

KALLYNE SILVA DOURADO

**PATOLOGIAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE TRINCAS E
FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.**

Rondonópolis/MT

2024

KALLYNE SILVA DOURADO

**PATOLOGIAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE TRINCAS E
FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.**

Monografia apresentada à banca avaliadora do curso de engenharia civil, do Centro Educacional Fasipe - FASIPE, como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Heiryadna de Souza Ribeiro

Rondonópolis/MT

2024

KALLYNE SILVA DOURADO

**PATOLOGIAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE TRINCAS E
FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca avaliadora do curso de engenharia civil – do Centro Educacional Fasipe - como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em Engenharia Civil

Professor(a) Orientador(a): Heiryadna de Souza Ribeiro
Departamento de Engenharia Civil – FASIPE

Professor(a) Avaliador(a): Erik Leonardo Calixto
Departamento de Engenharia Civil – FASIPE

Professor(a) Avaliador(a): Maria Amélia Rodrigues da Costa
Departamento de Engenharia Civil – FASIPE
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil

Rondonópolis – MT

2024

Kallyne (DOURADO, Silva). Patologias: Uma Revisão Bibliográfica Sobre Trincas E Fissuras Em Estruturas De Concreto Armado. 52 folhas.
Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Educacional Fasipe.

RESUMO

A presente monografia realiza uma revisão bibliográfica sobre as trincas e fissuras em estruturas de concreto armado. O estudo visa identificar as principais causas, tipos e consequências dessas patologias, bem como os métodos de diagnóstico e técnicas de reparo recomendadas. A revisão abrange uma análise detalhada das condições que levam à formação de fissuras, incluindo fatores ambientais, estruturais e de execução. Além disso, são discutidas as melhores práticas para a mitigação desses problemas, proporcionando uma compreensão abrangente e atualizada do tema. Este trabalho contribui para o aprofundamento do conhecimento sobre a durabilidade e a segurança das estruturas de concreto armado, oferecendo subsídios técnicos para engenheiros e profissionais da construção civil.

Palavras-chave: Fissuras. Patologias. Trincas.

Kallyne (DOURADO, Silva). Patologias: Uma Revisão Bibliográfica Sobre Trincas E Fissuras Em Estruturas De Concreto Armado. 52 folhas.
Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Educacional Fasipe.

ABSTRACT

This monograph presents a literature review on cracks and fissures in reinforced concrete structures. The study aims to identify the main causes, types, and consequences of these pathologies, as well as the recommended diagnostic methods and repair techniques. The review includes a detailed analysis of the conditions leading to fissure formation, including environmental, structural, and execution factors. Additionally, best practices for the mitigation of these issues are discussed, providing a comprehensive and updated understanding of the subject. This work contributes to the deepening of knowledge on the durability and safety of reinforced concrete structures, offering technical insights for engineers and construction professionals.

Keywords: Pathologies. Cracks. Fissure

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e a Nossa Senhora por não terem me desamparado um só segundo durante a escrita desse projeto e durante toda a minha vida.

Agradeço aos meus pais, tio e tias, a minha avó, meu avô, meu irmão, cunhadas, sogra, primos e primas que não mediram esforços pra que eu pudesse realizar o meu sonho. Se eu pudesse escolher uma família, eu escolheria a nossa mil vezes.

Agradeço ao meu noivo que aguentou firme e segurou nas minhas mãos todas as vezes que eu pensei em desistir. Aos meus de Guiratinga que são a minha família, sempre me apoiaram e confirmaram em mim quando eu não confiei. E aos amigos que fiz nesta caminhada em Rondonópolis, saibam que sem vocês, nada disso seria possível.

Agradeço aos meus amigos do melhor grupo de oração do mundo, o Sementes, que nunca me deixaram ficar longe de Deus, não importa qual fosse a dificuldade.

Agradeço aos meus colegas de turma, as pessoas que estudaram comigo e que eu tanto admiro. Aos meus professores do ensino médio e da faculdade que me ensinaram a sonhar alto. Aos meus chefes da área da engenharia civil, que são responsáveis pela profissional que sou e por quem irei me tornar. Saibam que carregarei os ensinamentos de vocês para o resto da minha vida. Aos colegas de profissão que se tornaram mais que amigos, obrigada por dividir essa história comigo.

E por fim, eu agradeço as versões de mim que viveram em 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023. Se vocês tivessem desistido perante as dificuldades, nós não estaríamos realizando nosso sonho em 2024.

Lista de Figuras

Figura 1: Trinca em muro acompanhando a argamassa de assentamento.....	14
Figura 2: Definição dos tipos aberturas de acordo com o tamanho.....	15
Figura 3: percentual de causas de patologias	16
Figura 4: Formação típica de uma fissura causada por solicitação térmica devido ao diferencial entre a alvenaria e estrutura.....	19
Figura 5: Fissura causada em pilares devido as tensões geradas nas vigas de concreto armado.....	20
Figura 6: Fissura na base da alvenaria causada por movimentação higroscópica diferencial.....	21
Figura 7: Fissura na base superior da parede causada por movimentação higroscópica	21
Figura 8: Representação de fissura típica em vigas subarmadas solicitadas a flexão	22
Figura 9: Fissura de cisalhamento em viga solicitada a flexão	23
Figura 10: Fissura com inclinação de 45° concentrada nos cantos das esquadrias em verga e contraverga	23
Figura 11: Exemplo de fissura com direção vertical no centro de aberturas para esquadria	24
Figura 12: utilização de ver e contraverga nos vãos de esquadria para impedir fissuração	24
Figura 13: Fissuração por deformação excessiva quando o componente inferior sofre maior distorção em relação ao componente superior	26
Figura 14: Fissuração por deformação excessiva quando o componente superior se deforma mais em relação ao superior	26
Figura 15: Fissuração na base da parede causada por deformação excessiva semelhante nos componentes superiores e inferiores	27
Figura 16: Fissuração por deformação excessiva em paredes com abertura para esquadria	27

Figura 17: Fissuração em alvenaria de vedação causada por deslocamento diferencial.....	29
Figura 18: Fissuração na parede externa devido a retração da laje	30
Figura 19: Fissuração por ataque de sulfato	31
Figura 20: Determinação do cobrimento de acordo com a agressividade ambiental	32
Figura 21: Viga fissurada por corrosão das armaduras	33
Figura 22: Modelo de fissurômetro	36
Figura 23: Modelo de extensômetro comercial	36
Figura 24: Representação de sulco aberto ao longo da fissura com 5cm de largura e 5mm de profundidade	37
Figura 25: Base irregular e composta por substratos diferentes	38
Figura 26: Camada de dessolidarização com fita em polipropileno sob a camada de argamassa.....	39
Figura 27: Recuperação de fissuras ativas com abertura de sulcos e preenchimento com selantes flexíveis	40
Figura 28: tela metálica assentada no encontro entre o pilar e a alvenaria	41
Figura 29: Vista em planta de alocação de barras de aço para recuperação da fissura	42
Figura 30: Vista frontal de alocação de barras de aço para recuperação da fissura	42
Figura 31: Imagem da fissura	43
Figura 32: Abertura da área fissurada e fixação da tela	44
Figura 33: Aplicação de argamassa e abertura de junta de dilatação	45
Figura 34: Pintura e acabamento da restauração	45

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	11
1.2	Problemática	12
1.3	Objetivos	12
1.3.1	Gerais	12
1.3.2	Específicos	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Trincas fissuras e rachaduras	14
2.1.1	Causas de execução e diagnósticos	16
2.2	Formação de fissuras	17
2.2.1	Fissuras causadas por variação térmica	18
2.2.2	Fissuras causadas por variação higroscópica	20
2.2.3	Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas	22
2.2.4	Fissuras causadas por concentração de tensões	23
2.2.5	Fissuras causadas por deformabilidade excessivas nas estruturas	25
2.2.6	Fissuras causadas por recalques diferenciados na fundação	28
2.2.7	Fissuras causadas por retração	29
2.2.8	Fissuras causadas por alteração química dos materiais	30
2.3	Métodos de identificação e diagnóstico das patologias	33
2.3.1	Levantamento de informações	34
2.3.2	Investigação do problema	35
2.3.3	Determinação do procedimento	36
2.4	Recuperação em elementos fissurados em alvenaria de vedação	37
2.5	Recuperação de fissuras ativas na alvenaria	39
2.6	Recuperação de elementos de alvenaria fissurados no encontro com elementos estruturais	40
2.7	Recuperação de elementos fissurados devido ao enfraquecimento da alvenaria	41
3	APLICAÇÃO DE TECNICAS DE RESTAURAÇÃO EM ESTUDO DE CASO	43
4	METODOLOGIA	46
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A NBR 15575 (ABNT 2013) rege o desempenho das edificações habitacionais e, define como vida útil de um projeto, o tempo em que a edificação e seus componentes cumprem o papel para o qual foram designados. Aspectos como estanqueidade, segurança para uso e operação, conforto térmico, conforto acústico, higiene e funcionalidade devem ser assegurados aos usuários para garantir um bom desempenho da habitação (ABNT, 2013).

No entanto, apesar da evolução notável dos materiais e técnicas construtivas, algumas patologias podem ser observadas, muitas vezes de forma congênita, ou seja, acompanhando os projetos desde a sua concepção. Em países em desenvolvimento, a velocidade aumentada na entrega das obras, associadas a má formação profissional, baixo rigor no controle de materiais e serviços, são fatores que resultaram em uma queda brusca na qualidade das edificações (THOMAZ, 1989). Norberto Lichtenstein (1985) relata em sua obra “Patologia das Construções”, que a preocupação com o desempenho das edificações é quase tão antiga quanto o ato de construir e constata ainda o fato de que, quanto mais se conhece sobre determinada patologia, maior é o subsídio para tratá-la corretamente (LICHTENSTEIN, 1985).

As trincas e fissuras são manifestações patológicas identificadas frequentemente nas estruturas e representam uma preocupação significativa, tanto para os profissionais, quanto para os proprietários e usuário das edificações. Segundo Verçosa, o termo “patologia é utilizado na medicina para estudos referentes a doenças e, no ambiente da construção, os defeitos das edificações podem ser comparados a doenças, por isso se dá por “patologia” o estudo das irregularidades das estruturas (VERÇOZA, 1991). Essas patologias podem comprometer a integridade estrutural, a durabilidade e a estética das construções, além dos riscos de custos adicionais com reparos e manutenções corretivas. O termo “manutenção corretiva” é utilizado

para definir manutenções que são executadas após a ocorrência do defeito, ou falha, para que o objeto volte a sua funcionabilidade original (ABNT/CB-003, 1994).

Este trabalho tem como objetivo investigar as trincas presentes nas estruturas, com ênfase nas causas, métodos de diagnóstico, técnicas de prevenção e estratégias de recuperação. A escolha deste tema justifica-se pela relevância das trincas como um indicador de possíveis falhas estruturais e pela necessidade de desenvolver abordagens eficazes para sua gestão. O estudo baseia-se nas teorias e práticas apresentadas nas obras sendo complementado por uma revisão de literatura e análise de estudos de caso.

Ao longo desta monografia, serão discutidos os principais fatores que contribuem para o surgimento de trincas e as técnicas de reparo mais eficazes para garantir a durabilidade das estruturas. A intenção é proporcionar uma base sólida de conhecimento que possa ser aplicada na prática profissional, auxiliando engenheiros civis a identificar, prevenir e corrigir trincas de maneira eficiente.

