachada e comportamento deformacional natural da interface entre alvenaria e esquadria. Trata-se de manifestação superficial, estabilizada, que pode ser corrigida por meio de reparo localizado no revestimento, conforme as recomendações já apresentadas no capítulo de propostas técnicas deste trabalho. (IBAPE, 2019)

#### **5.3.4. Análise preliminar e diagnóstico**

A análise preliminar, portanto, demonstra que as fissuras observadas apresentam:

- ❖ Pequena abertura;
- ❖ Propagação vertical contínua;
- ❖ Propagação horizontal contínua;
- ❖ Ausência de ramificações;
- ❖ Ausência de evolução perceptível ao longo do tempo;
- ❖ Ausência de manifestações complementares;
- ❖ Alinhamento com junta inferior às canaletas que fazem a função de contraverga, bem como viga de suporte da laje.

Essas características, combinadas com os elementos observados em campo e com os referenciais teóricos citados, sugerem que a manifestação está mais associada a fenômenos de natureza não estrutural, relacionados a retração, variação térmica, diferenças de rigidez ou deformações iniciais — e não a falhas estruturais propriamente ditas.

Este detalhamento servirá de base para a análise técnica aprofundada apresentada no capítulo seguinte, no qual cada uma das hipóteses será confrontada com a literatura, com os resultados dos ensaios de prismas da obra e com os requisitos normativos aplicáveis.

#### **5.4 Análise técnica das fissuras**

A avaliação foi conduzida considerando tanto o mapeamento das manifestações patológicas quanto os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos prismas, que apresentaram valores entre 5,7 MPa e 9,1 MPa, com predominância na faixa de 8,5 MPa, desempenho superior à resistência característica dos blocos de 6 MPa. (IBAPE, 2019)

Esse comportamento, coerente com o que Ramalho e Corrêa (2020) descrevem sobre o ganho de resistência na forma prismática devido ao efeito de confinamento e da continuidade vertical, reforça que a alvenaria analisada se encontra estruturalmente adequada e não apresenta déficit resistente que justificaria mecanismos de fissuração de origem estrutural.

As fissuras observadas concentram-se predominantemente na junta horizontal imediatamente inferior à canaleta de concreto, seguindo um traçado linear e contínuo ao longo do elemento, sem ramificações, bifurcações ou inclinações anômalas. Essa

conformação morfológica, segundo Tavares (2019), é típica de fissuras relacionadas à incompatibilidade deformacional entre materiais com diferentes módulos de elasticidade e distintos comportamentos sob retração, dilatação térmica e variações higroscópicas.

Medeiros e Helene (2021) reforçam que fissuras horizontais localizadas em juntas tendem a se originar preferencialmente onde o sistema apresenta uma linha de menor rigidez, como ocorre nas interfaces entre blocos e argamassa, especialmente quando elementos rígidos como vergas, lintéis e canaletas estruturais estão presentes na região superior.

A canaleta J, por ser executada em concreto com presença de armaduras longitudinais, apresenta módulo de elasticidade significativamente superior ao dos blocos estruturais, o que gera, segundo Ramalho e Corrêa (2020), uma descontinuidade mecânica no painel de alvenaria. Essa diferença de rigidez provoca concentração de tensões imediatamente abaixo da peça, sobretudo diante de variações térmicas e retrações diferenciais.

Tavares (2019) observa que esse mecanismo tensional ocorre mesmo quando a execução atende às boas práticas e às prescrições normativas, uma vez que o comportamento conjunto alvenaria–concreto tende inevitavelmente a produzir microajustes e redistribuições internas de tensões ao longo do tempo. O fato de a fissura interceptar a faixa horizontal pintada sugere que sua origem antecede a aplicação da pintura ou está vinculada a movimentações posteriores, mas sempre mantendo caráter de baixa severidade.

Do ponto de vista classificatório, a abertura reduzida das fissuras — inferior à faixa considerada relevante pela ABNT NBR 15575-1:2021, que define limites para fissuras de pequena abertura — aponta para manifestações não estruturais e de baixa severidade. Esse enquadramento é coerente com o que Medeiros e Helene (2021) descrevem como fissuras de caráter superficial, geralmente associadas a retração da argamassa e movimentações naturais de acomodação da edificação.

A continuidade linear ao longo da junta, sem presença de ramos inclinados ou geometrias em escada, também afasta o diagnóstico de cisalhamento ou flexão localizada, uma vez que fissuras estruturais, conforme discutido por Sabbatini (2019), tendem a apresentar inclinações características e trajetos diagonais relacionados à redistribuição dos esforços internos.

A inspeção visual não identificou sinais típicos de manifestações estruturais,

tais como deslocamentos diferenciais entre fiadas, esmagamento de blocos, descontinuidades nos cantos de aberturas, flechas excessivas ou fissuras inclinadas partindo dos apoios da canaleta, elementos frequentemente associados a recalque ou sobrecarga, conforme a própria ABNT NBR 16868-1:2020 descreve em suas orientações sobre desempenho de alvenarias.

