



**LETÍCIA RAMOS DA SILVA**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PRÉDIOS DA UFLA E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS**

**LAVRAS – MG**

**2023**

**LETÍCIA RAMOS DA SILVA**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PRÉDIOS DA UFLA E SUAS  
POSSÍVEIS CAUSAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Igor José Mendes Lemes

**LAVRAS – MG**

**2023**

**LETÍCIA RAMOS DA SILVA**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PRÉDIOS DA UFLA SUAS  
AS POSSÍVEIS CAUSAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADO EM 14 de dezembro de 2023.

Prof. Dr. Igor José Mendes Lemes

Me. Luís Eduardo Silveira Dias

Dr. Rafael Cesário Silveira Dias

Prof. Dr. Igor José Mendes Lemes

**LAVRAS – MG**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso minha profunda gratidão aos meus pais por transmitirem valores essenciais, bem como por oferecerem apoio e orientação ao longo de toda a minha trajetória. Agradeço não apenas pelo investimento em minha formação, mas também por sempre acreditarem no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao professor Igor, quero expressar meu sincero agradecimento pelo tempo generosamente dedicado ao compartilhar conhecimento, orientar e contribuir para o desenvolvimento deste trabalho.

À Constru Junior, estendo minha profunda gratidão pelas valiosas amizades cultivadas e pelo conhecimento empresarial adquirido ao longo dos últimos dois anos. Agradeço às pessoas que impulsionam a empresa, pois sinto-me mais preparada e confiante para ingressar no mercado de trabalho, graças à experiência enriquecedora que vivenciei.

Por fim, expresso meu reconhecimento à Universidade Federal de Lavras pela completa infraestrutura oferecida e pela qualidade do ensino proporcionado. Cada aspecto da minha jornada acadêmica nesta instituição contribuiu significativamente para minha formação e crescimento pessoal e profissional.

## RESUMO

As manifestações patológicas referem-se às imperfeições identificadas em construções. Podem originar por falhas de projeto, execução da obra e utilização. Sua ocorrência está associada a questões como dimensionamento inadequado, falta de orientação durante a construção, ausência de manutenção, ação de agentes agressivos, entre outros fatores. Ao analisar as anomalias patológicas em componentes de concreto e alvenaria nos prédios da Universidade Federal de Lavras, observou-se que as mais frequentes incluem carbonatação, fissuração, eflorescência, corrosão e infiltração. Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica abordando algumas patologias e os ensaios que podem ser conduzidos para validar hipóteses iniciais. Após a pesquisa aprofundada sobre o tema, procedeu-se a uma investigação dos defeitos presentes em alguns edifícios da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de deduzir possíveis origens e causas. Além disso, propôs-se a realização de ensaios específicos e soluções adequadas para cada situação identificada. As hipóteses levantadas revelaram que a maioria dos problemas analisados podem ter origem devido a falhas no projeto e na execução da obra, resultando em estruturas porosas, com cobrimento inferior ao necessário, ausência de impermeabilização e deficiências das fundações. Esses fatores foram determinantes para o surgimento das patologias. O trabalho ressaltou a importância de conduzir um diagnóstico preciso para adotar a conduta mais adequada em cada caso, visando eliminar ou prevenir o agravamento dos defeitos presentes.

**Palavras-chave:** Patologia; Origem; Causa; Diagnóstico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Trinca vertical: acompanha as juntas verticais, já que a resistência à tração da alvenaria é maior que a resistência à tração da argamassa.....	13
Figura 2 – Trinca vertical: estende aos componentes de alvenaria, já que a resistência à tração da argamassa é maior que a resistência à tração dos componentes de alvenaria.....	14
Figura 3 – Fissuras verticais no pilar.....	14
Figura 4 – Fissuração no entorno da abertura, em parede solicitada verticalmente.....	15
Figura 5 – Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro.....	15
Figura 6 – Recalque diferenciado por interferência do bulbo de tensões.....	15
Figura 7 – Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo.....	16
Figura 8 – Infiltração ascendente causada pela umidade excessiva do solo.....	17
Figura 9 – Corrosão das armaduras de uma viga.....	17
Figura 10 – Eflorescência presente em uma viga.....	19
Figura 11 – Propagação da carbonatação ao longo do tempo.....	20
Figura 12 – Carbonatação condicionada pela fissuração.....	20
Figura 13 – Correlação entre as cores e o pH da estrutura.....	21
Figura 14 – Superfície de concreto após sofrer o processo de carbonatação.....	22
Figura 15 – Medição com fissurometro, fissura de 0,5mm.....	22
Figura 16 – Esclerômetro de reflexão de Schmidt.....	23
Figura 17 – Esquemático do funcionamento do esclerômetro de reflexão.....	23
Figura 18 – Esquema do funcionamento do ultrassom.....	24
Figura 19 – Equipamento pacômetro.....	25
Figura 20 – Detecção de umidade em uma parede, pela câmera termográfica FLIR.....	26
Figura 21 – Fluxograma para diagnose de uma estrutura convencional.....	28

Figura 22 – Prédio Lavrastec no Campus da Universidade Federal de Lavras.....	29
Figura 23 – Viga em processo de desagregação do cobrimento.....	29
Figura 24 – Viga em processo de desagregação do concreto.....	30
Figura 25 – Corrosão das armaduras em uma laje.....	31
Figura 26 – Reposição da seção original de aço por adição de novas barras.....	32
Figura 27 – Presença de mancha esbranquiçada em um componente da edificação.....	33
Figura 28 – Departamento de Administração e Economia.....	34
Figura 29 – Infiltração no piso e alvenaria do Departamento de Administração e Economia..	34
Figura 30 – Pavilhão de aulas nº 6.....	35
Figura 31 – Fendas presentes na alvenaria do Pavilhão 6.....	35
Figura 32 – Fendas presentes na alvenaria do Pavilhão 6.....	36
Figura 33 – Reparo de uma abertura por costura.....	37
Figura 34 – Selagem de fendas com abertura entre 10 mm e 30 mm.....	38
Figura 35 – Vedação de fendas de grande abertura com mastique.....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	Considerações iniciais	9
1.2	Motivação	10
1.3	Objetivo	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>12</b>
2.1	Conceitos Fundamentais	12
2.2	Tipos de manifestações patológicas	12
2.2.1	Fissuras	12
2.2.2	Infiltração	16
2.2.3	Corrosão	17
2.2.4	Eflorescência	18
2.2.5	Carbonatação	19
2.3	Ferramentas de apoio à inspeção e diagnóstico	20
2.3.1	Teste do grau de carbonatação	21
2.3.2	Fissurometro	22
2.3.3	Esclerometria	23
2.3.4	Velocidade de Pulso Ultrassônico (VPU)	24
2.3.5	Pacômetria	25
2.3.6	Termografia infravermelha	26
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>29</b>
4.1	Carbonatação presente em uma viga	29
4.2	Corrosão das armaduras de uma laje	31
4.3	Eflorescência sobre a superfície de uma alvenaria	32
4.4	Infiltração ascendente no piso e alvenaria	33
4.5	Aberturas presentes em uma parede	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>41</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

Desde o período Neolítico, caracterizado por civilizações sedentárias, o homem é preocupado com a construção de bases habitacionais ou de infraestrutura, sendo a pedra natural muito utilizada na época. Com isto, a humanidade acumulou um grande conhecimento ao longo do tempo, permitindo desenvolvimento da tecnologia da construção, desde a concepção até o detalhamento das estruturas (SOUZA; RIPPER, 1998).