As políticas atuais de economia e tempo de entrega reduzidos, favorecem cada vez mais o aparecimento de patologias (VERÇOZA, 1991). A prevenção e o tratamento adequado das trincas são fundamentais não apenas para a manutenção da estética e funcionalidade das edificações, mas também para garantir a segurança dos usuários e a longevidade das estruturas. Verçoza relata que:

“Quando se conhecem os defeitos que uma construção pode vir apresentar e suas causas, é muito menos provável que se comentam erros. Esse conhecimento é tão mais importante quanto maior a responsabilidade do profissional na execução da obra. Ele também é importante para aqueles que normal ou eventualmente trabalham em peritagens.” (VERÇOZA, 1991, p.7)

Este trabalho visa contribuir para a formação de profissionais mais preparados para enfrentar os desafios associados às patologias das construções, promovendo práticas construtivas mais seguras e duradouras.

1.1 Justificativa

A análise das patologias em edificações, particularmente fissuras e trincas, é um campo de estudo fundamental para a engenharia civil. Essas patologias podem comprometer seriamente a integridade estrutural, a segurança e a estética das construções. Portanto,

compreender suas causas, desde a concepção do projeto até a fase de manutenção, é crucial para desenvolver soluções eficazes e duradouras.

As fissuras podem surgir devido a uma variedade de fatores, incluindo movimentações térmicas, recalques diferenciais, retração do concreto e reações químicas. Cada uma dessas causas demanda abordagens específicas de diagnóstico e reparo, que devem ser bem compreendidas pelos profissionais da construção. Ignorar essas patologias ou tratá-las de forma inadequada pode levar a custos elevados de reparação, além de colocar em risco a segurança dos ocupantes da edificação.

Este trabalho justifica-se pela necessidade de um entendimento profundo e integrado das patologias em edificações. Uma análise detalhada permite a identificação precisa das causas e a aplicação de métodos corretivos apropriados. Além disso, a incorporação de práticas preventivas desde a fase de projeto pode reduzir significativamente a incidência dessas patologias, promovendo construções mais seguras e duráveis.

Assim, a presente pesquisa visa contribuir para o aprimoramento das práticas de engenharia civil, oferecendo uma base sólida para a identificação, diagnóstico e reparação de fissuras em alvenaria de vedação. Através de uma abordagem abrangente, espera-se proporcionar soluções que assegurem a integridade e a longevidade das construções, beneficiando tanto os profissionais da área quanto os usuários finais das edificações.

1.2 Problemática

Quais são as principais causas das patologias encontradas em edifícios de concreto armado e quais técnicas de restauro com efeito positivo são comumente usadas para saná-las?

1.3 Objetivos

Apresentar de forma ímpar problemas estruturais que acometem as estruturas comprometem a sua integridade funcional e elencando procedimentos capazes de recuperá-la.

1.3.1 Gerais

Identificar as patologias que mais afetam as edificações de concreto armado e analisar as técnicas de restauração de maior eficiência na recuperação de sua estrutura visando a durabilidade dela.

1.3.2 Específicos

- Listar as patologias mais recorrentes;
- Compreender as possíveis causas para as patologias;
- Verificar as principais técnicas de restauro utilizadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

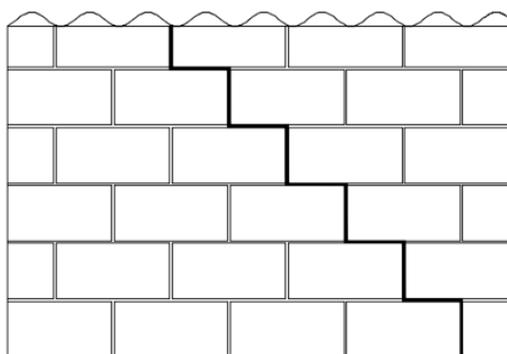
2.1 Trincas fissuras e rachaduras

Fissuras, rachaduras e trincas são aberturas que surgem nas edificações como um dispositivo para aliviar tensões oriundas da movimentação dos materiais (THOMAZ, 1989). Em alvenarias, estruturais ou não, as tensões de cisalhamento e tração são responsáveis pelo surgimento de grande parte das fissuras (TÉCHNE, 1998) e, o mesmo se dá quando a solicitação é maior que a resistência da estrutura (VEIGA, 1998). A figura 1 ilustra um muro feito de blocos de concreto preenchidos com concreto.

Segundo a NBR 6118:

“A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras “(NBR 6118, 2014).

Figura 1: Trinca em muro acompanhando a argamassa de assentamento.



Fonte: Ferreira.

No contexto patológico, é importante diferenciar trincas, fissuras e rachaduras para um diagnóstico preciso e uma boa abordagem de intervenção. As fissuras são aberturas estreitas na superfície dos materiais, especialmente no concreto. Segundo Rodrigues e Pinheiro (2021), as fissuras são de menor gravidade pois, geralmente, não geram riscos à segurança, contudo, se não forem tratadas, podem evoluir para uma trinca e, conseqüentemente, até uma rachadura (RODRIGUES E PINHEIRO, 2021). As trincas são aberturas maiores e mais profundas que podem atravessar a seção do concreto. Já “rachaduras” é um termo coloquial utilizado para expressar aberturas maiores e mais profundas que podem comprometer a estrutura da edificação.

De acordo com Oliveira (2012), pode-se diferenciar trincas, fissuras e rachaduras de acordo com o tamanho da abertura, conforme o exemplificado na tabela 1.

Figura 2: Definição dos tipos aberturas de acordo com o tamanho.

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

Fonte: Lopes e Da Nobrega adaptado de Oliveira (2012).

“As fissuras têm uma espessura de até 0,5 milímetros, apresentando aberturas finas e alongadas na sua superfície. Já as trincas têm uma espessura de 0,5 milímetros até 1,0 milímetros, na qual um certo objeto ou parte dele se parte, separado em partes. As rachaduras apresentam uma espessura que varia de 1,0 milímetros a 1,5 milímetros, sendo que a abertura ocasiona interferências indesejáveis. Antes do fechamento das rachaduras, deve-se analisar a possibilidade de fazer um reparo pelo fato de ter manifestação de diversos tipos de interferências.” (Silva et. Al, 2023, p.202)

As fissuras tidas como “passivas” (estabilizadas) não sofrem alteração ao longo do tempo e são de fácil controle, já as “ativas” são acometidas por variações de tamanhos ao longo do

tempo, o tratamento delas é mais complexo e, as mesmas podem evoluir para rachaduras se não tratadas. (LOPES E NOBREGA, 2021)

2.1.1 Causas de execução e diagnósticos

De acordo com Silva et. Al (2023), as manifestações patológicas podem ocorrer em diferentes etapas: de forma congênita, na concepção do projeto, má execução, falta de mão de obra qualificada e má utilização dos materiais. Ou durante a utilização da estrutura, devido à falta de manutenção.

Segundo Magalhães (2004), pode-se considerar projetos mal elaborados; materiais de baixa qualidade, ou usados erroneamente; ou falta de manutenção como grandes causadores do aparecimento de trincas, fissuras ou rachaduras. Em concordância, Thomaz (1989) diz que o surgimento de fissuras em elementos estruturais como vigas, pilares e paredes pode indicar problemas estruturais e, falhas na execução, falhas de cálculo e mau uso das edificações são agentes causadores dessas patologias (THOMAZ, 1989). A tabela a seguir mostra o percentual das possíveis causas de fissuras nas estruturas.

Figura 3: percentual de causas de patologias.

Etapa	Percentual
Projeto	40%
Execução	28%
Materiais	18%
Uso	10%
Planejamento	4%

Fonte: Helene, 1997, apud. Arivabene.

De acordo com Gonçalves (2015) devido à falta de manutenção, pequenas manifestações patológicas, que poderiam ser recuperadas a baixo custo, evoluem para situações de desempenho insatisfatório, resultando em ambientes insalubres, esteticamente desagradáveis, com possível insegurança estrutural e elevados custos de recuperação. O autor

reitera ainda que é imprescindível a realização de uma vistoria detalhada e planejada ao verificar que uma estrutura está acometida por patologias (GONÇALVEZ, 2015). A análise das patologias é um processo essencial para obtenção de uma determinação final e plano de intervenção. A vistoria no local para a identificação das patologias presentes é parte fundamental desse processo. Os autores Andrade e Silva (2005) afirmam que se o processo de vistoria e análise falhar, a correção não será eficiente e ainda agregará riscos de novas patologias.

Para Lichtenstein (1985), o responsável pela resolução do problema patológico deve exercer uma abordagem minuciosa para a realização do diagnóstico.

Levantar subsídios representa acumular e organizar as informações necessárias e suficiente para o entendimento completo dos fenômenos. As informações podem ser obtidas através de três Fontes básicas, quais sejam: a vistoria do local o, levantamento da história do problema e do edifício (anamnese do caso) e o resultado da análise iniciais complementares. (LICHTENSTEIN, 1985, p.5)

Segundo Ferreira (2020), a solução a ser empregada sujeita-se a patologia existente, sua causa e, a depender das mesmas, o problema não poderá ser sanado, apenas amenizado.

2.2 Formação de fissuras

O autor Thomaz (1989) abrange os seguintes fenômenos como causas das patologias:

- Movimentações provocadas por variações térmicas ou umidade;
- Atuação de sobrecarga ou concentração de tensões;
- Deformabilidade excessiva nas estruturas;
- Recalques diferenciados das fundações;
- Retração de produtos à base de ligantes hidráulicos;
- Alteração química dos materiais de construção.

Esses mecanismos de formação de fissuras serão discorridos de forma individual no decorrer do capítulo.