Também não foram observados danos progressivos, destacamentos significativos do revestimento ou alteração geométrica da parede, o que reforça, conforme Tavares (2019), que a patologia se encontra estabilizada e sem tendência evolutiva.

A associação entre o comportamento observado e os resultados do ensaio de compressão dos prismas é particularmente relevante. A resistência medida, majoritariamente acima de 8,5 MPa, indica que a alvenaria apresenta desempenho superior ao mínimo exigido para seu nível de solicitação, o que, segundo Ramalho e Corrêa (2020), demonstra que o conjunto estrutural trabalha em regime seguro e com ampla margem de resistência.

Esse dado reforça que o mecanismo gerador das fissuras não está relacionado à insuficiência resistente ou ao colapso parcial do material, mas sim à interação natural entre elementos de diferentes rigidezes, como apontam Medeiros e Helene (2021) ao discutir fissuração por incompatibilidade.

De maneira coerente com a literatura, as fissuras identificadas podem ser relacionadas aos seguintes mecanismos:

- ❖ Retração da argamassa de assentamento e revestimento, processo amplamente descrito por Medeiros e Helene (2021) como causa comum de fissuras horizontais superficiais.
- ❖ Variações térmicas, que geram dilatações diferenciais entre concreto (canaleta) e alvenaria, conforme ressaltado por Tavares (2019).
- ❖ Comportamento deformacional do conjunto alvenaria–canaleta–laje, cuja diferença de rigidez gera tensões localizadas, mecanismo discutido extensivamente por Ramalho e Corrêa (2020).
- ❖ Acomodação natural dos elementos após a retirada de escoramentos e após ciclos iniciais de uso, fenômeno amplamente abordado em manuais de inspeção predial (IBAPE, 2019).

Com base na avaliação integrada entre inspeção, literatura técnico-científica e resultados experimentais, conclui-se que as fissuras observadas apresentam origem não estrutural, sendo decorrentes principalmente de retração da argamassa, movimentações térmicas diferenciais e incompatibilidade de rigidez entre os elementos que compõem o sistema.

A literatura consultada, incluindo Medeiros e Helene (2021), Tavares (2019), Ramalho e Corrêa (2020) e Sabbatini (2019), corrobora que esse tipo de manifestação é típica, estabilizada, previsível e de fácil tratamento, não representando risco à segurança da edificação.

## **5.5. Recomendações técnicas**

As recomendações técnicas apresentadas têm por objetivo orientar os procedimentos de tratamento e prevenção das fissuras identificadas na edificação, considerando a natureza superficial observada em ambas as fissuras apresentadas, sua estabilização ao longo do tempo e os mecanismos patológicos associados. (IBAPE, 2019)

Conforme discutido nos capítulos anteriores, as fissuras localizadas próximas à canaleta J apresentam características compatíveis com tensões de retração, incompatibilidade deformacional entre materiais e variações higrotérmicas, fenômenos amplamente descritos na literatura de patologia das construções, como apontado por Medeiros e Helene (2021), Tavares (2019) e Ramalho e Corrêa (2020). Dessa forma, as soluções propostas a seguir visam restabelecer o desempenho estético e funcional da superfície fissurada, sem necessidade de intervenção estrutural.

Recomenda-se, portanto, apenas a execução de tratamento superficial, caso desejado, por meio de recomposição do revestimento e restabelecimento da pintura, conforme as boas práticas já estabelecidas no setor. (IBAPE, 2019)

### **5.5.1. Procedimento de reparo para fissuras superficiais estabilizadas**

Para fissuras de pequena abertura e caráter não estrutural, como as observadas, recomenda-se um procedimento de reparo baseado em práticas

consagradas pela engenharia de manutenção predial. A abordagem segue diretrizes adotadas pelos autores clássicos da área, que indicam que manifestações desse tipo devem ser tratadas de forma localizada, priorizando a remoção de partículas soltas, a reconstituição da junta e o uso de materiais compatíveis com o comportamento higrotérmico da alvenaria (MEDEIROS; HELENE, 2021; TAVARES, 2019).

Para garantir a eficácia do tratamento e evitar recorrência das fissuras, é fundamental que todo o procedimento seja realizado em condições ambientais adequadas, preferencialmente em períodos de baixa umidade e temperaturas amenas. Recomenda-se também o acompanhamento por profissional capacitado, que poderá avaliar eventuais especificidades do local e indicar adaptações no método conforme necessário. O método recomendado deve seguir o seguinte procedimento: (IBAPE, 2019)

#### **a) Abertura e preparação da fissura**

Realizar uma abertura leve ao longo de toda a extensão da fissura, apenas o suficiente para permitir a boa ancoragem do material de reparo. Esse procedimento é indicado na literatura, pois facilita a penetração do selante e elimina partes soltas de revestimento ou poeira que possam prejudicar a aderência (TAVARES, 2019).

