

REDE DE ENSINO DOCTUM

Análise das Tipologias de Fissuras em Estruturas de Concreto Armado em Juiz de Fora

Adrielly Moura Juvenal

Aline Pires Dominato

Maria Eduarda dos Passos Silva

Liércio Feital Motta Júnior (orientador)

RESUMO

A pesquisa busca diferenciar fissuras, trincas e rachaduras, que podem comprometer a integridade das construções. Este trabalho tem como foco identificar e classificar fissuras presentes em edificações localizadas na cidade de Juiz de Fora, além de investigar suas causas. Entre as manifestações patológicas mais comuns estão as infiltrações, a corrosão das armaduras de aço e as deformações no concreto. A metodologia envolveu uma revisão teórica com coleta de dados em publicações acadêmicas. Além disso, foram realizadas visitas a edificações apresentando fissuras, onde o problema foi registrado por meio de fotografias e medições utilizando um fissurômetro, permitindo identificar a natureza e o comportamento das fissuras. Elas foram categorizadas de acordo com suas características físicas, atividade (ativas ou passivas) e padrões de variação. O estudo destaca a relevância de diagnosticar corretamente esses problemas estruturais, de modo a aplicar soluções que assegurem a durabilidade, segurança e preservação das construções.

Palavras-chave: Fissuras. Edificações. Manifestações patológicas. Causas de fissuras. Soluções de fissuras.

ABSTRACT

The research seeks to differentiate fissures, cracks and cracks, which can compromise the integrity of buildings. This work focuses on identifying and classifying cracks present in buildings located in the city of Juiz de Fora, in addition to investigating their causes. Among the most common pathological manifestations are infiltrations, corrosion of steel reinforcement and deformations in concrete. The methodology involved a theoretical review with data collection in academic publications from 2019 to 2024. In addition, visits were made to buildings with cracks, where the problem was recorded through photographs and measurements using a fissurometer, allowing the nature and crack behavior. They were categorized according to their physical characteristics, activity (active or passive) and variation patterns. The study highlights the relevance of correctly diagnosing these structural problems, in order to apply solutions that ensure the durability, safety and preservation of buildings.

Keywords: Cracks. Buildings. Pathological manifestations. Causes of cracks. Crack solutions.

Rede de Ensino Doctum — Unidade Juiz de Fora — adriellymoura59@gmail.com — graduando em Engenharia Civil

Rede de Ensino Doctum — Unidade Juiz de Fora — alinedominato3@gmail.com — graduando em Engenharia Civil

Rede de Ensino Doctum — Unidade Juiz de Fora — contato.mariaeduardapassos@gmail.com — graduando em Engenharia Civil

Rede de Ensino Doctum — Unidade Juiz de Fora — liercioengenhariajf@gmail.com (orientador do trabalho)

1. Introdução

As fissuras em estruturas de concreto armado representam um dos principais desafios da construção civil, afetando diretamente a funcionalidade, a segurança e a estética das edificações. A identificação precoce desses problemas é crucial, pois, além de afetarem a durabilidade das construções, podem ser um indicativo de falhas estruturais mais graves ou de processos de degradação contínuos que, se não tratados adequadamente, podem evoluir para problemas mais complexos e onerosos. Devido à sua alta incidência e às suas consequências, o estudo das fissuras se torna uma parte essencial das práticas de manutenção e preservação de edificações.

Os fatores que levam ao aparecimento de fissuras são diversos e podem incluir sobrecargas estruturais, variações térmicas, recalques de fundações e retrações do concreto. Cada uma dessas manifestações patológicas exige uma abordagem específica para identificar suas causas e determinar as intervenções adequadas. Nesse sentido, o estudo das fissuras não se limita apenas à observação visual, mas envolve uma análise detalhada para classificar as fissuras e identificar suas origens, garantindo assim a implementação de soluções eficazes.

A metodologia deste trabalho é exploratória e descritiva, dividida em duas etapas. A primeira envolve a coleta de informações na base de dados do Google Acadêmico, focando em publicações sobre patologia em concreto armado. A segunda etapa consiste em visitas a edificações com fissuras, onde são realizadas medições com um fissurômetro e registros fotográficos. A pesquisa adota uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos, o que permite um diagnóstico fundamentado e eficaz para a compreensão e intervenção nas fissuras das edificações.

O presente trabalho tem como objetivo principal a identificação e classificação das fissuras em edificações na cidade de Juiz de Fora. Os objetivos específicos são: identificar e classificar tipologias do tipo fissuras, analisar causas das fissuras e visitar e coletar dados sobre os quadros de fissuração nas edificações.

A realização deste estudo é relevante para melhorar a durabilidade e segurança das edificações, uma vez que a correta identificação e diagnóstico das fissuras são essenciais para evitar intervenções inadequadas e reduzir o risco de comprometimento estrutural e estético. Compreender suas causas permite, ainda, a adoção de medidas preventivas, contribuindo para a longevidade das construções e a otimização dos custos de manutenção.

2. Concreto Armado

O concreto é o material mais utilizado na construção civil e é composto por água, cimento, agregados miúdos e graúdos (PARIZOTTO, 2017).

Conforme Clímaco (2008), o uso do concreto na construção civil cresceu significativamente ao longo do tempo. No entanto, era essencial desenvolver uma técnica para superar suas limitações em termos de resistência à tração, especialmente em peças submetidas à flexão. Foi nesse contexto que surgiu o concreto armado, resultado da combinação do concreto com um material que possui resistência adequada à tração, conhecido como armadura.

A NBR 6118:2014 descreve que toda estrutura em concreto armado deve ser projetada e construída para assegurar sua segurança, estabilidade e adequação ao uso durante toda a sua vida útil.

O concreto armado não é um material estático e está sujeito à mudança ao longo do tempo. Essas alterações decorrem da interação entre seus componentes principais (cimento, areia, brita, água e aço), bem como das influências de agentes externos, como ácidos, bases, sais e gases. Além disso, a presença de aditivos e adições minerais também pode impactar o comportamento do concreto. Assim, é possível que estruturas de concreto armado possam apresentar patologias, causando danos significativos e afetando sua segurança (PIANCASTELLI, 1997).

3. Patologias no concreto armado

A patologia é a área da Engenharia que investiga os sintomas, mecanismos, origens e causas das falhas em construções civis, ou seja, é o estudo completo dos fatores envolvidos no diagnóstico de problemas em edifícios e estruturas (HELENE, 1992).