2.2.1 Fissuras causadas por variação térmica

Os componentes de uma edificação estão sujeitos a movimentação térmica que resultam em uma variação diária entre dilatação e contração. Esse movimento é restringido pelas ligações existentes nos componentes, desenvolvendo-se nos materiais, que gera um aumento de tensão resultante nas fissuras (THOMAZ, 1989). Segundo José Silva Lapa (2008):

“Sempre que as mudanças de volume nos elementos de concreto, causadas por gradientes de temperatura e umidade, provocarem tensões de tração superiores às tensões de tração admissíveis, poderá haver o aparecimento de fissuras de origem física. (LAPA, 2008, p. 41)

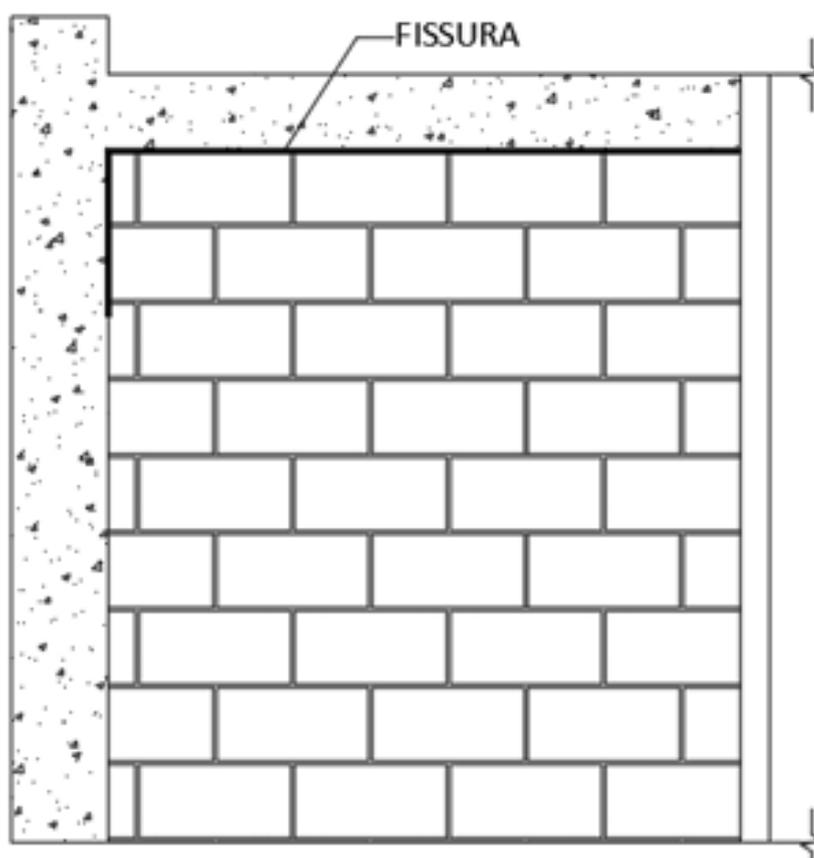
Além das variações de temperatura, também é importante considerar as movimentações diferenciadas, causadas quando há junção de dois componentes com coeficientes de dilatação térmica diferentes, como no caso das argamassas e alvenarias; a exposição a diferentes solicitações térmicas, como as paredes e laje de uma estrutura; ou ainda a gradientes de temperatura em um mesmo elemento, como a face exposta e a coberta de uma parede ou laje. Neste cenário, considera-se não somente a variação, bem como a amplitude com que ela ocorre. Alguns materiais podem sofrer rupturas devido a fadiga dos ciclos de variação (Thomaz, 1989).

Os materiais empregados na construção civil estão sujeitos a variação térmica e possuem um coeficiente de dilatação, indicador de quanto este material pode sofrer variações sem impacto a estrutura. Thomaz (1989) afirma que a maior fonte de calor no aspecto da construção civil é o próprio sol e, neste contexto é importante levar em consideração fatores como a intensidade da variação solar; a cor dos elementos, haja visto que elementos de cores mais escuras tendem a absorver maior quantidade de energia térmica em relação aos elementos de cores claras.

As trincas causadas por movimentação térmica normalmente ocorrem nos pilares e paredes quando não há juntas de dilatação, devido ao esforço gerado nas lajes e vigas (THOMAZ, 1989). Segundo a NBR 1618 (2014), as juntas de dilatação são qualquer interrupção no concreto destinada a reduzir tensões internas que possam obstruir qualquer tipo de movimentação da estrutura, especialmente devido à retração ou diminuição da temperatura. Elas são utilizadas para permitir uma individualidade dos elementos estruturais que atuam em conjunto (THOMAZ, 1989).

De acordo com Thomaz (1989), as paredes de uma estrutura têm sua movimentação restrita a extensão dos vãos, o que muitas vezes ocasiona fissuras. Outro fator a se considerar é que, por serem elementos mais leves, as paredes de vedação atuam como uma válvula de escape para as tensões geradas nas estruturas e, o resultado são fissuras geométricas, como mostra a figura a seguir:

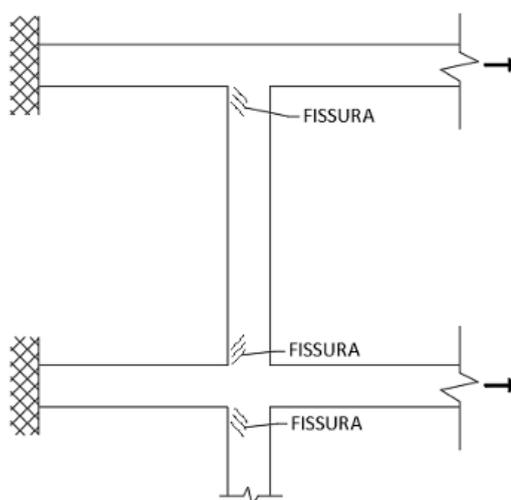
Figura 4: Formação típica de uma fissura causada por solicitação térmica devido ao diferencial entre a alvenaria e estrutura.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

Ainda que não seja comum, as movimentações térmicas podem causar patologias nos pilares da edificação, devido ao tipo de ligação viga-pilar, as vigas podem transferir os esforços de cisalhamento e tração aos pilares, gerando fissuras com inclinação nas extremidades. Essas fissuras podem indicar problemas estruturais e se faz necessário uma avaliação (THOMAZ, 1989). A figura a seguir exemplifica esse modelo de fissuração:

Figura 5: Fissura causada em pilares devido as tensões geradas nas vigas de concreto armado.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

2.2.2 Fissuras causadas por variação higroscópica

Consoante ao autor Thomaz (1989), a movimentação higroscópica ocorre quando um material poroso absorve umidade, gerando uma expansão no seu volume, e quando o teor da umidade diminui, gerando uma contração. As trincas causadas por este tipo de movimentação são semelhantes as causadas por movimentação térmica.

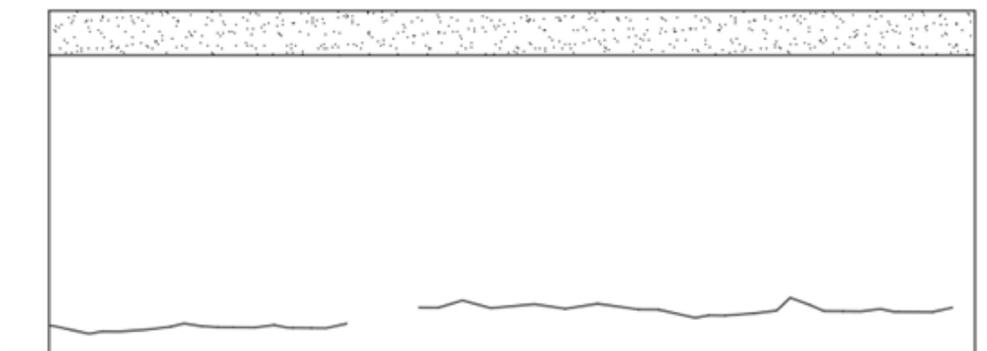
Veiga (1998) aborda que a umidade entra nos materiais devido a seus poros, sendo oriunda do ar, solos, de falhas estruturais e devido a problemas nas instalações hidrossanitárias durante o uso da edificação e, sua saída se dá por motivos como a evaporação natural, alta absorção de um substrato alta temperatura ou ventos.

“Se uma parte da alvenaria umedece bastante (caso comum quando a água dos alicerces sobe por capilaridade, ou quando há uma fissura ou falha no revestimento) os tijolos incham e o trecho úmido se dilata provocando as trincas no limite com a área seca. (VERÇOZA, 1991, p.48)”

Segundo Thomaz (1989), quando a viga baldrame e as primeiras fiadas de tijolo não recebem a devida impermeabilização, a alvenaria recebe umidade advindas do solo e, devido ao gradiente de umidade na parede, as fiadas inferiores se movimentam de forma diferente se comparadas as fiadas superiores. Essa movimentação causa trincas horizontais na base da parede (exemplo na figura 6) que, normalmente, são acompanhadas por eflorescência

(THOMAZ, 1989). Segundo Lapa (2008) a eflorescência ocorre quando águas puras, com poucos ou nenhum íon de cálcio, entram em contacto com a pasta de cimento Portland; elas podem hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio.

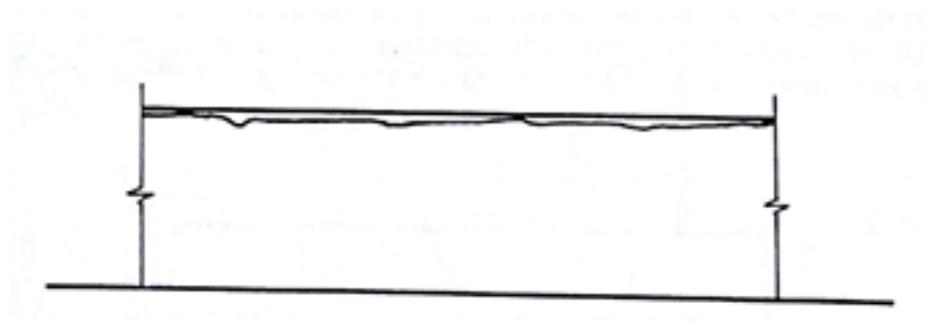
Figura 6: Fissura na base da alvenaria causada por movimentação higroscópica diferencial.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

O processo de umedecimento e secagem das argamassas com problemas de impermeabilização, associadas a movimentação térmica, provocam microfissuras na superfície do reboco que aumentam gradativamente a penetração das águas (THOMAZ, 1989). Outro tipo muito comum de fissuração devido a movimentação de umidade é a fendilhação causada no topo de paredes que não são protegidas com rufos. Isso faz com que a argamassa absorva a água da chuva e a movimentação da parte superior da parede se diferencia da movimentação da parte inferior (THOMAZ 1989), como mostra a figura 7 a seguir:

Figura 7: fissura na parte superior da parede causada por movimentação higroscópica.



Fonte: Thomaz (1989).

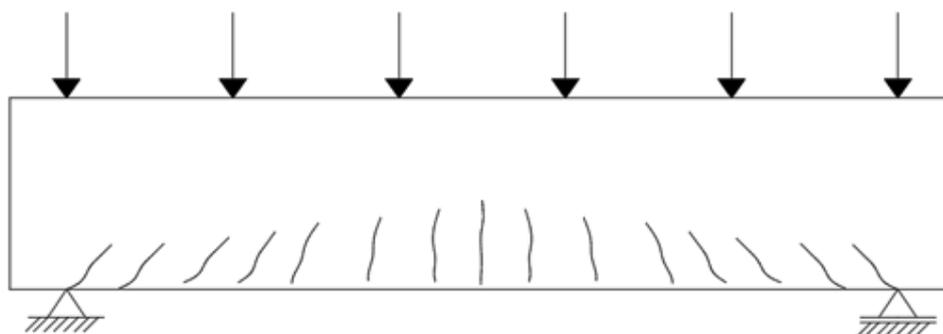
2.2.3 Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas

Segundo a NBR 6118 (2014), a atuação do concreto em relação a resistência a compressão em conjunto com a resistência do aço a tração é o que justifica a utilização de estruturas de concreto armado e, o bom desempenho da edificação, depende do trabalho em conjunto desses materiais. Almeida (2002) diz que esta unidade só é possível pelo fato de os dois materiais oferecerem aderência mútua e possuírem coeficiente de dilatação muito aproximado.

Silva e Resende (2022) destacam que as fissuras causadas por sobrecarga podem ser geradas devido a esforços de flexão, tração ou cisalhamento. De acordo com Almeida (2002), é quase impossível evitar fissuração causadas por flexão, devido a resistência da armadura ser superior a resistência do concreto (quase nula) a essa solicitação. Na parte superior, as armaduras resistem aos esforços de tração enquanto, na parte superior, o concreto resiste aos esforços de compressão (ALMEIDA, 2002). Thomaz (1989) aborda que vigas com pouca armadura podem desenvolver fissuras de tração, enquanto vigas com armadura de cisalhamento inadequada podem apresentar fissuras inclinadas e, vigas excessivamente armadas ou construídas com concreto de baixa qualidade, tendem a apresentar fissuras na zona comprimida.