#### **b) Limpeza mecânica e remoção de pó**

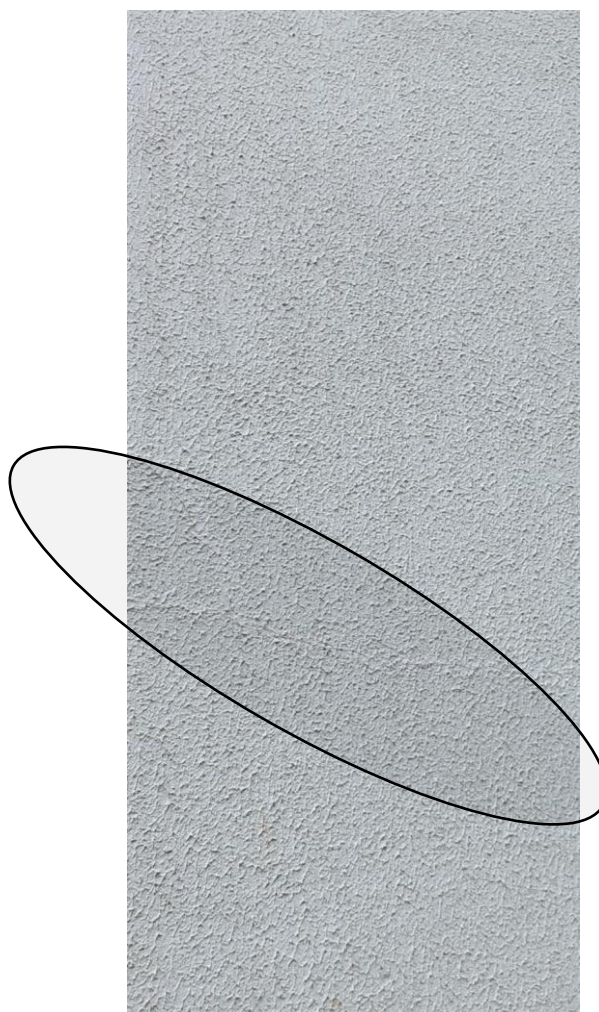
Após a abertura, proceder à limpeza com escova de cerdas médias ou ar comprimido, removendo todo o particulado. Medeiros e Helene (2021) destacam que a limpeza adequada da área é determinante para garantir o desempenho do selante e evitar destacamentos prematuros.

Em seguida, recomenda-se realizar uma limpeza mecânica criteriosa da fissura, empregando escova de cerdas rígidas ou aspirador industrial para remoção completa de poeira, partículas soltas e resíduos provenientes da abertura. Essa etapa é essencial para assegurar a aderência adequada do selante e evitar falhas prematuras no reparo. Deve-se evitar o uso de água em excesso, limitando-se à limpeza a seco ou, se necessário, umedecimento leve e controlado, garantindo que a superfície esteja seca antes da aplicação do material de reparo.

### c) Aplicação de selante acrílico ou poliuretano

Aplicar selante acrílico ou à base de poliuretano, materiais recomendados para fissuras estáveis devido à sua capacidade de acomodar microdeformações e resistir a ciclos térmicos moderados. A literatura ressalta que selantes flexíveis são mais adequados quando os elementos adjacentes apresentam coeficientes de dilatação diferentes, como ocorre entre canaletas de concreto e blocos de alvenaria (Figura 25) (RAMALHO; CORRÊA, 2020).

Figura 25 - Aplicação de selante flexível



Fonte: Autor (2025).

### d) Regularização superficial com massa acrílica

Após a cura do selante, proceder à regularização da superfície com massa

acrílica, material compatível com paredes internas e recomendado para corrigir pequenas imperfeições sem comprometer o acabamento.

#### **e) Aplicação de pintura com tinta elastomérica**

Finalizar o processo com a aplicação de tinta elastomérica, que apresenta elevada capacidade de alongamento e acompanha possíveis microvariações dimensionais das juntas, fator essencial para minimizar reaparecimentos. Conforme Tavares (2019), revestimentos elastoméricos reduzem significativamente a reincidência de fissuras superficiais.

#### **5.5.2. Monitoramento periódico da região afetada**

Embora as evidências coletadas indiquem que as fissuras estão estabilizadas, a literatura recomenda a adoção de práticas de monitoramento em manifestações desse tipo. Tavares (2019) e Medeiros e Helene (2021) destacam que registros periódicos auxiliam na confirmação da estabilização e permitem identificar eventuais alterações ambientais ou mecânicas.

Assim, recomenda-se monitoramento semestral, com registro fotográfico padronizado (mesmo ângulo, mesma distância), preferencialmente utilizando régua de fissura ou objeto de referência. (IBAPE, 2019)

O acompanhamento é simples e não demanda instrumentação avançada, sendo eficaz para reforçar a conclusão diagnóstica. (IBAPE, 2019)

#### **5.5.3. Recomendações preventivas para obras futuras**

Para edificações futuras, algumas medidas preventivas podem minimizar a ocorrência de tensões localizadas e fissuras superficiais similares às observadas. A literatura destaca que a prevenção é fortemente associada à qualidade dos materiais, à compatibilidade deformacional e ao controle de etapas executivas (MEDEIROS; HELENE, 2021; RAMALHO; CORRÊA, 2020).