A construção civil é uma atividade que está ligada ao desenvolvimento econômico do Brasil, por ser um setor que age na geração de empregos em série. Com o advento do Código de Defesa do Consumidor, no ano de 1990, o consumidor passou a conhecer seus direitos e garantias, e como consequência, tornou-se mais exigente quanto a entrega do produto final.

Diante desse cenário, as empresas de engenharia civil começaram a direcionar esforços para aprimorar seus processos, incluindo capacitação da mão de obra e fornecimento de manuais do proprietário, com o intuito de minimizar as chances de ocorrência de problemas patológicos nas edificações.

No Brasil, a maior parte das edificações e infraestrutura utilizam o sistema estrutural em concreto armado. Apesar do avanço, algumas estruturas acabam por ter um desempenho insatisfatório, por ainda existirem sérias limitações ao livre desenvolvimento científico e tecnológico, além das inevitáveis falhas involuntárias e casos de imperícia. Este conjunto de fatores é responsável pela deterioração estrutural, na qual as causas podem ser desde o envelhecimento “natural” das estruturas, até acidentes e/ou negligência tanto do profissional quanto do proprietário (SOUZA; RIPPER, 1998).

As manifestações patológicas na construção civil são os defeitos apresentados no decorrer da construção da obra, ou ainda obtidos com o passar do tempo, as quais venham a prejudicar o desempenho esperado de uma edificação (FERREIRA; OLIVEIRA, 2021).

Não são todas as manifestações patológicas que acontecem por erros de concepção ou ausência de programas de controle de qualidade. Muitas das manifestações surgem pelo uso inadequado e falta de manutenção da edificação. Para isso, são utilizadas normas técnicas que auxiliam na formatação de documentos como manuais de uso, utilização e manutenção, guiando

usuários e o público leigo, na realização de manutenção preventiva para impedir problemas futuros (MOLIN, 1988).

Com exceção de alguns casos raros, as manifestações patológicas apresentam aparência externa característica, as quais permitem a dedução da natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos. Assim, pode-se estimar suas prováveis consequências e realizar diagnósticos a partir de análises (HELENE, 1992). O estudo deste ramo da engenharia, é de extrema importância para que as manifestações patológicas sejam evitadas em novas edificações.

## **1.2 Motivação**

A motivação deste trabalho surgiu da necessidade de explorar novos ramos dentro da engenharia civil. É comum que em diversas graduações evidenciem assuntos na área de projetos e execução de obras, enquanto a patologia das construções torna-se uma atividade não obrigatória da grade curricular.

O estudo desta área proporciona novas possibilidades no mercado de trabalho, já que existem muitas edificações que estão envelhecendo e que necessitam de inspeções, diagnósticos e reparos. É importante frisar que o estudo não deve ser realizado somente pelo engenheiro de diagnóstico, sendo interessante que o projetista e o corpo executor tenham conhecimento para evitar falhas de projeto e execução.

## **1.3 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é analisar algumas manifestações patológicas de prédios da UFLA (Universidade Federal de Lavras), a fim de identificar as possíveis causas. Além disso, serão apontados quais ensaios poderão ser realizados para diagnosticar a patologia, e por fim, quais reparos que podem ser implementados.

De acordo com Helene (1992):

Tendo em vista o conhecimento atual dos processos e mecanismos destrutivos que atuam sobre as estruturas e considerando a grande evolução tecnológica dos últimos anos – com o desenvolvimento de equipamentos e técnicas de observação de estruturas – é perfeitamente possível diagnosticar com êxito a maioria dos problemas patológicos (HELENE, 1992, p.17).

O ideal é que as manifestações patológicas sejam evitadas, fazendo-se o uso de técnicas adequadas e preventivas. No entanto, quando isto não acontece, as manifestações devem ser corretamente inspecionadas, diagnosticadas e tratadas para que os mecanismos não deixem de cumprir sua respectiva função.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Conceitos Fundamentais**

Embora o concreto possa ser considerado um material praticamente eterno, há construções que apresentam uma grande intensidade de manifestações patológicas, que se não forem devidamente corrigidas, podem levar ao colapso parcial ou total da estrutura (HELENE, 1992).

Segundo Helene (1992): “Patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”.

Os sintomas podem ser denominados como lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, e é a partir da análise destes sintomas que é realizado um primeiro diagnóstico. O mecanismo é o conhecimento de todo o processo responsável pela geração do sintoma. E por fim, a origem que é o momento em que pode ter dado início à manifestação (HELENE, 1992).

Feito um diagnóstico detalhado, deve-se avaliar a complexidade da manifestação e definir qual a conduta de terapia será necessária para a área atingida, com a finalidade de evitar o avanço da patologia. Em casos de instabilidade na edificação, pode ser necessário o reforço imediato das estruturas.

### **2.2 Tipos de manifestações patológicas**

#### **2.2.1 Fissuras**

Fissuras são manifestações patológicas caracterizadas pela abertura do material. São classificadas como fissura, ocorrências com aberturas de até 0,5mm sendo que a nomenclatura para cada fenômeno pode variar entre fissura, trinca, rachadura, fenda e brecha, a depender da espessura da abertura (OLIVEIRA, 2012). Na Tabela 1 estão apresentadas as classificações das aberturas de acordo com a espessura.

Tabela 1 – Classificação das aberturas de acordo com a espessura.

<b>ANOMALIAS</b>	<b>ABERTURAS (mm)</b>
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

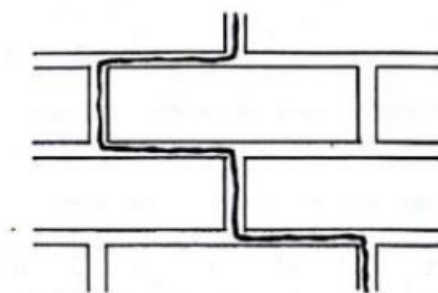
Fonte: Silva apud Oliveira (2012).

As fissuras são defeitos que podem surgir por movimentações e sobrecarga, dentre eles as movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade, concentração de tensões, deformabilidade excessiva das estruturas, recalques diferenciados das fundações, retração do concreto, alterações químicas de materiais de construção (THOMAZ, 2003).