Em vigas subarmadas, os esforços de tração ocasionam fissuração perpendicular à trajetória da solicitação. São praticamente verticais e apresentam maior abertura na face inferior da viga, onde as fibras estão sendo mais tracionadas, como mostra a figura 8:

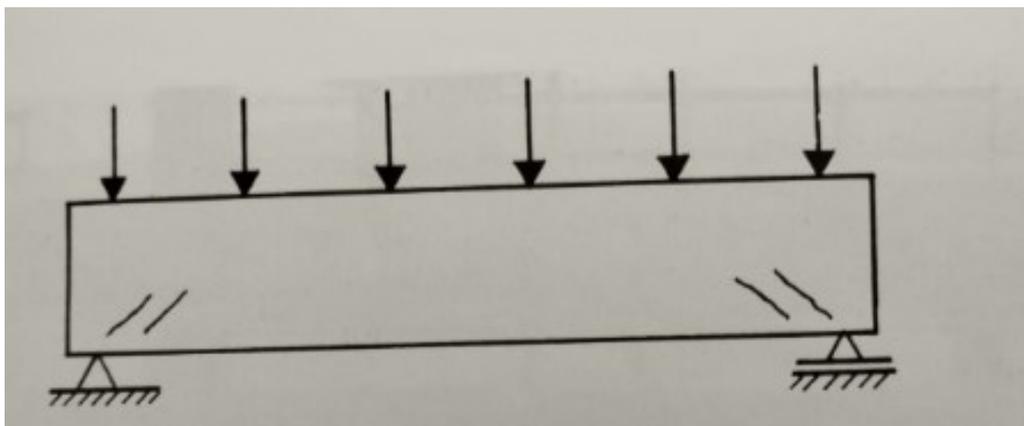
Figura 8: Representação de fissura típica em vigas subarmadas solicitada à flexão.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

Em vigas armadas de cisalhamento insuficientes, ou mal apoiadas, podem surgir fissuras inclinadas próximas ao apoio (THOMAZ,1989)

Figura 9: Fissura de cisalhamento em viga solicitada a flexão.

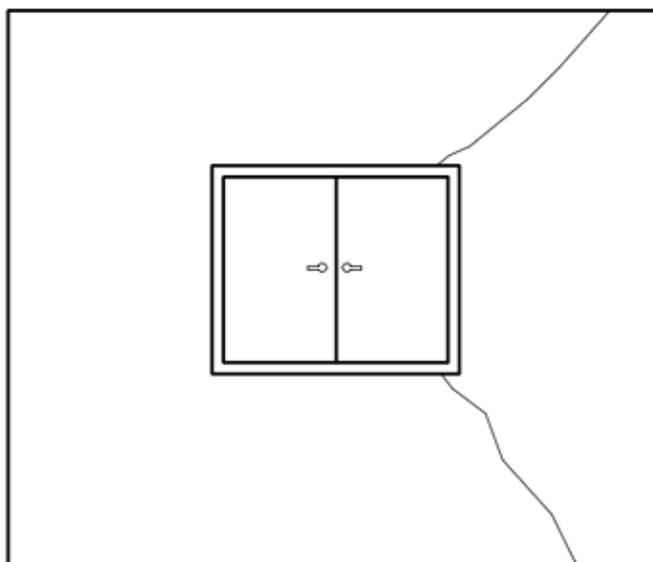


Fonte: Thomaz (1989)

2.2.4 Fissuras causadas por concentração de tensões

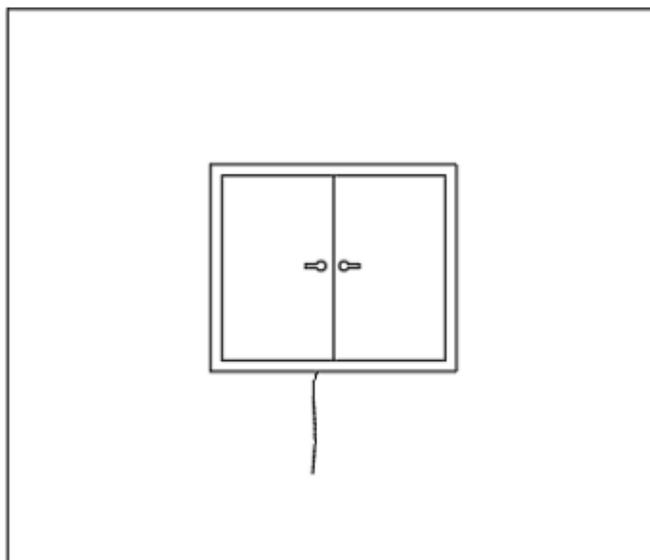
De modo geral, em parede sem abertura de vãos, os esforços de peso próprio, variação de temperatura, incidência de vento e outros, se distribuem de forma uniforme pela estrutura. Contudo, quando há abertura de um vão, como para instalação de esquadrias, esses esforços se redistribuem de forma a se concentrar nas quinas e no centro dessas aberturas (THOMAZ, 1989). Thomaz (1989) discorre que, resultante a isso, pode ocorrer fissuração com o ângulo de 45° nos cantos das esquadrias e no centro dos vãos com direção vertical.

Figura 10: Fissura com inclinação de 45° concentrada nos cantos das esquadrias em verga e contra-verga.



Fonte: Ferreira (2020)

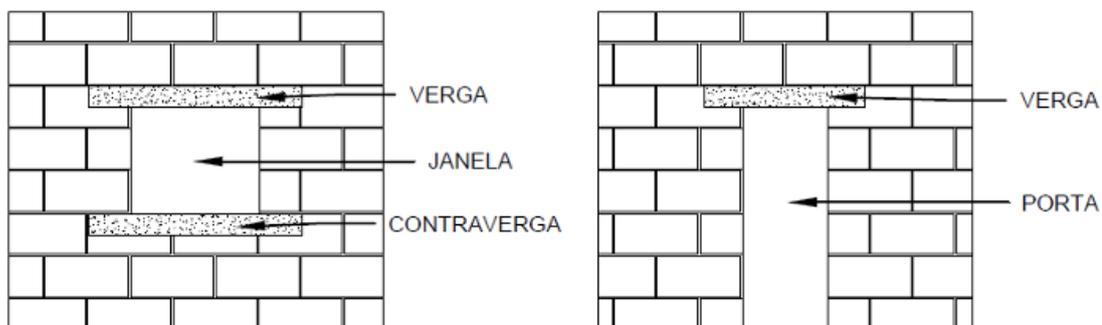
Figura 11: Exemplo de fissura com direção vertical no centro de abertura para esquadria.



Fonte: Ferreira (2020).

As vergas são elementos de reforço localizado na parte superior do vão e, as contravergas, possuem a mesma característica, mas se localizam na parte inferior da abertura. As aberturas de portas possuem apenas verga, já as aberturas para janelas devem possuir os dois. A utilização de vergas e contravergas tem como objetivo impedir esse fenômeno com o reforço para os vãos (FERREIRA, 2020, apud. TÉCHNE, 2007).

Figura 12: Utilização de verga e contraverga nos vãos de esquadrias para impedir fissuração.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Téchne (2007).

2.2.5 Fissuras causadas por deformabilidade excessivas nas estruturas.

Vigas e lajes sofrem deformação diária sob a atuação do peso próprio, das cargas permanentes e acidentais e, mesmo sob o efeito da movimentação lento do concreto. Esses componentes estruturais podem admitir flechas que não interferem esteticamente, nem funcionalmente (THOMAZ, 1989). Contudo, a NBR 6118, norma regulamentadora de projetos e execução em estruturas de concreto armado, estipula a necessidade de se levar em conta casos de deformação excessiva durante o cálculo do projeto estrutural. A formação da fissura nos processos de fissuração por deformação excessiva se dá quando a deformação é maior que aquela prevista em projeto.

Associado a sollicitação excessiva, deve ser considerado a deformação lenta do concreto. Casotti (2007) aborda que:

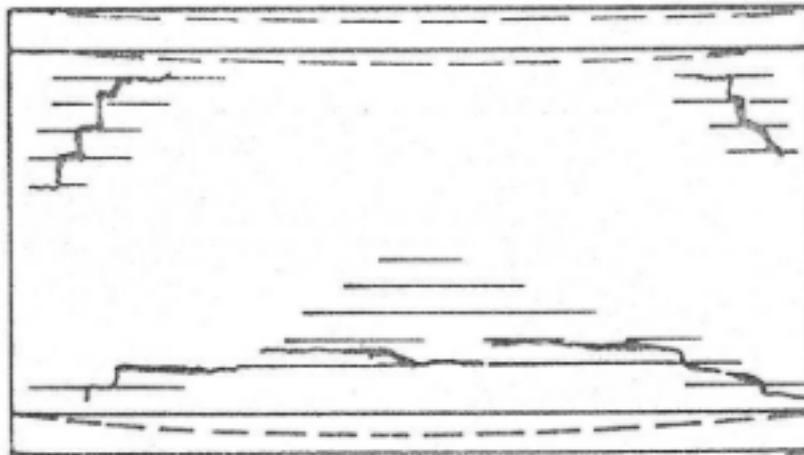
“A variação da flecha ao longo do tempo está associada à retração e à deformação lenta do concreto. O mecanismo de deformação lenta é bastante complexo: nele intervêm, por exemplo, as deformações variadas entre a pasta de cimento e os agregados, a intensidade e a natureza das cargas aplicadas, a presença ou não de armadura na zona comprimida das peças, as condições de umidade a que estarão sujeitas as peças, a retração do concreto em função da relação água/cimento empregada e as condições de cura, etc.” (CASOTTI, 2007, p.37)

Os componentes mais suscetíveis a receber à flexão das lajes e vigas, são as alvenarias. O autor Ércio Thomaz (1989) aborda três configurações típicas para as fissuras causadas por deformação excessiva quando não há abertura para esquadrias, a saber:

- a) Quando os componentes de apoio se deformam mais que os componentes superiores.

“Surgem fissuras inclinadas nos cantos superiores da parede, oriundas do carregamento não uniforme da viga superior sobre o painel de alvenaria, já que existe a tendência de ocorrer maior carregamento junto aos cantos das paredes. Na parte inferior do painel normalmente surge uma fissura horizontal, quando o comprimento da parede é superior à sua altura aparece o efeito de arco e a fissura horizontal desvia-se em direção aos vértices inferiores do painel. Para alvenarias com boa resistência a tração e ao cisalhamento, o painel pode permanecer apoiado nas extremidades da viga, resultando em uma fresta entre a base da alvenaria e a viga suporte.” (CASOTTI, 2007, p. 38)

Figura 13: Fissuração por deformação excessiva quando o componente inferior sofre maior distorção em relação ao componente superior.