Um sintoma é considerado patológico em uma estrutura quando compromete suas funções, seja em termos de capacidade funcional, mecânica ou estética. As manifestações patológicas estão estreitamente relacionadas ao desempenho da

edificação, uma vez que sua avaliação reflete o comportamento da estrutura em uso. Portanto, é crucial considerar dois aspectos fundamentais na análise dessas manifestações: o tempo e as condições de exposição. Esses fatores são diretamente vinculados aos conceitos de durabilidade, vida útil e desempenho da estrutura (ANDRADE E SILVA, 2005).

A análise das patologias em estruturas de concreto desempenha um papel crucial, pois não se limita apenas à identificação e avaliação dos danos. Ela também investiga suas causas e define os métodos corretivos mais eficazes. Além disso, fornece dados essenciais para a formulação de procedimentos de projeto e construção, com o intuito de reduzir a probabilidade de danos futuros e aumentar a durabilidade das estruturas (AZEVEDO, 2011).

As principais patologias incluem infiltração, corrosão das armaduras de aço, deslocamento dos revestimentos, além de rachaduras, trincas e fissuras (THOMAZ, 1989).

4. Fissuras

A presença de fissuras em edificações é um problema que rapidamente desperta a atenção dos usuários, gerando dúvidas sobre o desempenho da estrutura e a sua durabilidade. Essas fissuras podem gerar uma sensação de insegurança, desconforto visual e prejudicar a saúde do ambiente. Além disso, favorecem infiltrações e afetam a estética do imóvel. Em situações mais graves, podem ser um indicativo de falhas estruturais, e a infiltração de umidade pode comprometer ainda mais a durabilidade de diversos sistemas da edificação (VEIGA, 1998).

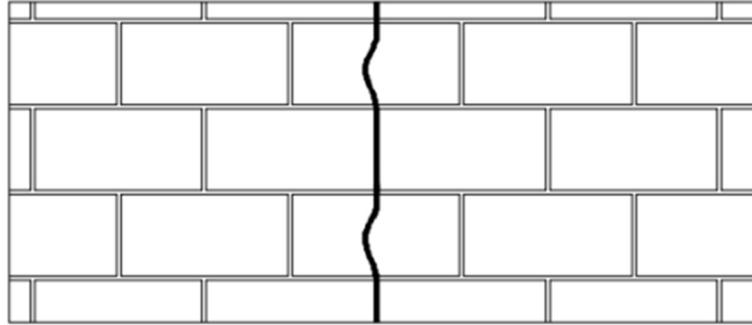
Segundo a NBR 9575:2003, fissura é a abertura ocasionada por ruptura de material ou componentes, inferior ou igual a 0,5 mm. Essas aberturas são causadas pela ação de forças que geram tensões de tração superiores à capacidade de resistência do material que compõe a estrutura (HELENE E ANDRADE, 2010).

4.1. Identificação e classificação das tipologias do tipo fissuras

As fissuras em edificações podem ser geométricas ou mapeadas. As geométricas apresentam-se de forma quase linear, seguindo uma direção principal e são geralmente causadas pela movimentação desigual da base da edificação. Por outro lado, as mapeadas surgem em várias direções ao mesmo tempo, sendo normalmente associadas à retração do material (SAHADE, 2005).

A Figura 1 apresenta uma fissura geométrica se propagando nos blocos da alvenaria.

Figura 1 - fissura geométrica nos blocos da alvenaria

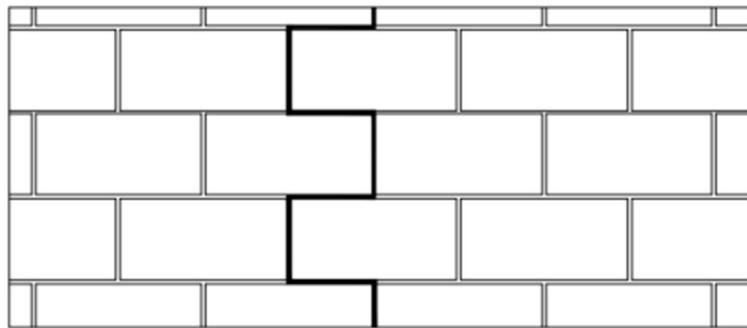


Fonte: Ferreira, 2020

A Figura 1 mostra um diagrama de uma parede de alvenaria com uma fissura geométrica visível. A fissura se estende verticalmente através de vários blocos de alvenaria.

A Figura 2 mostra um caso em que a fissura acompanha a argamassa de assentamento.

Figura 2 - fissura geométrica acompanhando a argamassa de assentamento de alvenaria

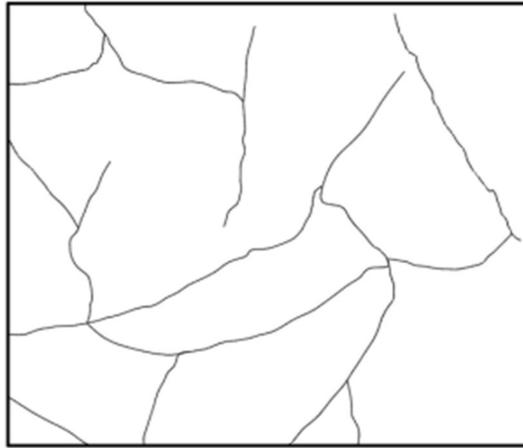


Fonte: Ferreira, 2020

Esse tipo de fissura segue as juntas entre os blocos, o que é uma ocorrência comum em edificações de alvenaria.

Figura 3 ilustra uma fissura mapeada.

Figura 3 - fissura mapeada



Fonte: Ferreira 2020

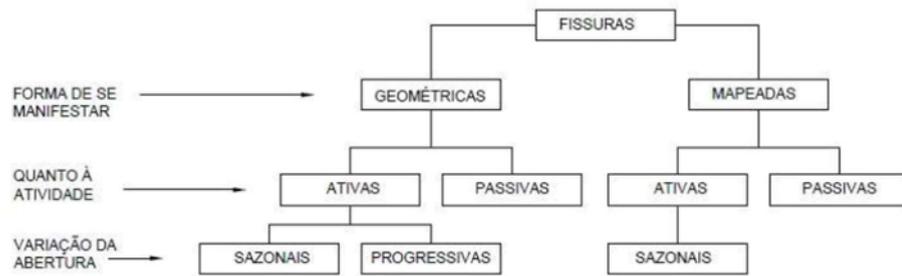
A Figura 3 representa um mapeamento de fissuras em uma superfície de alvenaria, evidenciando as linhas de trincamento que ocorrem de forma aparentemente aleatória.