Segundo Thomaz (2003) “movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e a intensidade da variação da temperatura”. Dentre as formas de manifestação com esta classificação, tem-se as trincas por movimentações diferenciadas, que ocorrem em função da junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais e gradiente de temperaturas ao longo do mesmo componente (THOMAZ, 2003).

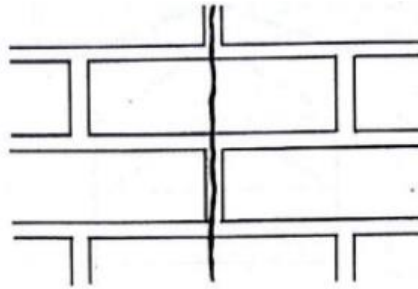
As fissuras provocadas pelas movimentações térmicas, em muros, normalmente iniciam-se na base do muro. Estes defeitos podem acompanhar as juntas verticais ou estender através dos componentes de alvenaria, a depender da resistência à tração da argamassa de assentamento e alvenaria (THOMAZ, 2003). As possibilidades de abertura nos componentes da alvenaria, estão apresentadas nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Trinca vertical: acompanha as juntas verticais, já que a resistência à tração da alvenaria é maior que a resistência à tração da argamassa.



Fonte: Thomaz (2003).

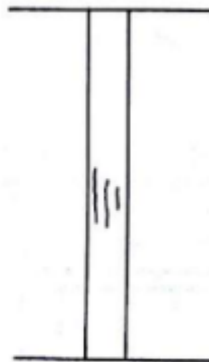
Figura 2 – Trinca vertical: estende aos componentes de alvenaria, já que a resistência à tração da argamassa é maior que a resistência à tração dos componentes de alvenaria.



Fonte: Thomaz (2003).

As fissuras provenientes da atuação da sobrecarga, podem produzir aberturas em componentes estruturais. As peças de concreto armado, apresentam aberturas reduzidas já que o cálculo para o dimensionamento leva em consideração o aparecimento dessas fissuras. São raros os casos de ocorrência de fissuras em pilares, no entanto, não são tão raros os casos de fissuras verticais nos corpos dos pilares (THOMAZ, 2003). Na Figura 3 é possível observar fissuras verticais em decorrência do subdimensionamento dos estribos.

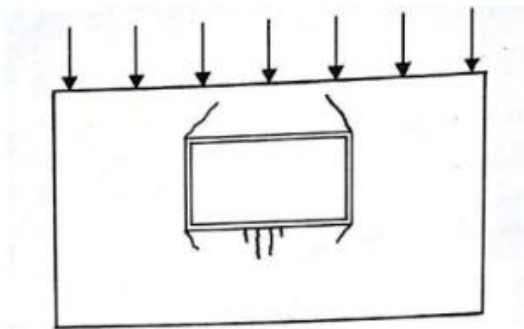
Figura 3 – Fissuras verticais no pilar.



Fonte: Thomaz (2003).

A sobrecarga localizada também pode provocar ruptura em componentes de alvenaria, dependendo da resistência à compressão do material. Nas paredes de alvenaria onde existem aberturas, as frestas formam-se a partir dos vértices e sob o peitoril e podem ser observadas na Figura 4 (THOMAZ, 2003).

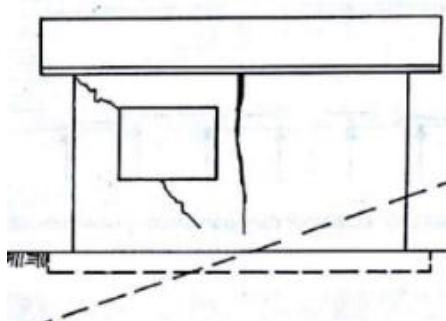
Figura 4 – Fissuração no entorno da abertura, em parede solicitada verticalmente.



Fonte: Thomaz (2003).

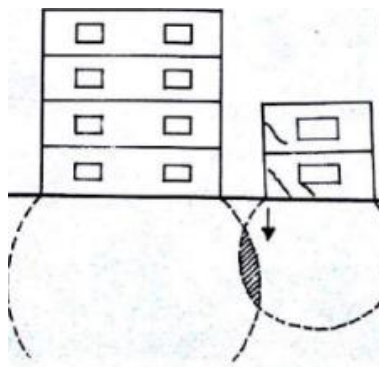
Outra forma de fissuração dos componentes de uma edificação, é a fissuração provocada pelo recalque. Ao dimensionar uma estrutura, uma série de parâmetros do solo são levados em consideração para que o recalque total seja o menor valor possível, e esteja dentro dos limites recomendados. Em geral, as fissuras originadas por recalques diferenciados são inclinadas, e apresentam aberturas maiores, diminuindo a inclinação em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque (THOMAZ, 2003). As Figuras 5, 6 e 7 representam a aparência e direção de fissuras originadas por recalques diferenciais.

Figura 5 – Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro.



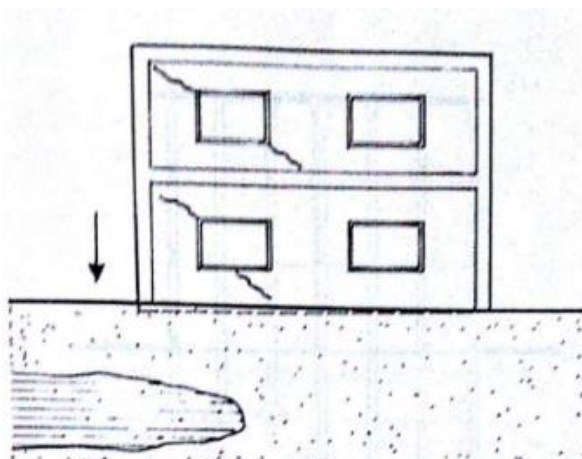
Fonte: Thomaz (2003).

Figura 6 – Recalque diferenciado por interferência do bulbo de tensões.



Fonte: Thomaz (2003).

Figura 7 – Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo.



Fonte: Thomaz (2003).

### 2.2.2 Infiltração

A infiltração é o nome dado ao transporte de fluido no interstício dos materiais. As estruturas de concreto são exemplos de elementos que podem sofrer com a infiltração. De acordo com Souza e Ripper (1998, p.35) “quanto mais permissivo um concreto for ao transporte interno de água, gases e outros agentes agressivos, maior a probabilidade da sua degradação.”. Apesar do concreto ter como característica a impermeabilidade, é um material que apresenta porosidade e é através destes poros que possibilita o transporte de líquidos, gases e substâncias. Na Figura 8 observa-se a ação da infiltração em alvenaria.