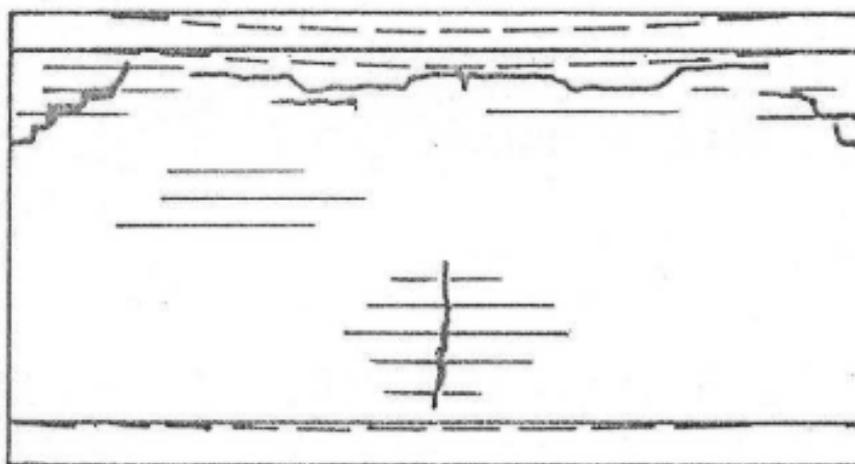


Fonte: Thomaz (1989).

- b) Quando o componente de apoio se deforma menos que o componente superior:

Nesta configuração, a parede se comporta como uma viga e a fissuração se torna semelhante as que surgem em vigas de concreto armado quando estão suscetíveis a flexão (CASOTTI, 2007).

Figura 14: Fissuração por deformação excessiva quando o componente superior se deforma mais, em relação ao inferior.

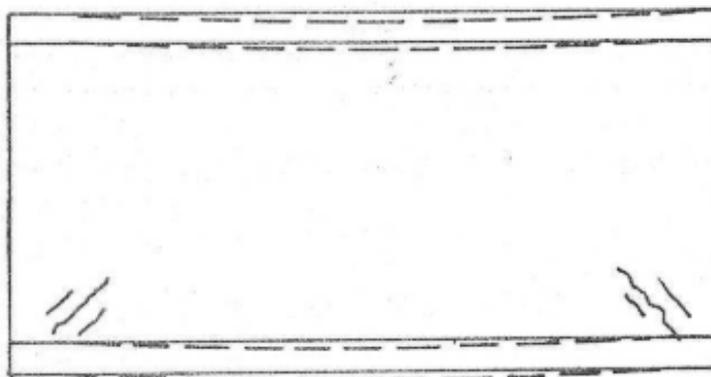


Fonte: Thomaz (1989).

c) Quando os componentes apresentam deformações semelhantes:

Neste caso, as paredes são submetidas a tensões de cisalhamento, onde a fissuração se inicia na parte inferior e se propaga a um ângulo de aproximadamente 45° (CASOTTI, 2007)

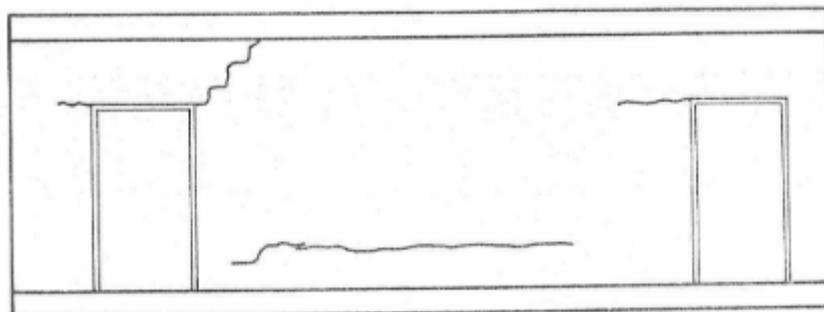
Figura 15: Fissuração na base da parede causada por deformação excessiva semelhante nos componentes superior e inferior.



Fonte: Thomaz (1989).

Nos casos onde há abertura de vãos para portas e janelas nas alvenarias de vedação, a configuração das fissuras pode assumir formas diferentes a depender da extensão da parede, intensidade de deformação, da posição e tamanho dessas aberturas (CASOTTI, 2007), como mostra a figura 16 a seguir:

Figura 16: Fissuração por deformação excessiva em paredes com aberturas para esquadrias.



Fonte: Thomaz (1989).

2.2.6 Fissuras causadas por recalques diferenciados na fundação.

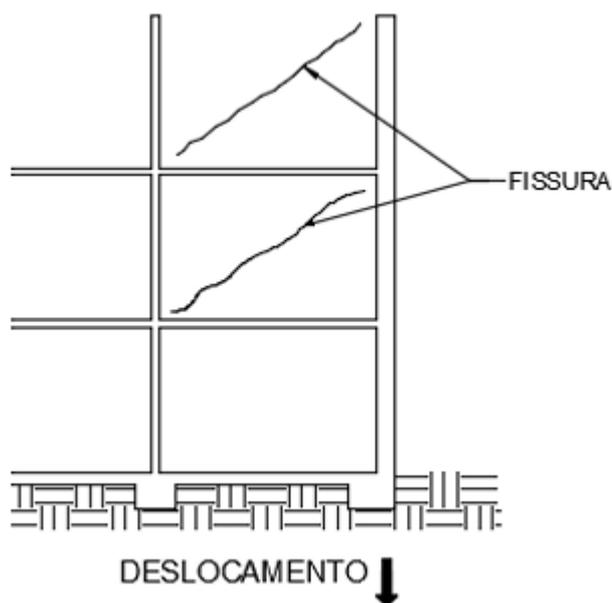
A resistência das fundações pode ser corrompida por diversos fatores, como afirma Téchne (2007), o adensamento do solo, o rebaixo do lençol freático, vibração do solo em função do trânsito ou construções vizinhas e solicitação de sobrecarga nos bulbos de tensões geradas por edificações próximas se destacam entre fenômenos causadores de recalques nos solos e, isso se dá, principalmente, pela falta de conhecimento sobre o local onde se está construindo.

Thomaz (1989) afirma que, em maior ou menor grau, todos os solos tendem a se deformar sob o efeito de cargas e, se esta deformação ocorre ao longo das fundações de uma construção, será gerada tensões no local que poderão acarretar na aparição de trincas. Velloso e Lopes (2004) apontam que os recalques são um deslocamento vertical, de cima para baixo, em relação ao nível do terreno, ou a outro referencial e, caso esse deslocamento ocorra em partes de uma fundação, ou com maior intensidade em um local, se denomina como deslocamento diferencial. Duarte, Barbosa e Farias (2021) consolidam que são características das fissuras caudas por este fenômeno a inclinação em um ângulo de aproximadamente 45° graus de forma que, ao percorrer uma reta perpendicular a fissura, esta reta apontará para a fundação recalada.

“As fissuras decorrentes de recalque em fundações impactam com maior regularidade o pavimento térreo da edificação e quando ocorrem de forma excessiva, as tensões resultantes de cisalhamento podem provocar esmagamentos localizados e em forma de escamas. (DUARTE et. Al, 2021, p. 66)”

Neste caso, as fissuras ocorrerão de forma diretamente proporcional a intensidade do recalque e, sendo uma estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, os esforços adicionais causados por esta solicitação serão transmitidos aos pilares e redistribuídos pelas vigas (THOMAZ, 1989). Contudo, por serem menos resistentes, o surgimento das trincas se dará nas alvenarias de vedação que funcionaram como um escape para as tensões (MILITITSKY, CONSOLI e SCHENAID, 2015).

Figura 17: Fissura em alvenaria de vedação causada por deslocamento diferencial.



Fonte: Ferreira (2020), adaptada de Milititsky, Consoli e Schenaid (2015).

2.2.7 Fissuras causadas por retração

A fissuração por retração em estruturas de concreto é um fenômeno comum que ocorre devido à redução de volume do concreto durante seu processo de cura e endurecimento. Esse tipo de fissuração pode comprometer a integridade e durabilidade da estrutura se não for adequadamente controlado. Thomaz (1989) afirma que argamassas e concretos são preparados com uma porção maior de água em função da trabalhabilidade e, esse fator favorece os fenômenos de retração.

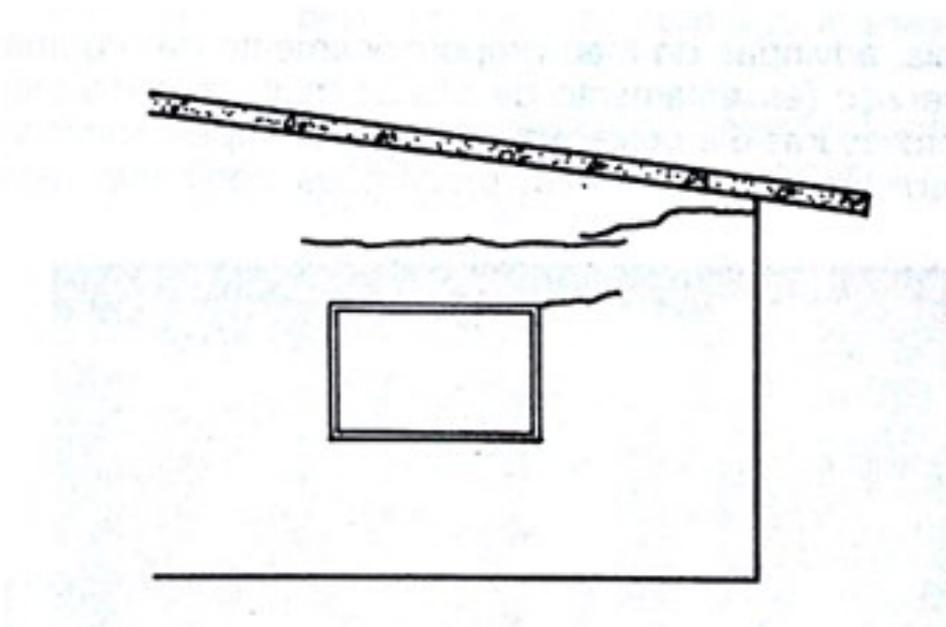
É importante a diferenciação dos três tipos de fissuração por retração hidráulica: a retração química que ocorre quando há redução no volume durante a reação química entre o cimento e a água; a retração de secagem que ocorre quando o excesso de água que foi usado na preparação da massa permanece em seu interior e evapora gradativamente; e a retração por carbonatação que é causada por uma reação química entre a liberação da cal hidratada com o gás carbono presente na atmosfera formando o carbonato de cálcio acompanhado de uma redução de volume do concreto (THOMAZ, 1989).

Segundo Tanesi (1999) apud Nunes e Figueiredo (2007) as fissuras por retração plástica podem ser:

- Mapeadas;
- Acompanhando a armadura ou outra inclusão no concreto;
- Acompanhando mudanças de seção;
- Diagonais, formando um ângulo de 45° em relação à borda da laje ou pavimento, com espaçamento de 0,3 m a 1,0 m.

Nas lajes, a retração pode provocar compressão nos pisos, compressão nos forros quando vinculados as paredes, contudo o efeito mais nocivo é a fissuração das paredes de apoio (THOMAZ, 1989).

Figura 18: Fissuração na parede externa devido a retração da laje.



Fonte: Thomaz (1989).

2.2.8 Fissuras causadas por alteração química dos materiais.

Os materiais da construção civil podem sofrer degradação devido as substâncias químicas, os ácidos e alguns álcoois são grandes causadores dessa deterioração (THOMAZ, 1898). As fissurações causadas por reações químicas em concreto são um tipo de patologia que pode comprometer significativamente a integridade e durabilidade das estruturas.