Assim, recomenda-se:

**a) Controle rigoroso da cura da argamassa de assentamento**

Garantir cura úmida mínima nos primeiros dias, conforme boas práticas de execução. Falhas de cura aumentam retração hidráulica, conforme descrito por Medeiros e Helene (2021).

**b) Compatibilidade deformacional entre materiais**

Selecionar blocos, argamassas e concretos com propriedades compatíveis, permitindo que as deformações diferenciais sejam minimizadas. Ramalho e Corrêa (2020) enfatizam que diferenças bruscas de módulo de elasticidade são gatilhos frequentes para fissuras horizontais.

**c) Adequada proteção térmica das fachadas**

Adotar soluções como painéis de sombreamento, cores de maior refletância e revestimentos elastoméricos. Rodrigues e Barbosa (2020) observam que fachadas expostas a gradientes térmicos intensos têm maior propensão à fissuração.

**d) Atenção ao carregamento precoce das lajes**

Evitar sobrecarga durante o período inicial de cura da canaleta J e da laje. Deformações iniciais excessivas tendem a gerar tensões localizadas na junta inferior à canaleta (RAMALHO; CORRÊA, 2020).

**e) Execução adequada de vergas, contravergas e canaletas**

Garantir nivelamento, comprimento de ancoragem recomendável e concretagem devidamente vibrada. Elementos mal executados podem acentuar o contraste de rigidez e favorecer fissuração.

Diante dos mecanismos patológicos identificados e da literatura consultada, conclui-se que o tratamento recomendado é suficiente para eliminar as fissuras superficiais observadas, restabelecendo o desempenho estético e funcional do ambiente. As ações propostas, aliadas ao monitoramento periódico, garantem a segurança e a durabilidade do sistema. Já as recomendações preventivas

apresentadas contribuem para reduzir significativamente a ocorrência desse tipo de manifestação em obras futuras, reforçando a importância do controle tecnológico e da compatibilidade entre materiais.

#### **f) Monitoramento e manutenção preventiva das alvenarias**

É fundamental estabelecer rotinas de inspeção periódica, visando identificar precocemente indícios de fissuração ou degradação dos elementos construtivos. A implementação de programas de manutenção preventiva contribui para a longevidade das fachadas e minimiza custos com reparos corretivos.

Implementar rotinas de inspeção regular, identificando precocemente sinais de deterioração, fissuras ou deslocamentos anormais. Recomenda-se a execução periódica de pequenos reparos e o registro sistemático das intervenções realizadas, visando manter a integridade das alvenarias ao longo do tempo. A manutenção preventiva, aliada ao uso de materiais compatíveis e boas práticas construtivas, minimiza riscos de reincidência das patologias e contribui para a longevidade.

Além dessas medidas corretivas e preventivas, é relevante destacar a importância da capacitação contínua das equipes envolvidas na execução e manutenção das alvenarias. Investir em treinamentos técnicos e atualização profissional contribui para a adoção de boas práticas construtivas, reduzindo falhas de execução e promovendo a cultura do controle de qualidade. Dessa forma, cria-se um ambiente propício à inovação e ao aprimoramento dos processos construtivos, refletindo diretamente na redução de manifestações patológicas das edificações.

## 6. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi concebida de modo a garantir rigor científico, consistência analítica e profunda integração entre referencial teórico, evidências empíricas e dados experimentais. Diante da natureza complexa do comportamento das fissuras em alvenaria estrutural, optou-se por uma abordagem qualitativa, aplicada e explicativa, capaz de interpretar fenômenos construtivos à luz dos princípios da mecânica, das propriedades dos materiais e das interações entre elementos estruturais e não estruturais. (GIL, 2019)

Essas recomendações evidenciam que o controle rigoroso das etapas construtivas e a constante atualização das equipes são fatores determinantes para a prevenção e a correção de manifestações patológicas. Além disso, a integração entre análise técnica, monitoramento sistemático e adoção de materiais compatíveis potencializa o desempenho das alvenarias, promovendo ambientes mais seguros e duráveis. (IBAPE, 2019)

Trata-se de um estudo de caso único, conforme a concepção metodológica defendida por Yin (2019), no qual a realidade observada é analisada em profundidade, buscando compreender relações causais e padrões de manifestação que dificilmente seriam identificados por métodos puramente quantitativos ou estatísticos.

A pesquisa iniciou-se com uma revisão bibliográfica sistemática, estruturada segundo os princípios de fundamentação teórica apresentados por Gil (2019), com o objetivo de consolidar um arcabouço técnico robusto sobre patologias em alvenaria estrutural. Foram analisados livros clássicos, como os de Tavares (2019), Medeiros e Helene (2021) e Ramalho e Corrêa (2020), além de artigos científicos, dissertações, manuais técnicos e normas da ABNT que tratam diretamente do comportamento mecânico de blocos, argamassas, canaletas e componentes estruturais.