As fissuras podem ser categorizadas como ativas ou passivas. As ativas sofrem alterações em suas características físicas devido a variações de temperatura, o que provoca movimentos de dilatação e contração, resultando no aumento ou redução de sua espessura (GONÇALVES, 2015). Em contraste, as fissuras passivas permanecem estáveis, sem mudanças de tamanho ou espessura (ZANZARINI, 2016).

Além disso, há uma classificação baseada na variação da abertura das fissuras, dividindo-as em sazonais e progressivas. As fissuras sazonais apresentam variações de abertura que estão ligadas às mudanças periódicas do clima. Já as fissuras progressivas mostram uma tendência de aumento contínuo na sua abertura (SAHADE, 2005).

Para ilustrar as diferentes formas de manifestação e classificação das fissuras em alvenaria convencional, apresenta-se a seguir um diagrama que sintetiza as principais tipologias, de acordo com suas características de atividade e variação de abertura.

Figura 4 - Classificação das fissuras



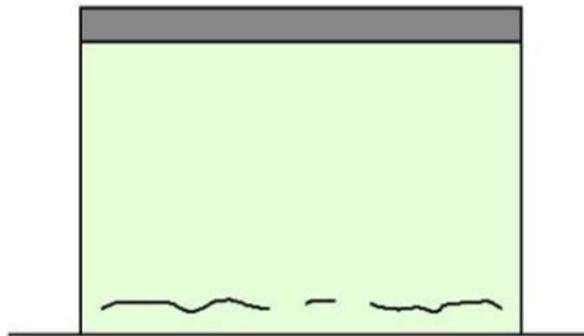
Fonte: Barbosa, Duarte e Farias, 2021

O fluxograma apresentado ilustra a classificação de fissuras, destacando suas formas de manifestação, atividade e variação de abertura.

Prosseguindo com as classificações das fissuras, elas também podem ser organizadas conforme sua direção (Eldridge, 1982):

Horizontais (Figura 5):

Figura 5 - Fissura horizontal

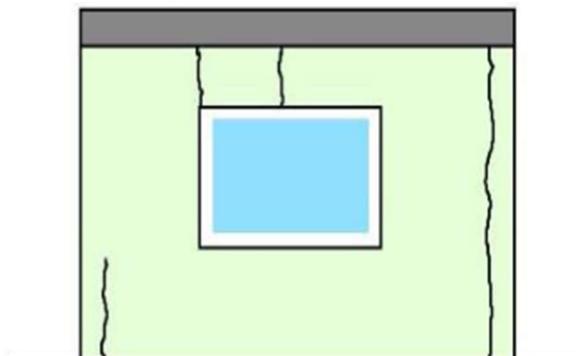


Fonte: Lourenci e Lima, 2019

A Figura 5 mostra uma linha ondulada que representa o traçado da fissura horizontal ao longo da superfície.

Verticais (Figura 6):

Figura 6 - Fissura vertical

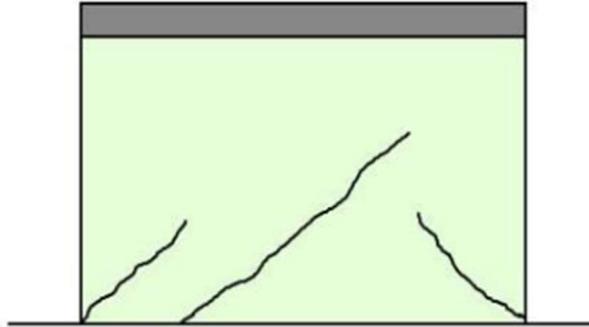


Fonte: Lourenci e Lima, 2019

A Figura 6 mostra uma parede com uma janela central, onde há fissuras verticais próximas aos cantos. Essas fissuras se estendem desde a base até o topo da parede, passando pelas extremidades da janela.

Diagonais (Figura 7):

Figura 7 - Fissura diagonal



Fonte: Lourenci e Lima, 2019

A Figura 7 mostra um esquema de uma parede com duas linhas diagonais que se estendem da base em direção às extremidades superiores.

Diversas técnicas são aplicadas para analisar o tamanho e a extensão das fissuras em uma construção, facilitando a identificação dos fatores responsáveis por sua origem. Dessa forma, é viável entender o que causou o problema e adotar o tratamento específico para cada situação (DIMAS, DUTRA, MARQUES E PEDROSA, 2024).

Entre as técnicas empregadas para o controle de fissuras, o fissurômetro é amplamente utilizado. Ele consiste em uma régua com marcações a partir de 0,05 mm, capaz de medir a largura das fissuras, conforme a Figura 8. Ao ser aplicado sobre a fissura, o dispositivo permite uma avaliação visual comparativa da abertura (MEDEIROS, 2019).

Figura 8 – fissurômetro



Fonte: Autoras, 2024

O fissurômetro apresentado na Figura 8 possui graduações numéricas e linhas verticais que permitem comparar visualmente a largura das fissuras.

4.2. Diferenças entre fissuras, trincas e rachaduras

As fissuras, trincas e rachaduras são aberturas que surgem nas edificações como uma resposta ao alívio das tensões geradas pela movimentação dos materiais e seus componentes (THOMAZ, 1989).

As classificações das patologias são (GONÇALVES, 2015):

- Fissuras: são aberturas estreitas na superfície dos materiais e geralmente são menos graves e não representam um risco imediato para a segurança. No entanto, se não forem tratadas, podem evoluir para trincas e, eventualmente, para rachaduras.
- Trincas: são aberturas maiores e mais profundas que podem atravessar a seção do concreto. Elas indicam um problema mais significativo que pode comprometer a integridade estrutural se não for abordado adequadamente.
- Rachaduras: são aberturas ainda maiores e mais graves. Essas podem ter um impacto considerável na estrutura, exigindo uma análise detalhada e medidas corretivas mais abrangentes para evitar danos estruturais sérios.