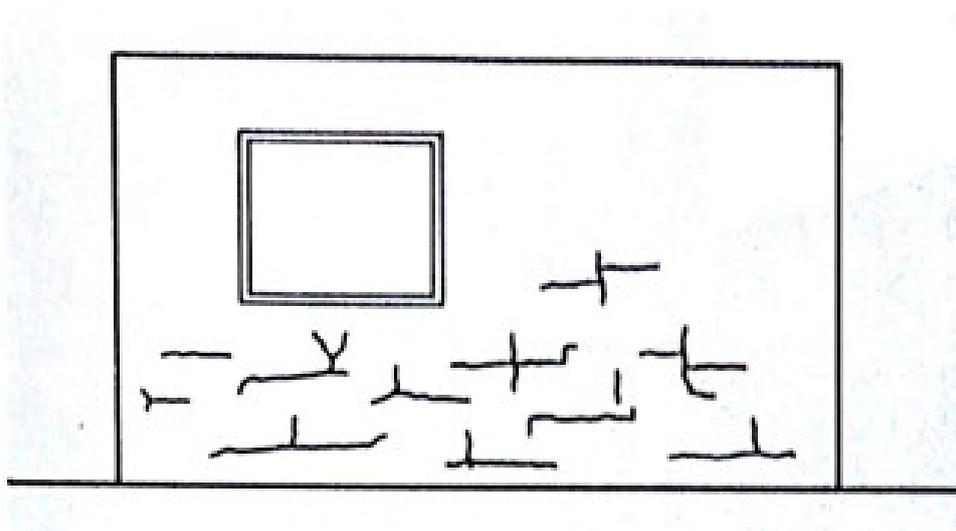
2.2.8.1 Ataques por sulfato

Nos ataques por sulfato é necessária a presença de cimento, água e sulfatos solúveis (THOMAZ,1989). Os sulfatos podem ter acesso as estruturas de concreto através dos materiais empregados nessas estruturas, do contato do próprio concreto com o solo ou águas contaminadas (LAPA, 2008).

“A presença de sulfatos solúveis, principalmente aqueles de sódio, cálcio e magnésio, é comum em áreas de operação de minas e indústrias químicas. Sódio e cálcio são os sulfatos mais comuns nos solos, águas e processos industriais. Sulfatos de magnésio são mais raros, porém mais destrutivos. Todos os sulfatos são potencialmente danosos ao concreto, reagindo com a pasta de cimento hidratado” (LAPA, 2008, p. 16).

Nas alvenarias revestidas as trincas por ataque de sulfato apareceram de forma a acompanhar as juntas de assentamento vertical e horizontalmente, terão aberturas mais acentuadas e quase sempre serão acompanhadas por eflorescências (THOMAZ, 1989).

Figura 19: Fissuração por ataque de sulfato.



Fonte: Thomaz (1989).

2.2.8.2 Ataques por RAA

No caso das fissuras causadas pela reação álcali-agregado (RAA), a deterioração é causada pela reação entre álcalis como sódio (NaCl) e potássio (K₂O) e é mais comum em obras comumente expostas a umidade (FERREIRA, 2020). Lapa (2008) aborda que:

“O concreto sob reação álcali- agregado exibe em sua superfície um mapa de fissuras, que permite a entrada de mais umidade, acelerando ainda mais a reação. Esta reação pode passar despercebida durante um período, possivelmente anos, antes que possa estar evidenciada.” (LAPA, 2008, p. 16)

Ferreira (2020) afirma que, apesar do RAA geralmente não causar o colapso das estruturas, não o tratar pode ser fator permissivo para a ação de outras deteriorações.

2.2.8.3 Ataques por corrosão das armaduras

Já a fissuração por corrosão das armaduras está relacionada ao seu contato com a água que, por fatores como cobrimento insuficiente ou mal adensamento no concreto, pode ser agravado (THOMAZ, 1989). O cobrimento das armaduras é determinado pela NBR 6118 de acordo com sua classe de agressividade ambiental descrita na figura abaixo:

Figura 20: Determinação do cobrimento de acordo com a agressividade ambiental.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

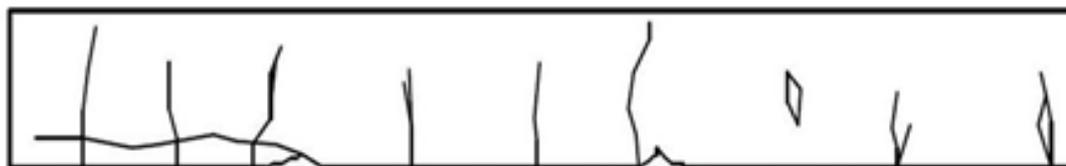
^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118.

A corrosão é causada por uma reação eletroquímica proveniente da umidade que pode ser agravada dependendo do ambiente, como em construções próximas ao mar (THOMAZ, 1989). Thomaz (1989) aborda que essa reação produz óxido de ferro que, por muitas vezes, tem seu volume maior do que o próprio aço causando a fissuração e o lascamento do concreto próximo a armadura.

Figura 21: Viga fissurada por corrosão das armaduras.



Fonte: Carvalho (2004)

2.3 Métodos de identificação e diagnóstico das patologias.

A etapa de identificação e diagnóstico das patologias de uma edificação é de suma importância para prescrição de uma correção eficaz, Thomaz (1989) afirma que, assim como um médico não pode diagnosticar um paciente sem conhecer as condições com as quais viveu e cresceu, um engenheiro ou arquiteto não pode determinar as causas de uma patologia sem conhecer o objeto com que se trabalha.

De acordo com Sahade (2005) uma boa estratégia de correção das fissuras depende essencialmente do que as causou. Assim que fora determinada a causa do aparecimento das fissuras, deve se determinar a melhor técnica ou sistema de recuperação (SAHADE, 2005).

Contudo, Thomaz (1989) destaca sobre a dificuldade de identificar as causas, pois uma única fissura pode ser causada por mais de um fenômeno, bem como um fenômeno pode causar fissuras de diferentes configurações.

Assim, segundo Sahade (2005), a forma adequada de iniciar um processo de intervenção é com um estudo detalhado sobre o projeto, método construtivo e característica das fissuras, a fim de ter um subsídio sólido para determinar as causas da manifestação.

Para Lichtenstein (1985), existem três etapas cruciais para determinar o processo de reparo das fissuras:

- Levantamento de Informações: O primeiro passo é coletar todas as informações necessárias para compreender as manifestações patológicas e suas causas. Isso inclui a análise de documentos, históricos de manutenção, e observações in situ.
- Investigação do Problema: Em seguida, é crucial entender detalhadamente as manifestações patológicas. Isso envolve identificar e relacionar as possíveis causas e seus efeitos sobre a estrutura.
- Determinação do Procedimento: Por fim, determina-se as soluções adequadas para tratar as patologias identificadas.

2.3.1 Levantamento de informações

A NBR 5674 (2012) que regulamenta manutenções em edificações destaca o levantamento de dados e como um dos primeiros passos a serem realizados em uma estratégia de manutenção. Para Sahade (2005) as técnicas de reparo estão diretamente ligadas com as características das patologias.

“A visão de conjunto passa obrigatoriamente pela compreensão e entendimento das causas geradoras das fissuras (movimentações térmicas, higroscópicas, estruturais, da qualidade dos materiais envolvidos, qualidade do substrato, da mão-de-obra, histórico de execução, etc.), pela escolha do modo de recuperação (substituição, reforço ou recuperação), pelo planejamento de aplicação (função das condições de operação, da disponibilidade de equipamentos e materiais e da qualidade da mão-de-obra) e do acabamento final esperado. (SAHADE, 2005, p.36)”

Ainda segundo Sahade (2005), em alguns casos se faz necessário o uso de equipamentos para a detecção de armaduras, teor de umidade, dentre outros fatores. No que diz respeito ao levantamento de dados, Thomaz (1989) ressalta a importância da presença de um técnico e aponta informações que não podem passar batido na investigação. São elas:

1. Características da fissura:

- Incidência: Frequência e padrões de ocorrência das fissuras.
- Configuração: Forma e direção das fissuras.
- Comprimento, Profundidade e Abertura: Medidas detalhadas das dimensões das fissuras.

- Localização: Posição específica das fissuras na estrutura.
2. Contexto da trinca:
 - Idade aproximada: Estimativa da idade da trinca e da época de construção do edifício.
 - Histórico de manifestações similares: Existência de patologias semelhantes em componentes adjacentes, outros pavimentos ou edifícios vizinhos.
 3. Dinâmica da fissura:
 - Variação na abertura: Observação de mudanças na largura da fissura ao longo do tempo.
 - Histórico de Reparos: Verificação de intervenções anteriores na patologia.
 4. Impacto ambiental e estrutural:
 - Modificações na Vizinhança: Alterações significativas na área ao redor que possam ter influenciado a estrutura analisada.
 - Presença de Infraestruturas Próximas: Tubulações ou eletrodutos embutidos nas proximidades das fissuras.

Por fim, Lichtenstein (1985) ressalta a importância de copilar esses dados em uma linha do tempo até o aparecimento das fissuras.

2.3.2 Investigação do problema.

Lichtenstein (1985) afirma que, após o levantamento de dados, o próximo passo é relacionar as possíveis causas da fissuração e efeitos com base em suas características. Para Thomaz (1989), uma boa estratégia é elencar todos os tipos de causas e ir eliminando-as conforme for identificado que não são compatíveis com os dados levantado. Contudo, a precipitação nestes casos leva ao diagnóstico errado e, conseqüentemente, uma manobra de recuperação ineficiente (THOMAZ, 1989).

Em casos em que apenas a investigação não é capaz de obter um resultado preciso, se faz necessário a utilização de estratégias mais trabalhosas como o recalculo do projeto, repetir

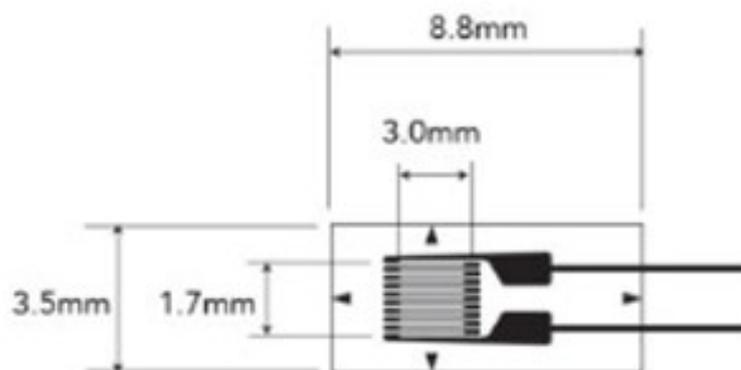
o processo de sondagem ou a utilização de outras técnicas e instrumentos (THOMAZ, 1989). Dentre os equipamentos diversos, podemos encontrar o fissurômetro, que é uma espécie de régua utilizada para medir a abertura das fissuras marcada em milímetro de 0,5 mm a 1,5mm, até os extensômetro, equipamento que mede as fissuras de forma linear e permite a elaboração de medidas mais sofisticadas.

Figura 22: Modelo de fissurômetro.



Fonte: Ferreira (2020)

Figura 23: Modelo de extensômetro comercial.



Fonte: Ferreira (2020).

Para Lichtenstein (1985) é importante considerar não somente a situação atual da edificação, mas a história da construção como um todo.