Para garantir a qualidade dos resultados obtidos, todos os procedimentos metodológicos foram cuidadosamente documentados, permitindo rastreabilidade e transparência nas etapas do estudo. Adicionalmente, o uso de instrumentos de medição calibrados e a adoção de protocolos reconhecidos no setor reforçaram a confiabilidade dos dados coletados. Essa atenção aos detalhes metodológicos assegura que as conclusões extraídas sejam fundamentadas em evidências sólidas e replicáveis, fortalecendo o valor científico do trabalho. (LAKATOS; MARCONI, 2019)

Essa revisão permitiu identificar modelos teóricos de formação de fissuras,

mecanismos de retração, incompatibilidade deformacional, efeitos higrotérmicos e critérios normativos de aceitabilidade, proporcionando o suporte conceitual necessário para interpretar, com profundidade, as manifestações observadas em campo. Posteriormente, desenvolveu-se o estudo de caso, realizado em uma edificação residencial concluída recentemente, pertencente a construtora com a qual o autor possui vínculo profissional. A opção por esse método investigativo deve-se ao fato de que, segundo Yin (2019), estudos de caso são adequados quando se busca compreender fenômenos complexos, inseridos por múltiplas variáveis.

A inspeção patológica foi conduzida de forma sistemática, com observações técnicas detalhadas, registros fotográficos padronizados, medições geométricas, descrição morfológica das fissuras e análise de sua relação com elementos estruturais e não estruturais da parede. Esse procedimento segue as diretrizes de análise visual sugeridas por Medeiros e Helene (2021), que defendem a necessidade de caracterização minuciosa da manifestação como etapa prévia ao diagnóstico técnico.

Para validar empiricamente o comportamento do sistema construtivo, foram realizados ensaios experimentais de resistência à compressão de prismas de alvenaria, seguindo metodologia prevista em normas específicas e alinhada aos procedimentos discutidos por Ramalho e Corrêa (2020). Os resultados, que variaram de 5,7 MPa a 9,1 MPa, com predominância próxima de 8,5 MPa, foram superiores à resistência nominal dos blocos utilizados (6 MPa), fornecendo evidências objetivas de que a capacidade resistente da alvenaria não estava comprometida.

Para complementar a abordagem qualitativa, também foram realizadas entrevistas semiestruturadas com profissionais envolvidos no processo construtivo da obra analisada. Esses relatos proporcionaram insights valiosos sobre procedimentos executivos, tomadas de decisão e eventuais dificuldades enfrentadas durante as diferentes fases do empreendimento. A triangulação dessas informações qualitativas com os dados empíricos e referências bibliográficas contribuiu para uma compreensão mais abrangente dos fatores que influenciam o surgimento e a evolução das manifestações patológicas em alvenaria estrutural. (FLICK, 2019)

A realização desses ensaios se insere na lógica da triangulação metodológica, conceito discutido por Flick (2019), no qual diferentes fontes de dados e teoria, observação empírica e experimentação são confrontadas entre si, aumentando a validade interna da pesquisa e reduzindo vieses interpretativos.

A interpretação dos dados coletados decorreu da articulação entre os modelos

conceituais levantados na revisão bibliográfica, os resultados dos ensaios e as evidências práticas obtidas durante a inspeção.

Esse processo analítico baseou-se nos princípios de coerência metodológica discutidos por Lakatos e Marconi (2019), segundo os quais conclusões científicas devem emergir da convergência dos dados e não de suposições isoladas. Assim, as manifestações patológicas foram avaliadas à luz das recomendações das normas ABNT NBR 6136:2016, ABNT NBR 10837:1989 e ABNT NBR 15575-1:2021, bem como de parâmetros técnicos utilizados rotineiramente na engenharia de edificações. A metodologia adotada permitiu correlacionar a fissura observada com mecanismos mencionados pela literatura, tais como retração da argamassa, variação térmica e tensões localizadas decorrentes da diferença de rigidez entre blocos e canaletas estruturais.

Embora o estudo se concentre em um único empreendimento, sua profundidade analítica assegura validade ecológica significativa, permitindo identificar padrões típicos do comportamento da alvenaria estrutural e contribuindo para o avanço do entendimento sobre manifestações patológicas recorrentes nesse sistema construtivo. As limitações inerentes ao método, especialmente a impossibilidade de generalizações estatísticas, são compensadas pela riqueza de detalhes do estudo, pelo rigor técnico da análise e pela triangulação de dados que sustenta as conclusões apresentadas. Essa abordagem está alinhada ao que Gil (2019) define como pesquisa aplicada de alta relevância prática, capaz de produzir conhecimento útil para a melhoria de processos e para a tomada de decisão em engenharia.