A tabela 1 apresenta as dimensões das aberturas indicadas nas patologias descritas abaixo:

Tabela 1 – tipos de aberturas das patologias

PATOLOGIA	ABERTURA
Fissura	$\leq 0,5$ (mm)
Trinca	$0,5 \leq e \leq 1,5$ (mm)
Rachadura	$1,5 \leq e \leq 5,0$ (mm)

Fonte: adaptado de Oliveira (2012)

A classificação das aberturas em superfícies, como fissuras, trincas e rachaduras, pode variar de acordo com sua dimensão. As fissuras são aberturas superficiais e estreitas com abertura menor que 0,5 mm. Trincas são similares às fissuras quanto ao tratamento, mas possuem uma extensão maior, superior a 0,5 mm. Já as rachaduras se distinguem por terem aberturas ainda maiores, acima de 1 mm, sendo acentuadas e profundas (GONÇALVES, 2015).

As fissuras são geralmente de menor gravidade e, em condições normais, não representam riscos significativos à segurança. No entanto, se negligenciadas, podem evoluir para trincas e, eventualmente, para rachaduras (RODRIGUES E PINHEIRO, 2021).

4.3. Principais Causas da Fissuração em Edificações

A fissuração em edificações é um problema comum que pode afetar a segurança e a durabilidade dos edifícios. Compreender as principais causas das fissuras é crucial para melhorar a construção e evitar problemas futuros. As fissuras podem resultar de diversos fatores, como a qualidade dos materiais, os métodos de construção e as condições ambientais (GONÇALVES, 2015).

4.3.1. Falhas em projetos

As deficiências em muitos projetos decorrem da falta de informações essenciais, como a inexistência de um memorial descritivo, discriminações técnicas e especificações de materiais. A ausência de referências a normas, com erros em cotas, níveis e alturas, também é um fator crítico. Ademais, a falta de padronização em relação a materiais e fornecedores e as variações nas práticas dos projetistas, devido à falta de normas de projeto, dificultam a correta execução das obras (HEINECK, TRISTÃO e NEVES, 1995).

Falhas no projeto executivo podem resultar em baixa qualidade da edificação, aumento dos retrabalhos, prazos de execução mais longos e elevação dos custos da

obra. Essas falhas, que impactam diretamente a formação de fissuras, podem ter diversas causas (SILVA, 2015).

4.3.2. Assentamento do concreto

Fissuras decorrentes do assentamento plástico do concreto surgem enquanto o material continua fresco, devido a assentamentos diferenciais na sua massa. Esse processo ocorre geralmente entre dez minutos e três horas após a aplicação do concreto (ANDRIOLO, 1984).

Durante esse período, enquanto o concreto permanece úmido, as partículas sólidas se movem para baixo sob a ação da gravidade. Esse deslocamento empurra a água e o ar aprisionado na mistura para a superfície, resultando no fenômeno conhecido como “exsudação”. Essa dinâmica provoca uma leve perda de volume do concreto, fazendo com que ele desça dentro da forma. Se houver obstáculos, como barras de ferro, grandes fragmentos de pedra ou mesmo a própria forma onde o concreto foi despejado, essas barreiras podem causar fissuras no material (MOLIN e COITINHO, 1988).

4.3.3. Perda de aderência

A falta de aderência pode ocorrer entre concretos com idades distintas, nas juntas de concretagens ou no ponto de contato entre o concreto e as barras de aço, o que pode causar sérios danos à estrutura e comprometer seu desempenho (SOUZA e RIPPER, 1998). A resistência à aderência entre a armadura e o concreto depende tanto do atrito quanto da ligação entre esses materiais, influenciada por suas características, assim como por variações volumétricas, como a retração do concreto (NEVILLE e BROOKS, 2013).

As fissuras se formam quando há um vazio entre o concreto e as barras de aço, resultando em uma diminuição da aderência. Quando as barras estão próximas, essas fissuras podem se conectar, levando à perda completa da aderência (SOUZA e RIPPER, 1998).

4.3.4. Deficiências de execução

É difícil precisar se uma falha identificada em uma estrutura é consequência do projeto ou da execução, o que leva a fissuras atribuídas à má execução a serem, muitas vezes, semelhantes às provocadas por falhas de projeto. Essa indefinição quanto à origem do problema é comum. Fissuras geralmente associadas a erros de execução costumam coincidir com as que decorrem de problemas no projeto (SOUZA e RIPPER, 1998).

Um exemplo típico é a ausência ou instalação incorreta de vergas e contravergas em esquadrias, falha que pode ser resultado tanto de problemas no projeto quanto na execução. A responsabilidade de garantir a instalação correta desses elementos recai sobre o engenheiro da obra (MAGALHÃES E OLIVEIRA, 2017).

4.3.5. Sobrecarga

Fissuras provocadas por sobrecarga podem surgir devido a esforços de flexão, tração ou cisalhamento (GODOY, SILVA E RESENDE, 2022). A resistência superior da armadura em comparação com a resistência do concreto a esses esforços torna praticamente inevitável a fissuração por flexão. No entanto, nas áreas superiores das vigas, a armadura é projetada para suportar esforços de tração, enquanto o concreto é responsável pelos esforços de compressão (ALMEIDA, 2002). Além disso, vigas com armadura insuficiente frequentemente desenvolvem fissuras de tração, enquanto vigas com armadura inadequada para cisalhamento podem apresentar fissuras inclinadas. Vigas com excesso de armadura ou feitas de concreto de baixa qualidade tendem a exibir fissuras na região comprimida (THOMAZ, 1989).

4.3.6. Reações químicas

As fissuras decorrentes de reações químicas no concreto são uma patologia que pode comprometer de maneira significativa a resistência e a durabilidade das estruturas, já que os materiais utilizados na construção civil estão sujeitos à degradação pela exposição a substâncias químicas, com os ácidos e alguns álcoois sendo os principais causadores desse processo (HELENE, 1992).

A reação álcali-agregado é um processo que causa deterioração em concreto e argamassa já endurecidos. Este fenômeno ocorre quando íons hidroxilas (OH) reagem com álcalis como o óxido de sódio (Na_2O) e o óxido de potássio (K_2O), que vêm do cimento e de certos tipos de agregados (FIGUERÔA E ANDRADE, 2007).

Para que a reação se inicie, é fundamental que os agregados contenham minerais que sejam reativos aos álcalis e que haja umidade no ambiente. A reação resulta na formação de um gel expansivo, que provoca a expansão do concreto. Essa expansão leva a deformações, o que pode resultar na perda de resistência e na formação de fissuras (horizontais ou verticais), podendo até causar a destruição da estrutura afetada (FIGUERÔA E ANDRADE, 2007).