Souza e Ripper (1998, p. 40) disseram:

O transporte da água pela estrutura porosa do concreto implica na dissolução do hidróxido de cálcio, com o conseqüente abaixamento do pH do concreto, fazendo precipitar gel de sílica (casos em que o pH pode ver-se reduzido a 10,5) ou de alumina ( $\text{pH} < 7$ ), e desagregando o concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).

Outro componente que está suscetível a penetração de água é a alvenaria. As alvenarias podem sofrer com a infiltração por meio da ausência de métodos de impermeabilização, vazamentos, exposição a intempéries, dentre diversos fatores que contribuem com o surgimento de manchas escuras, mofo, deslocamento do revestimento e até mesmo a deterioração total do elemento.



Figura 8 – Infiltração ascendente causada pela umidade excessiva do solo.



Fonte: Zuchetti (2015).

### 2.2.3 Corrosão

A corrosão das armaduras do concreto é uma manifestação patológica comum, que pode ser originada por diversos fatores. O processo pode ser dividido entre corrosão eletroquímica, química e eletrolítica, no qual a corrosão eletroquímica é a mais frequente em construções.

A corrosão eletroquímica é um processo espontâneo, caracterizada por iniciar-se na presença de água. O ferro presente no aço interage com a água, e com as reações químicas geradas, tem-se em especial, a formação de dois elementos, no caso a ferrugem, que consiste nos compostos  $Fe_3O_4$  (coloração preta) e  $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  (coloração alaranjada ou castanho-avermelhada) (MERÇON, GUIMARÃES; MAINIER; 2004). A corrosão do aço em uma viga é apresentada na Figura 9.

Figura 9– Corrosão das armaduras de uma viga.



Fonte: Zuchetti (2015).

A ferrugem é responsável pelo aumento de volume das armaduras do concreto. Apesar do aumento de volume na região que sofreu o processo de corrosão, a seção transversal útil da barra nessa área diminui, ou seja, a bitola dimensionada para resistir os esforços de tração e compressão se torna inferior à necessária, o que pode levar a ruína do elemento estrutural.

Além disso, o aumento do volume das armaduras resulta em tensões internas que o concreto não resiste, o que pode contribuir para formação de fissuras, as quais serão responsáveis por aumentar a superfície de contato entre o aço e o ambiente externo, que podem agravar o processo de corrosão e por fim, ocasionam a degradação do elemento (FIM, 2021).

#### **2.2.4 Eflorescência**

A eflorescência é um fenômeno caracterizado pelo carreamento de sais presentes nos materiais utilizados na construção civil, como alvenarias e concretos, à superfície. Segundo Menezes *et al.* (2006): “A formação de depósitos de sais em alvenarias e concretos ocorre pela cristalização dos sais das soluções aquosas, cuja saturação foi atingida em consequência da evaporação do solvente”.

As condições necessárias para que aconteça a eflorescência é a presença simultânea de água, sais e condições ambientais e estruturais para que ocorra a percolação e evaporação da água (MENEZES *et al.*, 2006). A percolação ocorre pela porosidade dos componentes, sendo que a porosidade excessiva pode contribuir para a formação da eflorescência, devido a elevada absorção de água (ANTUNES, 2010).

Os depósitos de sais são como manchas brancas na superfície de concreto e alvenarias, e podem ser removidos por meio de uma simples lavagem da superfície do revestimento. A prevenção dos defeitos pode ser feita através da utilização de cimentos com baixo teor de álcalis, utilização de cerâmicas queimadas em altas temperaturas (responsável pela eliminação dos sais solúveis de sua composição), permitindo que os elementos tenham atingido seu tempo de secagem, entre outros (ANTUNES, 2010). A manifestação de eflorescência na superfície de uma estrutura de concreto é ilustrada na Figura 10.

Figura 10 – Eflorescência presente em uma viga.



Fonte: Zuchetti (2015).

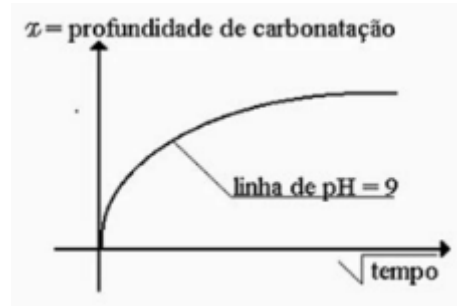
### 2.2.5 Carbonatação

O fenômeno da carbonatação inicia-se com a ação do CO<sub>2</sub> presente na atmosfera que é transportada através dos poros do concreto. O CO<sub>2</sub> reage com o hidróxido de cálcio presente na água do concreto, formando o carbonato de cálcio, conforme equação (1) (SOUZA e RIPPER, 1998).



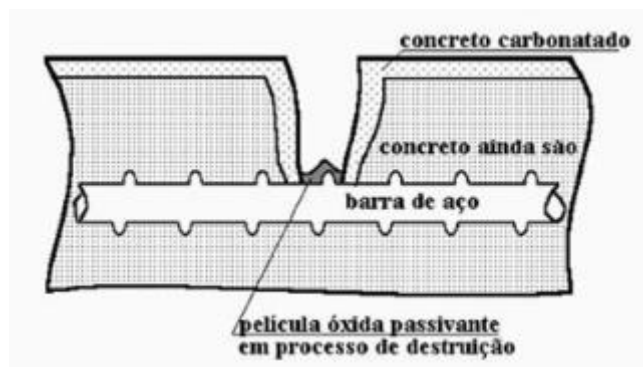
A carbonatação implica a redução do pH do concreto, que antes estava em meio alcalino, para valores inferiores a 9, tornando o meio ácido. Souza e Ripper (1998, p. 74) afirmaram que “Quanto maior for a concentração de CO<sub>2</sub> presente, menor será o pH, ou, por outro lado, mais espessa será a camada de concreto carbonatada.” Com o avanço da carbonatação por meio dos poros e fissuras, o fenômeno pode atingir a armadura, romper o filme óxido que as protege e ocasionar a corrosão das mesmas (SOUZA; RIPPER, 1998). Nas Figuras 11 e 12 estão representadas a propagação da manifestação ao longo do tempo e o ataque à armadura por meio de uma fissura.

Figura 11 – Propagação da carbonatação ao longo do tempo.



Fonte: C.E.B – Boletim n° 183 (1989).

Figura 12 – Carbonatação condicionada pela fissuração.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

### 2.3 Ferramentas de apoio à inspeção e diagnóstico

A etapa de diagnóstico das manifestações patológicas é de extrema importância e deve ser feita com assertividade. Para isso, é necessário analisar a existência do defeito, definir a extensão do quadro patológico e a sequência da vistoria, registrar os dados visuais da anomalia e por fim, realizar testes com instrumentos simples, como teste do grau de carbonatação (fenolftaleína), abertura de fissuras (fissurômetro), teste de percussão (martelo), teste de facilidade de destacamento (martelo de bico) (LAPA, 2008).