Dessa forma, a metodologia desenvolvida neste trabalho integra, de maneira coesa e científica, teoria, prática, experimentação e análise normativa, oferecendo base sólida para o diagnóstico da patologia estudada e para a proposição de soluções técnicas preventivas e corretivas. Ao articular diferentes frentes investigativas com rigor metodológico, o estudo alcança profundidade e consistência compatíveis com as melhores práticas da pesquisa em engenharia civil, contribuindo tanto para a formação profissional quanto para o aprimoramento dos sistemas construtivos contemporâneos. (IBAPE, 2019)

Em síntese, o rigor metodológico adotado em todas as etapas do estudo foi determinante para a robustez das conclusões alcançadas. Ao combinar diferentes técnicas investigativas, como inspeção visual, ensaios laboratoriais e entrevistas com profissionais, o trabalho garantiu uma análise das manifestações observadas.

## **7. ANÁLISE DE RESULTADOS**

A análise dos resultados obtidos neste trabalho fundamenta-se na integração entre os dados coletados em campo, os resultados dos ensaios experimentais de resistência à compressão, a avaliação documental do sistema construtivo e a confrontação desses elementos com a bibliografia técnica e os critérios normativos aplicáveis à alvenaria estrutural. Essa abordagem permitiu interpretar o comportamento observado das fissuras não apenas de forma descritiva, mas sobretudo sob a ótica mecânica, construtiva e de desempenho da edificação.

### **7.1 Interpretação dos resultados da inspeção visual e geométrica**

A inspeção técnica realizada no apartamento de cobertura do empreendimento Place Jardins evidenciou a presença predominante de fissuras horizontais contínuas, localizadas imediatamente abaixo da canaleta J de concreto, elemento estrutural responsável pela transferência das cargas da laje para os panos de alvenaria. A fissura apresentou extensão aproximada de 70 cm, largura inferior a 0,5 mm e alinhamento coincidente com a junta horizontal de assentamento, características típicas de fissuração por acomodação e incompatibilidade deformacional.

Do ponto de vista geométrico, a regularidade da fissura, sua orientação horizontal e a ausência de ramificações ou mudanças abruptas de direção indicam um mecanismo de origem relativamente homogêneo, associado a deformações distribuídas ao longo da parede. Esse comportamento difere significativamente das fissuras estruturais clássicas, como aquelas decorrentes de recalques diferenciais ou sobrecargas excessivas, que geralmente se manifestam com padrões inclinados, verticais ou em forma de escama, conforme descrito por Tavares (2019) e IBAPE (2019).

Além disso, a posição da fissura, situada em região superior da edificação, reforça a hipótese de que os efeitos de retração dos materiais e as variações térmicas atuam de forma mais intensa nesse pavimento, conforme apontam Medeiros e Helene (2021). Em pavimentos de cobertura, a laje está submetida a maiores amplitudes térmicas diárias, o que favorece ciclos de dilatação e contração capazes de induzir tensões na interface laje–canaleta–alvenaria.

Outro aspecto relevante observado durante a inspeção foi a ausência de sinais

de progressão da fissura. Não foram identificadas alterações recentes na abertura, desprendimentos de material adjacente, infiltrações ou comprometimento do revestimento cerâmico existente. Esse comportamento sugere que a fissura encontrasse estabilizada, característica compatível com fissuras de origem não estrutural associadas à fase inicial de acomodação dos materiais.

## **7.2 Análise dos resultados dos ensaios de resistência à compressão**

Os ensaios de resistência à compressão realizados em prismas de alvenaria forneceram dados quantitativos essenciais para a avaliação da capacidade resistente do sistema bloco–argamassa–graute empregado na edificação. Os valores obtidos variaram entre aproximadamente 5,7 MPa e 9,1 MPa, superando a resistência característica mínima exigida para os blocos estruturais de concreto conforme a ABNT NBR 6136:2016 e a ABNT NBR 15961-1:2020.

Esses resultados indicam que, do ponto de vista mecânico, a alvenaria apresenta desempenho satisfatório para suportar as cargas verticais previstas em projeto, não havendo indícios de subdimensionamento ou deficiência de resistência que pudessem justificar a ocorrência de fissuração por excesso de compressão. Tal constatação é fundamental para descartar hipóteses relacionadas a falhas estruturais primárias, como esmagamento dos blocos ou ruptura por sobrecarga.

A variabilidade observada entre os valores de resistência é compatível com o comportamento esperado para materiais cimentícios, sendo influenciada por fatores como heterogeneidade dos blocos, qualidade da argamassa, regularidade das juntas e condições de cura. No entanto, mesmo o menor valor obtido permanece acima dos limites normativos, reforçando a conclusão de que o sistema estrutural possui capacidade adequada.

Sob a ótica da patologia das construções, esse resultado corrobora a interpretação de que a fissura observada não está associada a insuficiência resistente, mas sim a fenômenos de natureza deformacional, nos quais pequenas movimentações relativas entre elementos com diferentes módulos de elasticidade resultam em fissuração superficial.