4.3.7. Recalque de fundação

Velloso e Lopes (2010) descrevem os recalques como movimentos verticais descendentes em relação ao nível do solo ou a algum outro ponto de referência. Quando esse movimento ocorre de forma irregular em diferentes partes de uma fundação, é chamado de recalque diferencial.

De modo geral, as fissuras resultantes de recalques diferenciados são inclinadas e apresentam aberturas significativas, direcionando-se para o ponto onde ocorreu o recalque mais intenso. Além disso, nas fissuras causadas por recalques, é comum observar o surgimento de esmagamento localizado no elemento e uma variação visível na largura da fissura. (THOMAZ, 1989).

4.3.8. Retração

A formação de fissuras por retração em estruturas de concreto é um fenômeno frequente, causado pela diminuição do volume do material durante as fases de cura e endurecimento. Caso não seja devidamente controlada, essa fissuração pode afetar tanto a integridade quanto a durabilidade da estrutura. O uso de uma quantidade excessiva de água na preparação de argamassas e concretos, visando melhorar sua trabalhabilidade, acaba contribuindo para o surgimento de retração (THOMAZ, 1989).

Segundo (AOKI e MEDEIROS, 2017) há também diferentes tipos de retração, e as fissuras resultantes desse fenômeno podem ser causadas por:

- Retração plástica: ocorre devido à perda de água no concreto ainda fresco.
- Retração hidráulica: acontece com a perda de água no concreto já endurecido.
- Retração química: envolve a diminuição de volume durante a hidratação do cimento, em função das variações nos volumes dos materiais.
- Retração autógena: ocorre quando a água é eliminada pelos poros capilares do concreto, reduzindo seu volume após a hidratação.
- Retração térmica: é causada por mudanças de volume devido à expansão do concreto durante a hidratação, que gera calor, seguida pela redução de volume ao resfriar.

4.3.9. Variação térmica

Os elementos de uma edificação passam por movimentações térmicas que provocam variações diárias entre expansão e retração. Essas alterações são

limitadas pelas conexões entre os componentes, o que gera tensões nos materiais e, conseqüentemente, leva ao aparecimento de fissuras (THOMAZ, 1989).

Os componentes de uma edificação estão constantemente expostos às variações climáticas, o que os torna vulneráveis às mudanças diárias de temperatura. Durante o dia, as paredes externas e as lajes de cobertura aquecem, e à noite, esfriam, provocando ciclos regulares de dilatação e contração. A intensidade desses movimentos varia conforme as propriedades dos materiais e as oscilações térmicas (ZANZARINI, 2016).

A principal fonte de calor nas construções é o sol, sendo essencial levar em conta fatores como a intensidade da radiação solar e a cor dos materiais. Materiais de cor escura tendem a absorver mais calor do que aqueles de cor clara (THOMAZ, 1989).

Segundo Thomaz (1989), o movimento das paredes em uma estrutura é limitado pela extensão dos vãos, o que pode frequentemente levar ao aparecimento de fissuras.

4.3.10. Movimentações higroscópicas

A higroscopicidade é a capacidade que alguns materiais têm de absorver umidade do ambiente. Essa absorção pode ocorrer por meio da porosidade, onde pequenos buracos no material permitem a entrada de água, ou por capilaridade, que é quando a água sobe por espaços pequenos, como a água do solo, que se eleva até o material (THOMAZ, 1989).

A umidade em uma edificação pode ter várias origens, como a produção dos materiais utilizados, o processo de construção, a penetração da água da chuva, e a umidade presente no solo e no ar, além de fatores climáticos (THOMAZ, 1989).

Mudanças na umidade podem afetar as dimensões dos materiais porosos utilizados na construção. Quando esses materiais absorvem umidade, eles tendem a se expandir; por outro lado, a perda de umidade causa contração. Se existirem vínculos que impeçam esses movimentos naturais, podem surgir fissuras e danos nas estruturas e componentes da construção (THOMAZ, 1989).

4.4. Métodos para Prevenir Fissuras em Edificações

Para garantir a integridade estrutural de um edifício e prevenir fissuras nas alvenarias, é fundamental que todas as etapas do projeto e da execução da obra sejam realizadas de maneira cuidadosa e bem planejada. Isso inclui não apenas o controle rigoroso da qualidade dos materiais e serviços, mas também a atenção a

aspectos cruciais, como a armazenagem e o manuseio correto dos materiais no canteiro de obras. Além disso, o uso adequado da edificação ao longo do tempo e a implementação de uma manutenção preventiva eficaz são aspectos essenciais que não podem ser negligenciados (BRITO, 2010).

No processo de construção, a concretagem é uma das etapas mais críticas. Para evitar problemas estruturais futuros, é imprescindível que a dosagem do concreto seja feita de forma precisa, além de garantir que todas as fases do processo — desde a preparação até a cura — sejam realizadas com rigor. O transporte, lançamento, adensamento e as juntas de concretagem também devem ser cuidadosamente controlados, pois qualquer falha nessas etapas pode comprometer a qualidade do concreto e, conseqüentemente, a durabilidade da estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

Além disso, as condições climáticas e ambientais têm grande influência na estrutura do edifício, especialmente as variações de temperatura e umidade. Por esse motivo, é crucial atentar para o detalhamento das armaduras nas peças interligadas, principalmente aquelas com inércias muito diferentes, para evitar tensões excessivas. Também é necessário garantir a correta disposição das juntas de dilatação e considerar aspectos como a escolha das cores das pinturas nos diferentes elementos estruturais, já que essas podem impactar a resistência ao desgaste. Uma prática recomendada para evitar a perda de aderência entre o concreto e as barras de aço da armadura é a utilização de pintura epóxi nas barras de aço, o que contribui para aumentar a durabilidade e a eficiência da estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

Em relação às alvenarias, elas são eficazes em resistir à compressão, mas apresentam limitações em situações de tração e cisalhamento. Por isso, é fundamental evitar a aplicação de cargas mal distribuídas, como cargas excêntricas ou concentradas, que podem gerar tensões prejudiciais à estrutura. Para minimizar esses riscos, deve-se reforçar as áreas ao redor de aberturas com o uso de vergas e contravergas, de modo a garantir a estabilidade da alvenaria e evitar falhas que possam comprometer a segurança do edifício (BRITO, 2010).