Caso os dados levantados em vistoria não sejam satisfatórios, pode ser necessário verificar a anamnese do problema, desde a etapa de projeto. Se ainda não tiver sido possível diagnosticar, é preciso obter mais informações através de exames complementares, que devem ser escolhidos de forma estritamente necessária e de acordo com cada fenômeno (LAPA, 2008).

Os exames complementares podem ser executados em laboratório ou “*in loco*”. (LAPA, 2008). Os ensaios no local podem ser classificados em destrutivos e não destrutivos, sendo que

o destrutivo é caracterizado pela extração dos corpos de prova que serão levados ao laboratório para testes e análise. Já os ensaios não destrutivos são os que primeiramente devem ser executados, pois não oferecem prejuízo à estrutura que já apresenta danos.

No Brasil, a aplicação de ensaios não destrutivos vem se desenvolvendo nas últimas décadas. “O uso de métodos de ensaio não destrutivo é uma maneira de viabilizar a inspeção e a avaliação do estado de conservação de construções civis, de forma econômica e eficiente.” (LORENZI *et al.*, 2016). Dentre os diversos ensaios não destrutivos, são destacados a esclerometria, ultrassom, pacometria, resistência a penetração, termografia, medição de maturidade.

### 2.3.1 Teste do grau de carbonatação

Para verificar se uma determinada área está sofrendo o processo de carbonatação, é utilizado a fenolftaleína ou timolftaleína, para indicar o pH da estrutura. O ensaio é de carácter semi-destrutivo, já que consiste na abertura de uma extensão maior que a do recobrimento da armadura. Após a retirada da amostra, deve-se aplicar a fenolftaleína ou timolftaleína. Caso a amostra assuma cores rosas ou azul, significa que a estrutura está em meio alcalino e não está carbonatada. Caso o local que foi aplicado as soluções permaneça incolor, a estrutura está carbonatada. (PEDROZA, 2018). A correlação entre as cores e o pH da estrutura está apresentada na Figura 13, e na Figura 14 está exemplificada a ação da carbonatação.

Figura 13 – Correlação entre as cores e o pH da estrutura.

	Valores de pH													
Timolftaleína	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Fenolftaleína	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fonte: Granato (2002).

Figura 14 –Superfície de concreto após sofrer o processo de carbonatação.



Fonte: Maran (2012).

### 2.3.2 Fissurometro

O fissurômetro é um dispositivo empregado para avaliar o desenvolvimento de uma abertura e diferenciar o tipo, classificando-o de acordo com a espessura em fissura, trinca, rachadura, fenda e brecha (MIRANDA; ALVES; FERNANDES, 2018). Trata-se de um teste simples, porém de extrema importância para a verificação do grau de ameaça da manifestação. O procedimento consiste na medição da espessura da abertura, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Medição com fissurometro, fissura de 0,5mm.



Fonte: Miranda, Alves e Fernandes (2018).

### 2.3.3 Esclerometria

O ensaio definido como esclerometria é utilizado para estimar a resistência do concreto por meio da sua dureza superficial. A NBR 7584 (2012, ABNT), determina o funcionamento do esclerômetro como uma massa martelo que impulsionada por uma mola se choca através de uma haste com ponta em forma de calota esférica com a área do ensaio. O esclerômetro de reflexão utilizado no teste é exibido na Figura 16.

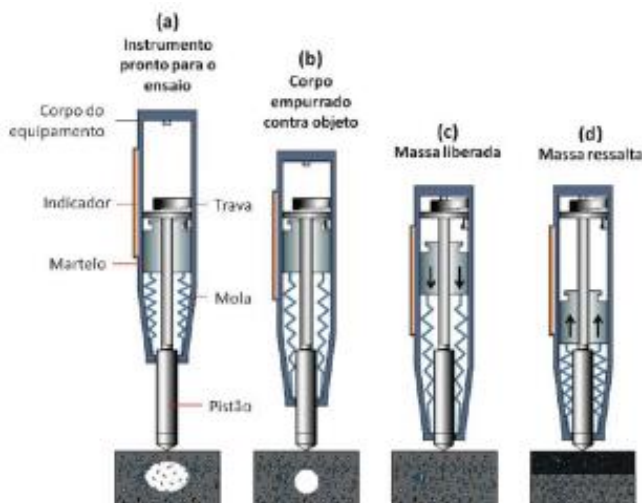
Figura 16 - Esclerômetro de reflexão de Schmidt.



Fonte: Alves (2017).

Para Samaniego (2014), o ensaio consiste em impactar uma superfície com uma dada energia de impacto. Após o choque entre o equipamento e a superfície, parte da energia de impacto é consumida pela superfície e parte refletida elasticamente, provocando o retorno do martelo. A distância de rebote do martelo é definida como índice esclerométrico (SAMANIEGO, 2014). A Figura 17 representa a simulação do ensaio de esclerometria e a Tabela 2 correlaciona o índice esclerométrico (IE) com a resistência do concreto  $f_{ck}$ .

Figura 17 – Esquemático do funcionamento do esclerômetro de reflexão.



Fonte: Malhotra (2004).

Tabela 2 - Equações propostas para correlacionar IE e fck.

Autor	Equação	Agregados	Resistência à compressão (MPa)
Evangelista (2002)	$f_c = (0,033)IE^{2,02}$ $f_c = (0,007)IE^{2,477}$ $f_c = (0,0252)IE^{2,128}$	Gnaisse: 19mm Gnaisse: 9,5mm Traquito: 19mm	11-53 10-46 8-49
Machado (2005)	$f_c = (0,026)IE^{2,044}$	Gnaisse, Sienito: 19mm	15-50
Câmara (2006)	$f_c = (1,8538)IE - 25,126$ $f_c = (2,233)IE - 25,386$	Cura ao ar. 9,5 e 19 mm $\alpha=47\%$ Cura úmida. 9,5 e 19mm $\alpha=47\%$	12-45 8-45
Aydin e Saribiyik (2010)	$f_c = (11,612)IE - 52,033$	Calcário Britado	15-50
Joffily (2010)	$f_c = (2,9049)IE - 53,61$	Calcário 19mm; $\alpha=48\%$	25-50
Pereira e Medeiros (2012)	$f_c = (1,4549)IE - 15,269$	Calcário: 9,5 a 25mm; $\alpha=52\%$	30-45
Palácios (2012)	$f_c = 3,13IE - 64,842$	Calcário 19mm; $\alpha=54\%$	39-52

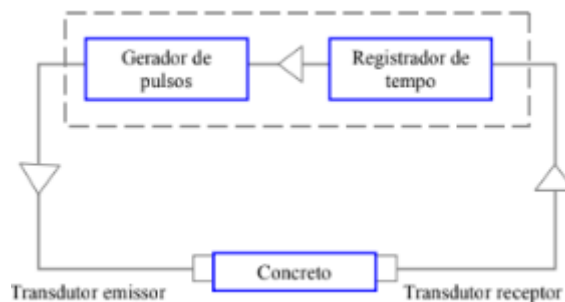
Fonte: Samaniego (2014).