### **7.3 Correlação entre comportamento mecânico e mecanismos de fissuração**

A literatura técnica destaca que a interface entre elementos de concreto armado e alvenaria estrutural constitui um ponto sensível ao surgimento de fissuras, em razão da diferença significativa entre seus módulos de elasticidade e coeficientes de deformação. Thomaz (2012) explica que o concreto armado apresenta comportamento mais rígido, enquanto a alvenaria, especialmente nas juntas de argamassa, possui maior capacidade de deformação.

No caso analisado, a canaleta J funciona como elemento intermediário entre a laje e a parede, concentrando tensões decorrentes da retração do concreto, das deformações iniciais da laje e das variações térmicas. A argamassa de assentamento, por sua vez, atua como plano preferencial para absorção dessas tensões, o que explica o alinhamento preciso da fissura com a junta horizontal.

Helene (2003) ressalta que a retração da argamassa é um fenômeno inevitável em materiais cimentícios e que, quando associada à restrição imposta por elementos mais rígidos, pode resultar em fissuras de pequena abertura, tipicamente classificadas como fissuras e não como trincas ou rachaduras. Esse padrão é plenamente compatível com o observado no empreendimento Place Jardins.

Adicionalmente, a ausência de armaduras contínuas na junta sob a canaleta, prática comum em sistemas racionalizados quando não prevista em projeto, pode ter contribuído para a concentração de tensões nessa região específica. Contudo, tal condição não caracteriza falha de execução, desde que esteja em conformidade com o projeto estrutural aprovado e com as normas vigentes.

### **7.4 Avaliação normativa e classificação da fissura**

À luz dos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15575:2021, a fissura analisada enquadra-se como manifestação patológica de baixa severidade, com impacto predominantemente estético e sem comprometimento da segurança estrutural ou da funcionalidade da edificação. A largura inferior a 0,5 mm atende aos limites aceitáveis para fissuras em elementos de alvenaria revestidos, especialmente quando estabilizadas.

A classificação da fissura como não estrutural é reforçada pela ausência de sintomas secundários, como deslocamentos diferenciais, deformações excessivas,

comprometimento de esquadrias ou manifestações correlatas em pavimentos inferiores. Esses elementos são comumente associados a patologias estruturais mais graves, o que não foi observado neste estudo de caso.

### **7.5 Síntese dos resultados e implicações técnicas**

A integração entre os resultados da inspeção visual, dos ensaios de compressão e da análise teórica permite concluir que a fissura observada decorre de um comportamento inerente ao sistema construtivo em alvenaria estrutural, associado principalmente à retração da argamassa, às variações térmicas e às diferenças de rigidez entre a canaleta de concreto e os blocos de alvenaria.

Os resultados obtidos atendem plenamente aos objetivos específicos do trabalho, ao permitir:

- ❖ Caracterizar tecnicamente a manifestação patológica;
- ❖ Descartar hipóteses de origem estrutural;
- ❖ Correlacionar o padrão fissurário com mecanismos clássicos;
- ❖ Fundamentar recomendações de reparo simples e monitoramento periódico.

Do ponto de vista prático, a análise evidencia a importância do controle tecnológico, da compatibilização de projetos e da correta interpretação das fissuras em edificações de alvenaria estrutural. Embora a manifestação observada não represente risco à segurança, sua presença reforça a necessidade de diagnósticos técnicos criteriosos, capazes de distinguir fissuras aceitáveis daquelas que demandam intervenções estruturais mais complexas.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho possibilitou uma compreensão abrangente, técnica e fundamentada das fissuras observadas na unidade habitacional estudada no empreendimento Place Jardins, edificado em sistema de alvenaria estrutural. A abordagem adotada, pautada na integração entre revisão bibliográfica especializada, inspeção técnica in loco e análise experimental dos materiais, permitiu atender de forma consistente ao objetivo geral e aos objetivos específicos propostos, assegurando um diagnóstico alinhado às práticas contemporâneas da engenharia civil.

Inicialmente, a integração entre teoria e prática — estabelecida como um dos objetivos específicos — mostrou-se fundamental para consolidar os conhecimentos desenvolvidos no TCC I. A aplicação direta dos conceitos teóricos sobre mecanismos de fissuração, comportamento mecânico da alvenaria estrutural e critérios normativos possibilitou uma leitura crítica da manifestação patológica observada, fortalecendo a formação técnica do autor e ampliando a compreensão das patologias recorrentes nesse sistema construtivo.

A documentação e descrição detalhada das fissuras identificadas, contemplando sua geometria, localização, extensão, orientação e severidade, permitiram caracterizar adequadamente o padrão fissurário presente na edificação. Observou-se que a fissura principal apresentava configuração horizontal contínua, localizada imediatamente abaixo da canaleta J de concreto, coincidindo com a junta horizontal entre fiadas de blocos. Tal caracterização atendeu plenamente ao objetivo de registrar tecnicamente a manifestação, fornecendo subsídios confiáveis para as análises subsequentes.