Por fim, ao projetar a fundação, é essencial escolher o tipo mais adequado conforme as características do solo e da edificação, levando em consideração não apenas as cargas e o uso do edifício, mas também a rigidez da superestrutura e dos outros componentes estruturais. Fatores como o intertravamento das partes da

fundação, a flutuação do lençol freático, o adensamento dos aterros e a homogeneidade do solo precisam ser cuidadosamente avaliados. Além disso, a consideração de elementos como o atrito lateral disponível e a interferência com edificações vizinhas é fundamental, uma vez que a proximidade de sapatas ou a densidade excessiva de estacas pode resultar em bulbos de pressão mais profundos, com riscos para a estabilidade estrutural (BRITO, 2010).

4.5. Materiais usados no tratamento de fissuras

Existem diferentes materiais utilizados para reparar fissuras. Neste item, serão apresentados os materiais mais comuns.

Graute: é uma argamassa com alta fluidez, baixa permeabilidade, ausência de retração e boa resistência (SOUZA e RIPPER, 1998).

Argamassas: Aplicadas em áreas menores e com profundidades de até 5,0 cm. São geralmente utilizadas em situações onde o concreto de cobertura das armaduras está comprometido, sendo essencial que o interior do elemento estrutural esteja livre de imperfeições (RELVAS, 2004). Há diversos tipos de argamassas que podem ser empregadas:

Argamassa convencional de cimento e areia: Empregada para preencher cavidades resultantes da deterioração ou desgaste de elementos estruturais (SOUZA e RIPPER, 1998);

Argamassa farofa: Caracterizada por uma baixa proporção de água/cimento, é usada para preencher cavidades em elementos estruturais de concreto que estejam danificados (SOUZA e RIPPER, 1998);

Argamassas com polímeros: A incorporação de polímeros na mistura permite diminuir a quantidade de água, o que reduz a permeabilidade e aumenta a aderência. São vendidas em estado pastoso, prontas para uso, sem a necessidade de adição de água (SOUZA e RIPPER, 1998);

Argamassas epoxídicas: Apresentam alta resistência tanto mecânica quanto química, sendo indicadas para áreas expostas a agentes agressivos. Além disso, possuem excelente aderência e secagem rápida (SOUZA e RIPPER, 1998);

Argamassa projetada com aditivo acelerador: Similar ao concreto projetado em termos de aplicação, é recomendada para cobrir grandes áreas (SOUZA e RIPPER, 1998);

Selante acrílico: Trata-se de uma resina feita com dispersão aquosa de copolímero acrílico, que apresenta excelente aderência, fácil aplicação, boa elasticidade e alta capacidade de preenchimento (SAHADE, 2005);

Tinta 100% acrílica: Consiste em uma resina totalmente acrílica, com base em emulsão aquosa. Essa tinta é repelente à água e contém um aditivo que aumenta sua resistência contra a formação de fungos e algas (GONÇALVES, 2012). Acompanha os movimentos de fissuras de até 0,2 mm, suportando dilatações e contrações sem que sua película se deforme ou rompa, sendo recomendada para pinturas em áreas externas (SAHADE, 2005);

Impermeabilizante acrílico: Selante à base de água com excelente elasticidade e aderência. Ideal para impermeabilizar juntas e preencher pequenas trincas, oferecendo proteção eficiente contra infiltrações (SAHADE, 2005);

Massa acrílica: Comumente utilizada em conjunto com a Tela de Poliéster, serve para nivelar superfícies e ajudar no preenchimento e vedação de trincas (SAHADE, 2005).

5. Metodologia

O presente trabalho possui uma natureza exploratória e descritiva, visando investigar e descrever as características das fissuras em edificações, além de analisar suas causas e implicações. A metodologia foi dividida em duas etapas: referencial teórico e exploração de casos de fissuração em edificações localizadas em Juiz de Fora–MG.

Na primeira etapa, foi realizada uma coleta de informações por meio da base de dados do Google Acadêmico, focando em publicações entre 2019 e 2024. As palavras-chave utilizadas incluíram "patologia em concreto armado" e "fissuras em edificações", abrangendo dados de revistas científicas, Trabalhos de Conclusão de Curso, teses e dissertações.

Na segunda etapa, foram visitadas edificações que apresentavam fissuras, permitindo um levantamento de dados por meio de fotografias e medições com um fissurômetro, um instrumento específico para essa finalidade.

A pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos. A análise qualitativa se concentra na identificação das causas e características das fissuras, enquanto a parte quantitativa envolve medições precisas e a categorização das fissuras observadas. Essa combinação de abordagens teóricas e práticas assegura um diagnóstico eficaz e fundamentado,

essencial para a compreensão das fissuras em edificações e para a implementação de intervenções adequadas.

6. Estudo de casos

Este estudo explora fissuras identificadas em seis edificações na cidade de Juiz de Fora, sendo um prédio residencial, uma casa e um sobrado. Cada uma das fissurações foi avaliada por meio de inspeção visual e coleta de dados, visando classificar e tipificar as fissuras, para isso foi utilizado o fissurômetro (instrumento de medição), além de identificar suas possíveis causas.

6.1. Edificação A

A edificação A está localizada no quarto e último andar, conforme a figura 9.

Figura 9 – Fachada da Edificação A



Fonte: Autoras, 2024

O edifício residencial é uma construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Situado no bairro Cascatinha - Juiz de Fora-MG. Na vistoria realizada, foram encontradas duas fissuras distintas e independentes, sendo uma na sala e outra no quarto.

5.1.2. Fissura 1

Através da vista geral da sala, local de existência da fissura 1, Figura 10.

Figura 10 – Vista geral da fissura 1



Fonte: Autoras, 2024

Pode-se observar que a fissura é independente e se caracteriza como geométrica.

Mediante o posicionamento do fissurômetro, visto na Figura 11, pode-se medir a amplitude da abertura da Fissura 1 que é 0,15mm.

Figura 11 – Abertura fissura 1



Fonte: Autoras, 2024

Trata-se de uma fissura diagonal, localizada no canto da janela. Ela é categorizada como passiva, pois não houve mudança de tamanho ou espessura.

Além disso, é classificada como sazonal, já que não ocorreu aumento contínuo na sua abertura.

5.1.3. Fissura 2

Através da vista geral do quarto, local de existência da fissura 2, Figura 12.

Figura 12 – Vista geral fissura 2



Fonte: Autoras, 2024

Pode-se observar que a fissura é independente e se caracteriza como geométrica.

Mediante o posicionamento do fissurômetro, mostrado na Figura 13, pode-se medir a amplitude da abertura da Fissura 2 que é 0,25 mm.