Alguns fatores podem alterar os resultados do ensaio como a textura da superfície, o tamanho, forma e rigidez do ensaio, idade do concreto, condições de umidade, tipo de agregado graúdo, tipo de cimento e carbonatação (MALHOTRA, 2004).

### 2.3.4 Velocidade de Pulso Ultrassônico (VPU)

O ensaio por pulso ultrassônico tem como objetivo avaliar o tempo em que um pulso ultrassônico leva para atravessar uma seção de concreto. A velocidade é obtida dividindo-se a distância entre os transdutores do equipamento pelo tempo do trajeto. O fator responsável por correlacionar a resistência do concreto e a velocidade de propagação do pulso é a massa específica. Isto é, quanto maior for a densidade do meio, maior a velocidade do pulso (CAVALCANTI, 2010). A Figura 18 representa o esquema de funcionamento do ensaio ultrassônico.

Figura 18 – Esquema de funcionamento do ultrassom.



Fonte: Lorenzi (2009).



As premissas para execução do ensaio estão disponíveis na norma brasileira NBR 8802/2019 CONCRETO ENDURECIDO – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

### 2.3.5 Pacômetria

A pacômetria é um teste que consiste na localização das armaduras no interior do concreto, a fim de estimar a sua posição em relação à superfície da sonda, por meio de ondas eletromagnéticas. O aparelho utilizado é o pacômetro, e está apresentado na Figura 19. Além da posição das barras, o equipamento pode determinar o cobrimento, e até mesmo o diâmetro da barra (PEDROZA, 2018).

Figura 19 – Equipamento pacômetro.



Fonte: Andrade (2017).

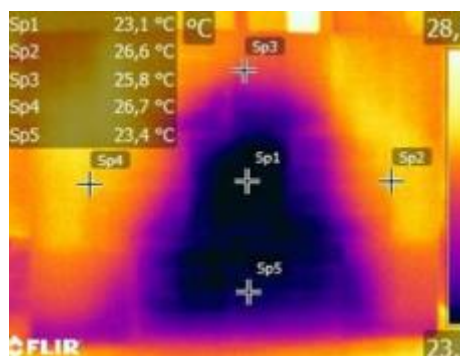
O ensaio pode oferecer resultados insatisfatórios para estruturas com grande quantidade de armadura, já que a proximidade entre elas pode causar interferência e resultar em uma leitura imprecisa (PEDROZA, 2018).

### 2.3.6 Termografia infravermelha

A termografia infravermelha aplicada para inspeção é fundamentada na porosidade, defeitos e anomalias do concreto, que afetam as propriedades térmicas de transferência de calor da estrutura. Logo que a temperatura aumenta ao longo do dia, as áreas onde estão as manifestações patológicas interrompem a transferência de calor no interior do concreto, aquecendo rapidamente. Isto acontece já que os defeitos são preenchidos por ar ou água, que têm uma condutividade térmica diferente do concreto. Já durante a noite, acontece ao contrário, já que as temperaturas abaixam, as áreas onde estão os defeitos são resfriadas mais rápido do que áreas sem problemas (ROCHA; PÓVOAS, 2017).

O método passivo é realizado à temperatura ambiente e é o mais utilizado para detecção de destacamento e umidade (LOURENÇO; MATIAS; FARIA, 2017). Para Barreira (2004), as alterações de temperatura em uma superfície úmida se dão por três fenômenos físicos, o resfriamento evaporativo na área úmida, resistência térmica e capacidade de armazenamento de calor. A Figura 20 apresenta a detecção de umidade em uma parede por meio de câmeras termográficas.

Figura 20 – Detecção de umidade em uma parede, pela câmera termográfica FLIR.



Fonte: Santos, Rocha e Póvoas (2019).

A Figura 20 exibida, revela que o ensaio foi conduzido durante a noite, uma vez que as temperaturas na região onde os defeitos estão localizados são mais baixas em comparação com as temperaturas nas demais partes da seção.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS**

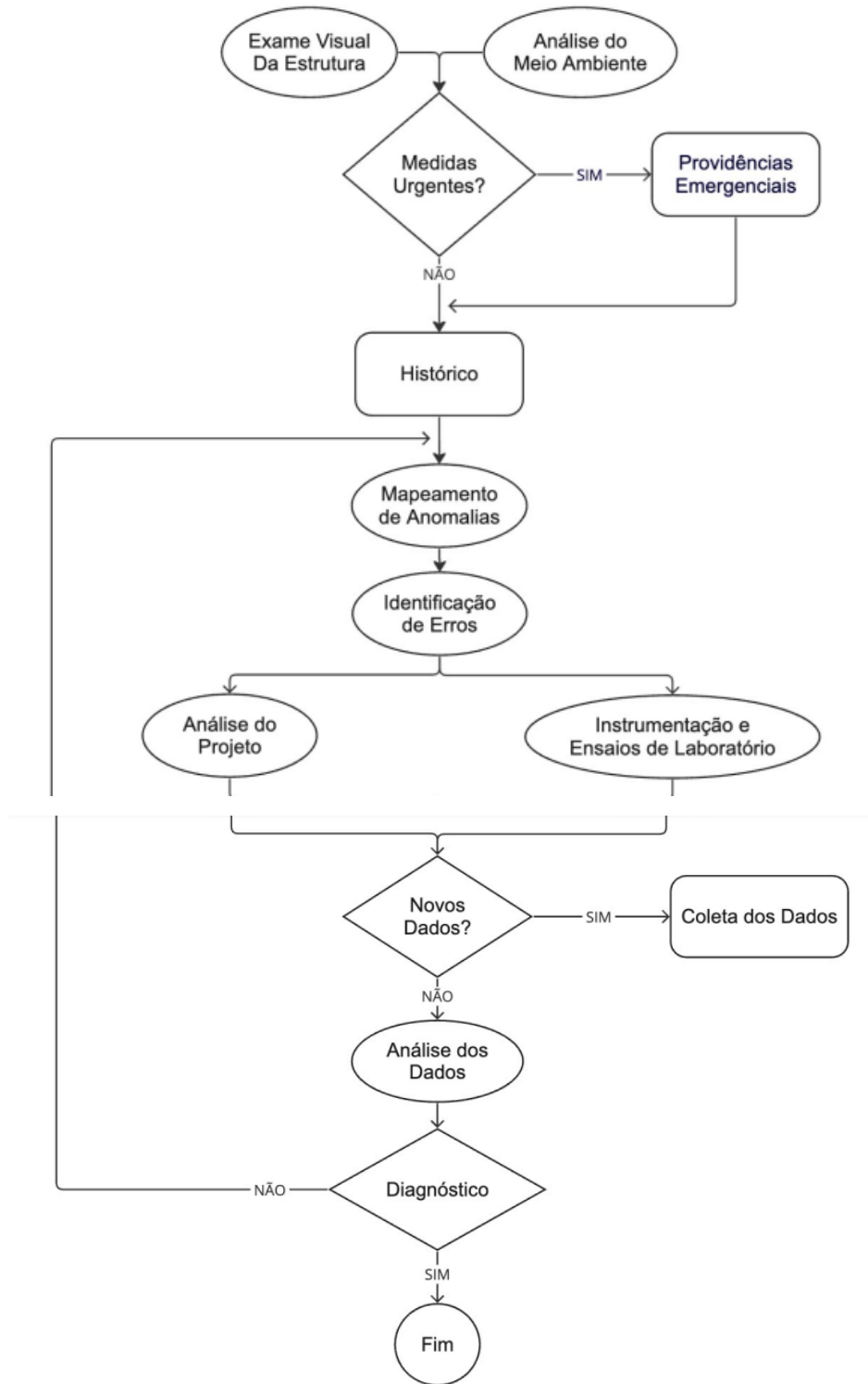
O presente trabalho foi dividido em duas etapas, que são a revisão bibliográfica e o estudo de caso. A primeira etapa consistiu na realização de pesquisas por meio de livros, teses artigos e dissertações a fim de apreender sobre o tema patologia das construções. Por meio das pesquisas bibliográficas foi possível entender conceitos, as fases do diagnóstico dos defeitos, desde a análise preliminar até a execução de ensaios, formas de evitar novas ocorrências, ou ainda algumas formas de reparo.