2.3.3 Determinação do procedimento.

Antes de definir o processo de intervenção é importante copilar os dados obtidos através dos processos de levantamento e investigação com o intuito de provisionar se haverá o ressurgimento da patologia em questão, esse copilado se chama prognóstico (LICHTENSTEIN, 1985). Unindo todas as informações que se obteve nos processos descritos anteriormente, é preciso formar uma estratégia de recuperação.

Sahade (2005) levanta três alternativas como formas de reparação: substituição, reforço ou recuperação. Neste trabalho, o foco será voltado para a recuperação das estruturas fissuradas.

Ferreira (2020) ressalta que o plano de recuperação deve levar em consideração fatores como a mão de obra qualificada e condições de trabalho. Além disso, segundo o mesmo autor, essa estratégia deve interferir minimamente na arquitetura da edificação buscando manter o mesmo acabamento que havia antes da fissuração. Quanto maior proximidade houver entre a medida preventiva e a solução de recuperação aplicada, maior será a eficiência do reparo (THOMAZ, 1989).

2.4 Recuperação em elementos fissurados em alvenaria de vedação.

A recuperação de fissuras em alvenaria de vedação é um processo fundamental para manter a integridade estrutural, estética e funcionalidade das edificações. Sahade (2005) afirma que, por convenção, o primeiro passo é a abertura de sulcos retangulares com larguras que variam de 20mm a 5cm e profundidades que podem ir de 5 a 10mm, centralizados ao longo da fissura, com o objetivo embutir o sistema de recuperação no substrato e torna-lo imperceptível na pintura ou revestimento.

Figura 24: Representa sulco aberto ao longo da fissura com 5cm de largura e 5mm de profundidade.



Fonte: Sahade (2005).

Contudo, existem casos em que a base do substrato está enfraquecida e se deteriora durante o processo de abertura do sulco, o que torna necessário a elaboração de uma camada de regularização (SAHADE, 2005). Segundo Sahade (2005), a camada de regularização, normalmente produzida com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 ou 1:4, possui a função de regular a base, a fim de que a superfície possa aderir a camada seguinte. Na figura 25 a seguir ilustra o exemplo de uma base com substrato deteriorado:

Figura 25: Base irregular e composta por substratos diferentes.



Fonte: Sahade (2005)

Após a camada de regularização, Sahade (2005) recomenda o uso de uma camada de dessolidarização que tem o intuito de impedir a ligação entre a camada de regularização e de recuperação, fazendo com que as tensões não se concentrem na região fissurada. A camada se faz necessária, principalmente, em casos em que as fissuras passam para os revestimentos (THOMAZ, 1989). Segundo Sahade (2005), a camada de dessolidarização pode ser feita com o auxílio de tela de poliéster, esparadrapo, fita crepe, gaze ou fita de polipropileno, como ilustrado na figura 26:

Figura 26: Camada de dessolidarização com fita de polipropileno sob a camada de argamassa.



Fonte: Sahade (2005).

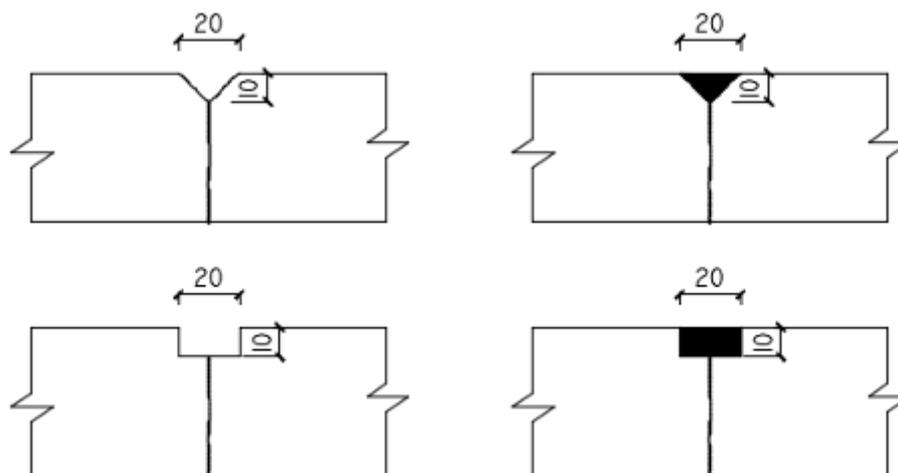
Por fim, Lordsleem Junior (1997) prescreve a execução da camada de acabamento que tem o intuito de esconder o trabalho feito para a recuperação da fissura. Além disso o acabamento servirá como camada protetora para as camadas de regularização e recuperação feitas anteriormente (FERREIRA, 2020).

2.5 Recuperação de fissuras ativas na alvenaria.

Para os processos de recuperação de fissuras ativas na alvenaria, pode-se empregar o próprio sistema de pintura, utilizando uma tela fina de polipropileno ou náilon, com uma largura de aproximadamente 10 cm, na pintura e aplicando sobre ela de 6 a 8 demãos de tinta elástica a base acrílica (THOMAZ, 1989).

Contudo, Thomaz (1989) alerta que esse não é o processo mais eficaz e, sempre que possível, esse tipo de fissura deve ser tratado com a aplicação de selantes flexíveis (poliuretano, silicone, etc.), abrindo sulcos de forma similar ao citado anteriormente, em formado de “V” para fissuras com pouca movimentação e retangulares para fissuras com maior índice de movimentações.

Figura 27: Recuperação de fissuras ativas com a abertura de sulcos e preenchimento com selantes flexíveis.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

Destaca-se a importância de que o selante seja tixotrópico e não apresente retração devido a evaporação (THOMAZ, 1989). O Autor Costa (2006) define:

“Tixotropia pode ser definida como a capacidade de um gel se liquefazer ao receber calor ou força mecânica e, ao cessar a solicitação, o gel liquefeito retorna ao seu estado original (COSTA, 2006, apud, FERREIRA, 2020, p.41)”

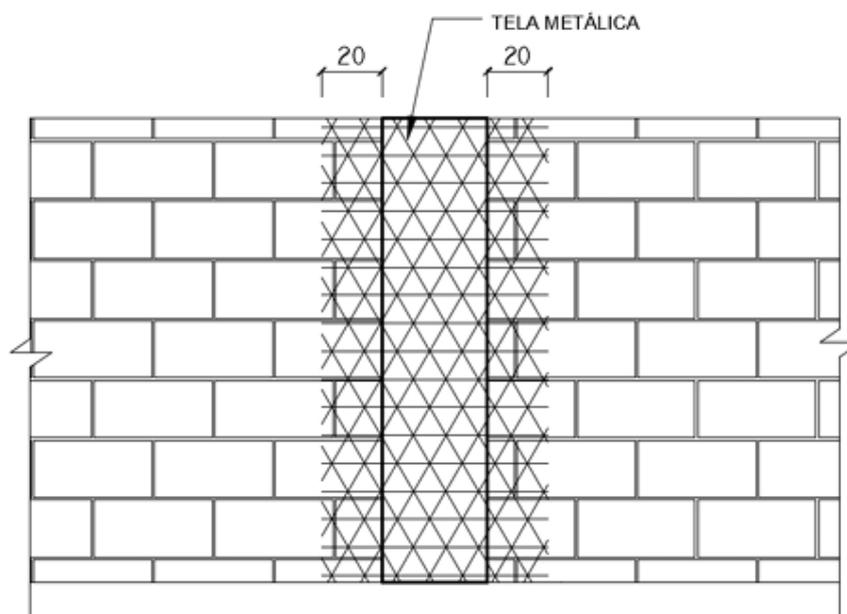
Thomaz (1989), reitera que em casos de movimentação intensa da fissura, deve ser adicionada uma membrana de separação no sulco aberto e limpo.

2.6 Recuperação de elementos de alvenaria fissurados no encontro com elementos estruturais.

As fissuras em obras de concreto armado tendem a se manifestar com maior frequência nas alvenarias, visto que, em comparação com o esqueleto da estrutura, são elementos mais frágeis, sendo assim, há uma maior incidência de obras de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação (FERREIRA, 2020).

Em casos em que há a fissuração no encontro de alvenaria/pilar, uma solução a ser adotada é o uso de telas metálicas leves na argamassa de assentamento (THOMAZ, 1989). Este processo consiste em remover o revestimento e a argamassa, fazer uma nova argamassa e assentar a tela esticada de forma que sobrem cerca de 20 cm para cada lado do pilar (THOMAZ, 1998).

Figura 28: Tela metálica assentada no encontro entre o pilar e a alvenaria.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

Após a fixação da tela com o auxílio de pregos ou grampos metálicos, executa-se o processo de chapisco do pilar e alvenaria abertos e, utiliza-se argamassas com baixo módulo de elasticidade, como o traço 1:2:9 (THOMAZ, 1989). O uso da tela tem como intuito travar o sistema, absorvendo os esforços e bloqueando a movimentação (THOMAZ, 1989).

2.7 Recuperação de elementos fissurados devido ao enfraquecimento da alvenaria.

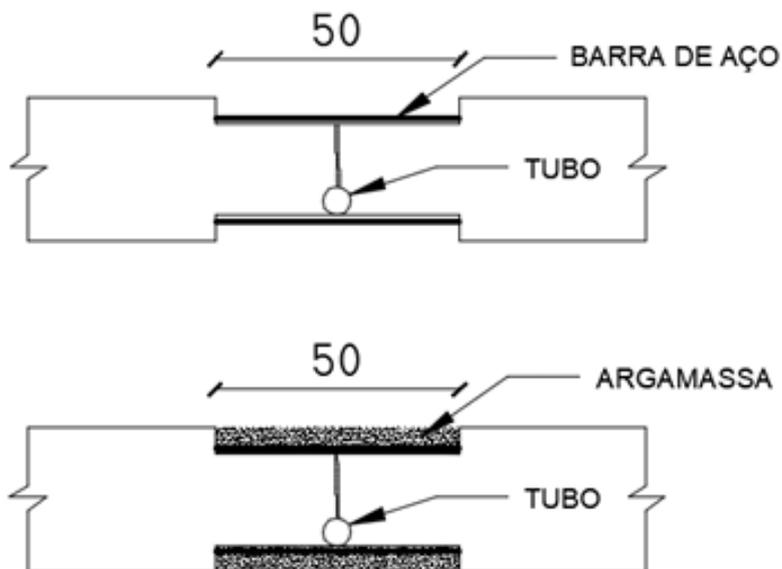
Segundo Thomaz (1989), fissuras que surgem devido ao enfraquecimento localizado das alvenarias de vedação, causado pela presença de tubulações ou eletrodutos, podem ser corrigidas superficialmente. Para isso, é necessário inserir uma bandagem ou tela de náilon no revestimento, seguida da aplicação de tinta elástica com base acrílica.

Para restaurar o comportamento monolítico da alvenaria, Thomaz (1989) propõe duas alternativas: a inserção de telas metálicas ou a introdução de armaduras no trecho afetado. No primeiro método, o procedimento é semelhante ao uso de bandagem de náilon, mas com um transpasse de aproximadamente 15 cm.