Figura 13 – Abertura fissura 2



Fonte: Autoras, 2024

Trata-se de uma fissura horizontal, localizada no superior da parede. Ela é categorizada como passiva, pois não houve mudança de tamanho ou espessura. Além disso, é classificada como sazonal, já que não ocorreu aumento contínuo na sua abertura.

Diante dos dados obtidos nas vistorias foram averiguadas as possíveis causas das fissuras.

6.2. Edificação B

A edificação B é um sobrado, conforme a Figura 14.

Figura 14 – Fachada da Edificação B



Fonte: Autoras, 2024

O sobrado é uma construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Situado no bairro JK - Juiz de Fora–MG. Na vistoria realizada foram encontradas duas fissuras distintas e independentes, sendo uma no corredor e outra no quarto.

6.2.1. Fissura 3

Através da vista geral do corredor, local de existência da fissura 3, Figura 15.

Figura 15 - Vista geral fissura 3



Fonte: Autoras, 2024

Pode-se observar que a fissura é independente e se caracteriza como geométrica.

Mediante o posicionamento do fissurômetro, mostrado na Figura 16, pode-se medir a amplitude da abertura da Fissura 3 que é 0,15mm.

Figura 16 - Abertura fissura 3



Fonte: Autoras, 2024

Trata-se de uma fissura vertical, localizada na parede. Ela é categorizada como passiva, pois não houve mudança de tamanho ou espessura. Além disso, é classificada como sazonal, já que não ocorreu aumento contínuo na sua abertura.

6.2.2. Fissura 4

Através da vista geral do quarto, local de existência da fissura 4, Figura 17.

Figura 17 - Vista geral fissura 4



Fonte: Autoras, 2024

Pode-se observar que a fissura é independente e se caracteriza como geométrica.

Mediante o posicionamento do fissurômetro, mostrado na Figura 18, pode-se medir a amplitude da abertura da Fissura 4 que é 0,45mm.

Figura 18 - Abertura fissura 4



Fonte: Autoras, 2024

Trata-se de uma fissura horizontal, localizada no superior da parede. Ela é categorizada como passiva, pois não houve mudança de tamanho ou espessura. Além disso, é classificada como sazonal, já que não ocorreu aumento contínuo na sua abertura.

6.3. Edificação C

A edificação C é uma casa, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Fachada da Edificação C



Fonte: Autoras, 2024

A casa é uma construção de concreto armado com paredes de alvenaria. Situado no bairro Benfica - Juiz de Fora-MG. Na vistoria realizada foram encontradas duas fissuras distintas e independentes, sendo uma na cozinha e outra na varanda.

6.3.1. Fissura 5

Através da vista geral da sala, local de existência da fissura 5, Figura 20.

Figura 20 - Vista geral fissura 5



Fonte: Autoras, 2024

Pode-se observar que a fissura é independente e se caracteriza como geométrica.

Mediante o posicionamento do fissurômetro, mostrado na Figura 21, pode-se medir a amplitude da abertura da Fissura 5 que é 0,10mm.

Figura 21 - Abertura fissura 5



Fonte: Autoras, 2024

Trata-se de uma fissura vertical, localizada próxima ao encontro de duas paredes. Ela é categorizada como passiva, pois não houve mudança de tamanho ou espessura. Além disso, é classificada como sazonal, já que não ocorreu aumento contínuo na sua abertura.

6.3.2. Fissura 6

Através da vista geral da varanda, local de existência da fissura 6, Figura 22.

Figura 22 - Vista geral fissura 6



Fonte: Autoras, 2024

Pode-se observar que a fissura é independente e se caracteriza como geométrica.

Mediante o posicionamento do fissurômetro, mostrado na Figura 23, pode-se medir a amplitude da abertura da Fissura 6 que é 0,10mm.

Figura 23 – Abertura fissura 6



Fonte: Autoras, 2024

Trata-se de uma fissura vertical, localizada no canto da janela. Ela é categorizada como passiva, pois não houve mudança de tamanho ou espessura. Além disso, é classificada como sazonal, já que não ocorreu aumento contínuo na sua abertura.

7. Análise e Resultados

Embora as edificações analisadas sejam diferentes — um prédio, um sobrado e uma casa — elas apresentam fissuras semelhantes devido a características construtivas em comum. As fissuras surgem porque todas as edificações compartilham o uso de concreto armado, um material suscetível a problemas se não for concebido adequadamente.

Essas características em comum demonstram que, embora as edificações sejam distintas em termos de tipologia e tamanho, os problemas enfrentados no processo construtivo, no dimensionamento estrutural e no uso dos materiais levaram ao surgimento de fissuras de tipos similares. Isso reflete a necessidade de maior rigor nas práticas construtivas e no controle de qualidade, a fim de evitar o surgimento desses problemas.

As fissuras mencionadas no estudo de caso do trabalho apresentam as seguintes causas e soluções.

7.1. Fissuras Diagonais

As fissuras diagonais, Fissura 1 identificada na sala da Edificação A e Fissura 6 na varanda da Edificação C, possuem características geométricas e ambas são classificadas como passivas e sazonais.

As fissuras diagonais podem estar associadas a movimentações higroscópicas e/ou de uma execução deficiente, especialmente pela falta ou inadequada instalação de vergas e contravergas. Também é possível que o projeto não tenha considerado adequadamente esses elementos em sua elaboração.

As fissuras diagonais podem ser abertas e preenchidas com epóxi para selar a área afetada. Além disso, é recomendada a instalação de vergas e contravergas adequadas nos vãos de janelas e portas, conforme as normas vigentes (NBR 15812-2:2010), a fim de prevenir futuras tensões concentradas que possam originar novas fissuras.

7.2. Fissuras Horizontais

As fissuras horizontais, Fissura 2 identificada no quarto da Edificação A e Fissura 4 no quarto da Edificação B, possuem características geométricas e ambas são classificadas como passivas e sazonais.

As fissuras horizontais foram, provavelmente, causadas por retração do concreto devido ao excesso de água na mistura ou cura inadequada. As fissuras horizontais podem surgir em paredes internas, indicando falhas na execução do processo de cura e retração.

O controle das fissuras horizontais pode ser feito com a aplicação de juntas de dilatação para permitir a movimentação controlada dos materiais. Também deve ser aplicada uma técnica adequada de cura do concreto para minimizar os efeitos da retração.

7.3. Fissuras Verticais

As fissuras verticais, Fissura 3 identificada no corredor da Edificação B e Fissura 5 na sala da Edificação C, possuem características geométricas e ambas são classificadas como passivas e sazonais.