Para a realização da segunda etapa do trabalho, foi feita uma visita no campus da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de registrar e analisar algumas manifestações patológicas presentes nos prédios da instituição. Na visita, os prédios fotografados foram: Pavilhão de aulas nº6 (PV6), Lavrastec e Departamento de Administração e Economia (DAE).

A partir dos registros feitos na vistoria, foi possível analisar e avaliar as possíveis origens e causas das manifestações patológicas, que estão apresentadas na próxima seção de resultados e discussões. Na Figura 21 é apresentado um fluxograma para diagnose de uma estrutura convencional, utilizado como metodologia do presente trabalho.

O fluxograma foi empregado como um guia para ilustrar como um diagnóstico é realizado na prática. Embora o estudo em questão seja hipotético e baseado em revisões bibliográficas que abordam a natureza do defeito, os ensaios geralmente utilizados e as possíveis soluções para um caso específico, o fluxograma oferece uma representação visual do processo de diagnóstico.

Figura 21 – Fluxograma para diagnose de uma estrutura convencional.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Carbonatação presente em uma viga

A primeira manifestação patológica analisada, pode se tratar inicialmente de um processo de carbonatação. Na Figura 22 apresenta-se o prédio Lavratec, no qual foi identificado uma viga que sofreu o deslocamento do cobrimento. A viga analisada está apresentada nas Figuras 23 e 24.

Figura 22 – Prédio Lavrastec no Campus da Universidade Federal de Lavras.



Fonte: portal UFLA (2022).

Figura 23 – Viga em processo de desagregação do cobrimento.



Fonte: Autor (2023).

Figura 24 – Viga em processo de desagregação do concreto.



Fonte: Autor (2023).

O processo de carbonatação inicia na presença de  $\text{CO}_2$ , e quando atinge camadas profundas, pode alcançar a camada passivadora do aço, dando origem ao processo de corrosão das armaduras. A corrosão das armaduras faz com que as barras aumentem de volume, mas a seção transversal útil da barra nessa área diminui. O ganho de volume das armaduras contribui com o surgimento de fissuras e com a perda de aderência entre aço e concreto. Assim, o elemento estrutural começa a sofrer a degradação e deslocamento.

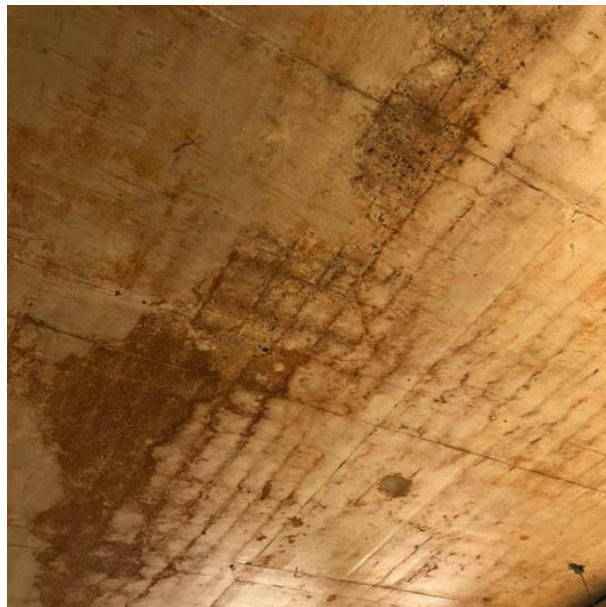
A origem do defeito pode ser proveniente do traço inadequado na produção do concreto, ou da atribuição equivocada, durante o dimensionamento, da classe de agressividade ambiental, além também de problemas durante a concretagem, tornando o concreto poroso. A fim de confirmar a hipótese de carbonatação, pode ser realizado o ensaio do grau de carbonatação, para avaliar a profundidade do elemento carbonatado e o ensaio esclerometria e/ou velocidade de pulso ultrassônico para estimar a resistência do concreto.

Neste caso, em que a viga está sofrendo com o deslocamento e as armaduras estão expostas, pode-se utilizar ferramentas de medição como o paquímetro, para examinar o diâmetro das barras. Em caso de seção transversal reduzida, além da limpeza da área afetada e substituição do concreto carbonatado, pode ser necessário o reforço das armaduras, para que a estrutura não entre em colapso.

## 4.2 Corrosão das armaduras de uma laje

Ainda no prédio Lavrastec, apresentado na Figura 22, observou-se a ocorrência de corrosão nas armaduras de uma laje de piso. Este tipo de manifestação patológica em lajes, geralmente está associada à etapa de execução da obra. (ZUCHETTI, 2015). Na Figura 25 é observada a coloração alaranjada na superfície inferior da laje, em resultado do possível processo de corrosão das armaduras.

Figura 25 – Corrosão das armaduras em uma laje.



Fonte: Autor (2023).