Na segunda alternativa, é necessário remover a argamassa de assentamento da alvenaria até uma profundidade de 15 mm e fixar barras de aço de 4,2 ou 5,0 mm de diâmetro de ambos os lados da parede, utilizando uma argamassa com traço 1:1:6 e baixo teor de água (THOMAZ,

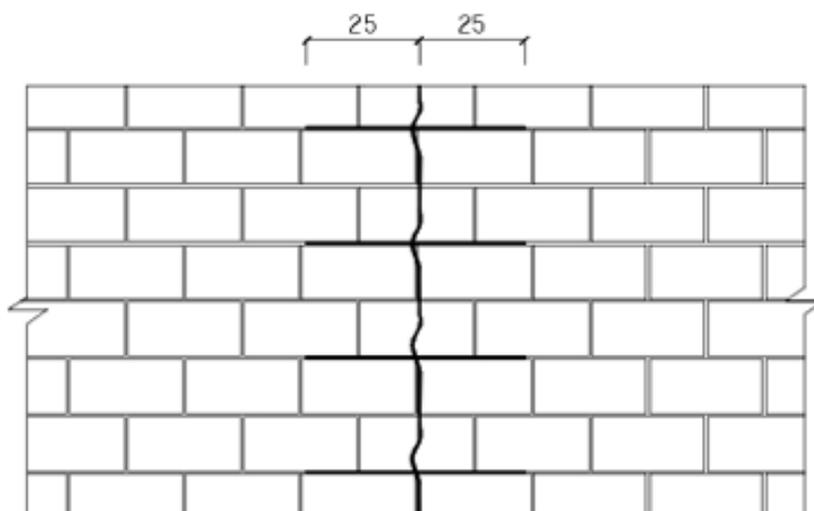
1989). Segundo Thomaz (1989), as barras devem ter um comprimento suficiente para ultrapassar a fissura em cerca de 25 cm de cada lado.

Figura 29: Vista em planta da alocação de barras de aço para a recuperação da fissura.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

Figura 30: Vista frontal da alocação de barras de aço para a recuperação da fissura.



Fonte: Ferreira (2020), adaptado de Thomaz (1989).

3 APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO EM ESTUDO DE CASO.

O imóvel é localizado no município de Rondonópolis-MT e se encontrava em processos de venda, contudo, foi observado algumas patologias a serem corrigidas e dentre elas, o nosso objeto de estudos: uma fissura no encontro entre alvenaria e elemento estrutural (pilar da edificação vizinha).

O processo de recuperação foi efetuado pela equipe de profissionais sob supervisão de um engenheiro qualificado.

Figura 31: Imagem da fissura.



Fonte: Autor.

Após a identificação da fissura, foi observada que sua possível causa seria por movimentação térmica e, mediante a esta verificação, foi dado início no processo de recuperação.

Foi iniciado com a remoção do revestimento e argamassa pré-existente, seguido pela fixação da tela que, conforme visto no capítulo anterior, possui a função de distribuir as tensões para impedir a aparição de fissuras no local restaurado.

Figura 32: Abertura da área fissurada e fixação da tela.



Fonte: Autor.

Logo depois, foi feita a aplicação de uma nova camada de argamassa, contudo, com a abertura de juntas de dilatação para permitir a movimentação natural dos elementos e garantir que os esforços não voltem a ocasionar a fissuração.

Figura 33: Aplicação de argamassa e abertura de junta de dilatação.



Fonte: Autor.

Por fim, foi efetuada a aplicação do acabamento em pintura afim de uniformizar o local e garantir outra camada de proteção para a recuperação feita.

Figura 34: Pintura e acabamento da restauração.



Fonte: Autor.

4 METODOLOGIA

Foi escolhida a revisão bibliográfica como metodologia para esta dissertação monográfica. Nessa direção, A. J. Severino nos traz um resumo de como é construído este modelo de revisão:

“[...]registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utilizam-se dados de categorias teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir de contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos” (SEVERINO, 200, p. 122).

No primeiro momento, aplicou-se uma busca por artigos e publicações com a temática de patologias e restauração. As referências foram coletadas pelas fontes a seguir: Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), Scientific Electronic Library Online – Scielo (<http://scielo.org/php/index.php>)

Para as pesquisas nessas fontes, foram empregadas as frases:

1. Trincas e fissuras;
2. Técnicas de restauração de patologias;
3. Análise de patologias em estruturas de concreto armado;
4. Recuperação de elementos fissurados;
5. Fissuras em alvenaria de vedação.

No segundo momento, para a filtragem do material encontrado, foi feita uma leitura prévia selecionando os artigos de maior relevância, publicações de revistas científicas de engenharia e arquitetura, artigos de mestrado, livros publicados e estudos de caso favorecendo o material que tivesse como foco: “trincas-fisuras-patologias”, “fissuras em concreto armado” e “técnicas de recuperação de edifícios”, priorizando casos e técnicas em cenário nacional. Como critério de inclusão, estabelecemos que o foco da pesquisa deveria estar integralmente no campo da engenharia civil. O objetivo desta revisão bibliográfica é analisar as patologias dentro do âmbito da engenharia civil. Os materiais que não estavam relacionados a essa área foram excluídos. A pesquisa abrangeu documentos acessados durante os meses de fevereiro a junho de 2024.

Já em relação à coleta de dados, foi priorizada a seleção de trabalhos que se enquadrassem na categoria de artigos de revisão. Essa escolha se deve ao fato de que tais artigos geralmente contêm elementos conceituais essenciais que fornecem suporte teórico fundamental para a elaboração da monografia como um todo.

No terceiro momento, para a elaboração da fundamentação teórica, foi utilizado um sistema de resumos e mapas mentais a fim de extrair a ideia base de cada autor e juntá-las durante a produção do texto. Tony Buzan nos traz uma definição sobre o que é o mapa mental em sua obra totalmente dedicada a técnica:

“Um mapa mental é a maneira mais fácil de introduzir e extrair informações do seu cérebro. É uma forma criativa e eficaz de anotar que literalmente mapeia os seus pensamentos.” (Buzan 2005, p.24)

A escolha desse método se deu pela facilidade de unir ideias de um ponto de vista amplo sem perder a base inicial de cada material lido. O método consiste em colocar o tema descrito na publicação ao centro de uma folha e mapear as ideias que o rodeiam, com o objetivo de compreender e sintetizar o conteúdo do material analisado.

No segundo momento, foi efetuado um levantamento de dados sobre o estudo de caso que foi abordado neste trabalho. Foram compilados dados, visitas *in-loco*, registros fotográficos para obtenção de um resultado mais preciso em relação a patologia encontrada. Foi também efetuado um acompanhamento com o engenheiro responsável durante a aplicação das técnicas de restauração necessárias para a recuperação da estrutura.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho foi iniciado com o intuito de copilar informações importantes sobre trincas e fissuras nas estruturas, analisando suas causas e determinando soluções eficazes para a recuperação das edificações.

A análise aprofundada das patologias em edificações, especialmente as fissuras e trincas em alvenaria de vedação e estruturas de concreto, é essencial para garantir a durabilidade e a segurança das construções. Este trabalho destacou a importância de entender as causas dessas patologias desde a concepção do projeto até a execução e manutenção da estrutura.

Compreender as origens das fissuras, sejam elas de movimentação térmica, recalque diferencial, retração ou causadas por fatores químicos, permite adotar soluções mais eficazes e duradouras. A investigação minuciosa das manifestações patológicas, considerando tanto os aspectos visuais quanto os estruturais, é fundamental para determinar os métodos de reparação mais apropriados. Técnicas como a inserção de telas metálicas e armaduras demonstram a importância de medidas que não apenas corrigem os problemas visíveis, mas também previnem a recorrência das fissuras, restabelecendo a integridade estrutural da edificação.

A análise cuidadosa desde a fase de projeto, considerando fatores como a movimentação do solo, variações térmicas e a presença de tubulações, é crucial para mitigar o aparecimento de fissuras. Além disso, a escolha de materiais adequados e a aplicação de métodos corretos de reparo garantem a longevidade das soluções implementadas.

Portanto, a abordagem holística, que envolve diagnóstico preciso, escolha adequada de materiais e técnicas de reparo, juntamente com a manutenção preventiva, é essencial para preservar a qualidade e a segurança das edificações. Este trabalho reafirma a necessidade de engenheiros civis estarem atentos aos detalhes em todas as fases do projeto e execução, assegurando que as patologias sejam tratadas de maneira eficaz e preventiva.

REFERÊNCIAS

- ABNT, A. B. D. N. T. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Associação brasileira de Normas Técnicas. 1994.
- ABNT, A. B. D. N. T. NBR 15575-2 **Edificações habitacionais - desempenho**. 2013.
- ABNT, A. B. D. N. T. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. ABNT. 2014.
- ALMEIDA, L. C. D. **Fundamentos do concreto armado**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.
- ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. Patologia das Estruturas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed) Concreto: In.: **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.
- BUZAN, Tony. **Mapas mentais e sua elaboração**. Editora Cultrix, 2005.
- CASOTTI, Denis Eduardo. **Causas e recuperação de fissuras em alvenaria**. Itatiba. 2007.
- DUARTE, Hiago Simões; BARBOSA, Melissa; FARIAS, Bruno Matos. **Fissuras em estruturas de concreto armado: estudo de caso**. 2021.
- FERREIRA, Guilherme. **Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2020.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo das patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações** – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2015.

LAPA, José Silva. **Patologias, recuperação e reparo das estruturas de concreto armado**. Belo Horizonte. 2008.

LICHTENSTEIN, N, B. **Patologia das construções**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, Boletim Técnico nº 06, 1985.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997.

LOPES, Diego Meireles; NÓBREGA, Marcelo de J. Rodrigues da. **Avaliação das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado de uma edificação**. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, 2021.

MAGALHÃES, E. F. Fissuras em Alvenarias: **Configurações Típicas e Levantamento de Incidência no Estado do Rio Grande do Sul - RS**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS; Porto Alegre, 2004.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHENAID, F. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 2, 2015.

NUNES, Nelson Lucio; FIGUEIREDO, Antônio Dominguez. **Retração do concreto de cimento Portland**. São Paulo. 2007.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais.

RODRIGUES, L. G., & Pinheiro, F. S. "**Manifestações patológicas causadas pela falha de impermeabilização em uma laje de concreto armado: Estudo de caso**". São Paulo, 2024.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 188. 2005.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo, SP: Cortez, 2007.

SILVA, A. Y. O.; GODOY, G. H. A. M.; RESENDE, P. S. O; **Fissuras no concreto armado: causas, consequências, formas de mitigação e reparos**. Goiânia. 2022.

SILVA, É. G., Sperber, A., Silveira, F. F., Silva, L. F. V., Silveira, L. M., Medeiros, C. R., Kirkhoff, W. F., Santos, B. S., Ely, C. E., & Mafra, R. M. "**Fissuras, trincas e rachaduras em estruturas de concreto armado e alvenaria convencional: um estudo sobre seu mecanismo de formação e processo para correção**". Revista Unicrea, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 199-217, jan-mar, 2023.

TÉCHNE. **As Causas de fissuras**. Técnica, n. 36, setembro 1998.

TÉCHNE. **Recuperação por baixo**. Técnica, n. 124, p. 4, julho 2007.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios - causas, prevenção e recuperação**. 1. ed. São Paulo: PINI: IPT, v. 1, 1989.

VEIGA, M. D. R. D. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes.** Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. 1998.

VERÇOZA, Ê. J. **Patologia das edificações.** Sagra, Porto Alegre. 1991.