A interpretação do padrão fissurário à luz da bibliografia técnica evidenciou elevada compatibilidade com os mecanismos clássicos descritos por autores consagrados da área, como Thomaz, Helene, Ramalho e Corrêa. A literatura aponta que regiões situadas sob canaletas, vergas e elementos de transição estrutural constituem zonas naturais de concentração de tensões, em razão das diferenças de rigidez entre o concreto armado e a alvenaria. Esse contraste favorece a absorção das microdeformações pelas juntas de argamassa, configurando um plano preferencial para o surgimento de fissuras horizontais.

No que se refere à avaliação do caráter estrutural ou não estrutural da fissura,

a análise integrada dos dados de inspeção, dos ensaios de resistência à compressão dos prismas de alvenaria e dos critérios normativos, especialmente aqueles estabelecidos pela ABNT NBR 15575, permitiu concluir que a manifestação possui natureza não estrutural. Os resultados experimentais indicaram que a resistência do conjunto bloco–argamassa–graute é superior à resistência nominal dos blocos utilizados, evidenciando adequada capacidade resistente do sistema. Ademais, não foram identificados indícios de evolução progressiva da fissura, deslocamentos associados ou comprometimento da estabilidade global da edificação.

A identificação das prováveis causas da fissuração apontou para a atuação combinada de retração da argamassa, variações térmicas e incompatibilidade deformacional entre os elementos estruturais envolvidos. Esses mecanismos, amplamente documentados na literatura técnica, são considerados inerentes ao comportamento do sistema quando não há dispositivos específicos de absorção de deformações ou quando ocorre diferença significativa de rigidez entre materiais distintos, como concreto armado e alvenaria estrutural.

Por fim, em atendimento ao objetivo específico de propor recomendações técnicas, foram apresentadas orientações de reparo compatíveis com a natureza superficial e estabilizada da fissura, bem como diretrizes para monitoramento periódico da região afetada. Também foram elencadas recomendações preventivas voltadas a obras futuras, destacando-se a importância da compatibilização rigorosa de projetos, do controle tecnológico dos materiais, da adequada execução das canaletas e do respeito às boas práticas construtivas, como forma de mitigar a incidência de manifestações patológicas semelhantes.

Dessa forma, conclui-se que o estudo atingiu plenamente seus objetivos, oferecendo um diagnóstico técnico fundamentado, seguro e coerente com os referenciais normativos e bibliográficos. Além de contribuir para o esclarecimento da manifestação patológica específica analisada, o trabalho reforça a relevância da análise integrada entre teoria e prática como instrumento essencial para a prevenção, diagnóstico e tratamento de fissuras em edificações de alvenaria estrutural, podendo servir como referência técnica e acadêmica para profissionais e estudantes da área de engenharia civil.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1: Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-2: Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2023.
- BAUER, L. R. **Materiais de construção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- CAMACHO, J. S. **Alvenaria estrutural: blocos de concreto**. São Paulo: PINI, 2006.
- CIMOS. **Manual técnico de sistemas construtivos em alvenaria estrutural**. São Paulo: CIMOS, 2020.
- CORSINI, R. **Trinca ou fissura? Como se originam e quais os tipos**. Revista Técnica, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- DRYSDALE, R. G.; HAMID, A. A.; BAKER, L. R. **Masonry structures: behavior and design**. 2. ed. Boulder: The Masonry Society, 1994.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: Boletim Técnico n.º 25, 1998.
- FREITAS, J. A. **Alvenaria estrutural**. Notas de aula. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HELENE, P. **Patologia das estruturas**. São Paulo: PINI, 2003.
- HELENE, P.; MEDEIROS, M. H. F. **Manual de patologia das construções**. São Paulo: PINI, 2009.

IBAPE – INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Inspeção predial: diretrizes, conceitos e procedimentos**. São Paulo: IBAPE, 2019.

IBAPE/SP – INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Manual de inspeção predial**. 2. ed. São Paulo: IBAPE, 2011.

MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas**. São Paulo: PINI, 2021.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 3. ed. São Paulo: PINI, 2020.

SAMPAIO, A. V. **Alvenaria estrutural: projeto e execução**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

TAVARES, R. **Patologia das construções: estudo, diagnóstico e técnicas de recuperação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

**ANEXO A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS ETAPAS DA OBRA**

Figura 26 - Fundação



Fonte: Autor (2025)

Figura 27 - Bloco de coroamento



Fonte: Autor (2025)

Figura 28 - Superestrutura



Fonte: Autor (2025)

Figura 29 - Superestrutura



Fonte: Autor (2025)

Figura 30 - Laje transição



Fonte: Autor (2025)

Figura 31 - Execução alvenaria



Fonte: Autor (2025)

Figura 32 - Montagem laje pre moldada



Fonte: Autor (2025)

Figura 33 - Paisagismo



Fonte: Autor (2025)

Figura 34 - Equipe de obra