As principais possíveis causas das fissuras verticais estão relacionadas a recalques de fundação, onde o solo ou o aterro sob a estrutura cede, ou se deforma, resultando em fissuração.

É fundamental compactar adequadamente o solo de fundação para evitar recalques diferenciais. Em alguns casos, pode ser necessário reforçar a fundação ou

adotar técnicas de estabilização do solo para evitar novos movimentos e fissuras verticais.

8. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo identificar e classificar as principais causas de fissuração em edificações de concreto armado e alvenaria, além de propor soluções preventivas e corretivas. A pesquisa mostrou que as fissuras podem ser causadas por uma combinação de fatores, como sobrecargas estruturais, retrações do concreto, recalques de fundação, falhas na execução, projetos inadequados e, em muitos casos, pela ausência ou instalação inadequada de vergas e contravergas em janelas e portas, o que gera concentrações de tensões nessas áreas. Essas manifestações comprometem a durabilidade e a segurança das construções, exigindo atenção constante durante todo o ciclo de vida da edificação.

Com base nos estudos e nas visitas técnicas realizadas, foi possível diagnosticar as causas específicas das fissuras encontradas e sugerir soluções direcionadas a cada caso. O uso de práticas preventivas, como juntas de dilatação, controle de umidade e reforço de fundações, mostrou-se essencial para evitar a progressão das fissuras. Conclui-se que a identificação correta e o monitoramento contínuo são indispensáveis não apenas para manter a estética e funcionalidade, mas também para preservar a segurança estrutural a longo prazo.

Assim, a adoção de métodos adequados de diagnóstico e reparo, com intervenções preventivas eficientes, contribui significativamente para prolongar a vida útil das edificações e otimizar os custos de manutenção, garantindo construções mais seguras e duráveis.

Referências:

ALMEIDA, Luiz Carlos de. *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.

ANDRIOLO, Francisco Rodrigues. *Construção de concreto, manual de práticas para controle e execução*. São Paulo: PINI, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2014.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575 - Impermeabilização - Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2003.
- AZEVEDO, M. T. Patologia das Estruturas de Concreto. In ISAIA, G. C. Ed. Concreto: Ciência e tecnologia. Volume 2. 1. ed. São Paulo, 2011.
- BRITO, Dorival Rosa. *Prevenção e recuperação de fissuras em alvenaria de edifícios*. 2010.
- CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. *Estruturas de Concreto Armado. Fundamentos de Projeto, Dimensionamento e Verificação*. Brasília, 2008.
- DIMAS, Matheus de Souza, et. al. *TRATAMENTO DE FISSURAS ATIVAS E PASSIVAS EM EDIFICAÇÕES*. *Manhuaçu*, 2024.
- DOURADO, Kallyne Silva. *Patologias: Uma revisão bibliográfica sobre trincas e fissuras em estruturas de concreto armado*. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Educacional Fasipe, 2024.
- DUARTE, Hiago; BARBOSA, Melissa; FARIAS, Bruno. *Fissuras em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso*. Epitaya E-Books, 2021.
- ELDRIDGE, John. *Construcción, defectos comunes*. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.
- FERREIRA, Guilherme Henrique. *Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso*. 2020. 82 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.
- FIGUERÔA, José do Patrocínio; ANDRADE, Tibério. *O ataque da Reação Álcali Agregado sobre as estruturas de Concreto: a descoberta pioneira da ocorrência do problema em fundações de pontes e edifícios na Região Metropolitana do Recife*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007.
- GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. *Estudo de Patologia e Suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações*. Rio de Janeiro, 2015.
- HEINECK, Luiz Fernando; TRISTÃO, Humberto; NEVES, Marcos. *Problemas em uma empresa de construção e em seus canteiros de obras*. In: *ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, Rio de Janeiro, 1995. Qualidade e Tecnologia na Habitação: anais Rio de Janeiro, UFRJ / ANTAC, 1995, v.1
- HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. *Concreto de Cimento Portland*. São Paulo. 2 ed. IBRACON, 2010.
- HELENE, Paulo R. L. *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. São Paulo: Pini., 1992
- LOURENCI, Carlos Rafael Brinques; LIMA, Larissa Fernanda Teixeira de Souza. *Diagnóstico das manifestações patológicas em empreendimento hoteleiro de pequeno porte no município de Imbituba: Levantamento, avaliação e reparação das*

principais ocorrências. UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, Tubarão, 2019.

MAGALHÃES, Letícia Ferreira; OLIVEIRA, Camila Amélia Martins de. *ANÁLISE E REPARAÇÃO DE FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA*. Caratinga – MG, 2017.

MEDEIROS, João Vítor Fragôso de. *Levantamento das manifestações patológicas nas escolas municipais de Cajazeiras –PB: estudo de caso*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias da Paraíba: Cajazeiras, 2019.

MOLIN, Dal; COITINHO, Denise Carpena. *Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1988.

NEVILLE, Adam; BROOKS, James. *Tecnologia do concreto*. Porto Alegre: Bookman, 2013.

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.

PARIZOTTO, Liana. *Concreto armado* [recurso eletrônico] / Liana Parizotto. – Porto Alegre: SAGAH, 2017. Editado como livro impresso em 2017.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado*. Apostila para Curso de Extensão, Ed. Depto. Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1997.

RELVAS, FERNANDO JOSÉ. *Curso de estruturas de concreto: projeto, execução e reparo. Reforço de peças de concreto armado, com chapas de aço*. Apostila. Dezembro 2004.

RODRIGUES, Lázaro; PINHEIRO, Érika. *"Manifestações patológicas causadas pela falha de impermeabilização em uma laje de concreto armado: Estudo de caso"*. São Paulo, 2021.

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

SILVA, Cíntia Figueira da. *ANÁLISE DE FALHAS EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL*. Belo Horizonte - MG, 2015.

SILVA, Anderson; GODOY, Gustavo; RESENDE, Paulo; *Fissuras no concreto armado: causas, consequências, formas de mitigação e reparos*. Goiânia. 2022.

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

THOMAZ, Ercio. *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Pini; EPUSP; IPT, 1989.

VEIGA, Maria do Rosário da Silva. *Comportamento de argamassas de revestimento de paredes: contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação*. Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. LNEC. 1998.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. *FUNDAÇÕES – volume completo*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ZANZARINI, José Carlos. *Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural: estudo de caso*. 2016. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.