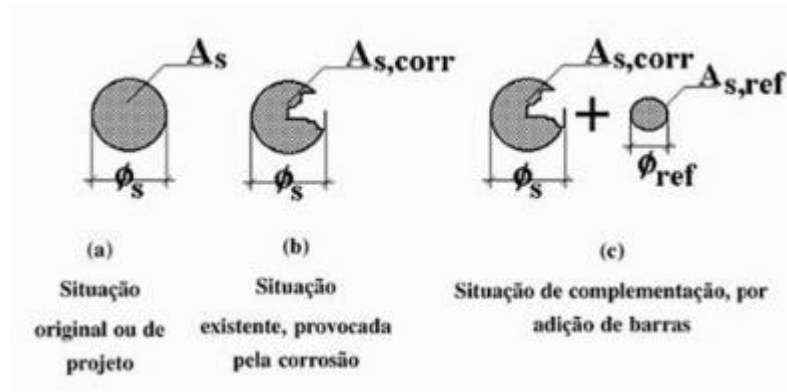
A deterioração das armaduras pode ser em decorrência de falhas na determinação da espessura de cobertura mínima, em acordo com a classe de agressividade do local, determinadas pela norma técnica NBR 6118/2014. O subdimensionamento do cobertura contribui com a exposição das barras de aço à atmosfera, e tem como consequência o início do processo de corrosão.

Outra suposição seria a falta de fiscalização durante a preparação para a concretagem da laje, na qual as fôrmas poderiam não estar posicionadas corretamente, impactando diretamente na posição das armaduras e espessura do cobertura.

Uma forma de estimar o grau da corrosão das armaduras, seria a utilização do ensaio de pacometria, a fim de avaliar o posicionamento e a bitola das barras de aço. Em caso de seção

transversal reduzida, pode ser necessário o reforço das armaduras. Na Figura 26, observa-se o reparo por complementação de armaduras existentes que perderam a seção.

Figura 26 – Reposição da seção original de aço por adição de novas barras.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

É comum admitir um limite máximo de 15% de perda seção transversal, para que não haja a necessidade de complementação das barras, no entanto, esta conduta costuma divergir de acordo com cada caso. Nesta forma de reparo, deve-se levar em consideração a distância longitudinal da manifestação patológica para decidir onde e como começar a fazer a emenda. São admitidas duas hipóteses para decidir a posição das emendas que são a partir do trecho que sofreu redução de até 15% da seção ou apenas no trecho são (SOUZA; RIPPER, 1998).

Para Souza e Ripper (1998):

Em qualquer situação, no entanto, o que interessa é que o comprimento de emenda seja o necessário para garantir que sejam transferidos para a barra de complementação os esforços que solicitam a barra corroída, de forma que o trabalho solidário das duas efetivamente se consolide. (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 45).

Se a perda de seção transversal útil for de até 15% do diâmetro, é possível adotar a técnica de descascamento do concreto que envolve as barras, seguido pelo lixamento das barras para remover a ferrugem. Após o lixamento, é recomendável realizar o jateamento de areia na região para limpar a superfície, promovendo uma melhor aderência do novo concreto ao concreto antigo (SOUZA; RIPPER, 1998).

### 4.3 Eflorescência sobre a superfície de uma alvenaria



Outra manifestação patológica encontrada no prédio Lavrastec, da Figura 22, foi a presença de uma mancha com coloração branca em um elemento da edificação no pavimento térreo. A marca pode significar a ocorrência do processo de eflorescência. Na Figura 27, está apresentada a manifestação que a princípio demonstra ter ocorrido sobre a superfície de uma alvenaria.

Figura 27 – Presença de mancha esbranquiçada em um componente da edificação.



Fonte: Autor (2023).

A eflorescência é um fenômeno que não oferece riscos à edificação, no entanto, a sua presença pode indicar o transporte de fluidos através dos interstícios das estruturas, o que pode acarretar em problemas maiores se não for investigado e tratado. Antes de iniciar o tratamento, deve-se verificar qual o material da alvenaria e a sua função, se é somente para fins de vedação ou estrutural. Nesse contexto, é possível conduzir testes de pacometria para verificar a presença de barras de aço na alvenaria, desempenhando assim o papel de alvenaria estrutural.

Em casos de alvenaria estrutural, deve-se ser cauteloso ao definir qual a conduta seguir. Uma forma de tratar o depósito de sais é por meio de lavagens pela aplicação de soluções ácidas. A superfície deve estar molhada de forma abundante para que não ocorra a penetração do ácido ao concreto sadio, o que pode alterar o pH do concreto e atingir a camada passivadora das armaduras presentes (SOUZA; RIPPER, 1998).

#### **4.4 Infiltração ascendente no piso e alvenaria**

Foi identificada a infiltração ascendente na alvenaria do prédio do departamento de administração e economia, apresentado na Figura 28. A infiltração pode ter sido causada pelo

excesso de umidade advindo do solo. Na Figura 29 é possível perceber a presença de musgo tanto no piso como na base das paredes.

Figura 28 – Departamento de Administração e Economia.



Fonte: portal UFLA (2015).

Figura 29 – Infiltração no piso e alvenaria do Departamento de Administração e Economia.



Fonte: Autor (2023).

A presença de musgos na superfície se dá pelas características de porosidade e rugosidade aliados às condições ambientais como temperatura, presença de água e luz. (BORDUN, 2014). O comparecimento de musgos é um indicativo de umidade no local, sendo que a umidade é a origem da infiltração. O fenômeno de infiltração além de impactar a estética do prédio, pode ser responsável pela degradação do revestimento e até mesmo da alvenaria a longo prazo.

Para comprovar a suposição, podem ser realizados ensaios com câmeras termográficas, a fim de avaliar as alterações de temperatura entre os pontos da área analisada e estimar o foco da umidade que está causando a infiltração do local. Com a identificação, pode ser necessário

quebrar a superfície para impermeabilizar os elementos da fundação a fim de evitar o desenvolvimento da infiltração.

#### 4.5 Aberturas presentes em uma parede

No pavilhão de aulas número 6, retratado na Figura 30, foram observadas aberturas na alvenaria, as quais exibem espessuras consideráveis e parecem se classificar a partir da categoria de fendas. As Figuras 31 e 32 mostram as fendas surgindo a partir dos vértices das aberturas das janelas.

Figura 30 – Pavilhão de aulas nº 6.



Fonte: portal UFLA (2021).

Figura 31 – Fendas presentes na alvenaria do Pavilhão 6.



Fonte: Autor (2023).

Figura 32 – Fendas presentes na alvenaria do Pavilhão 6.



Fonte: Ceconi e Santana (2021).

Uma hipótese que poderia explicar o surgimento de aberturas é a ocorrência de recalque diferencial. Sugere-se que o solo sob o edifício não seja completamente homogêneo, exibindo variações nas propriedades do material e na resistência. Consequentemente, pode-se presumir que a investigação do solo pode ter sido inadequada para identificar tais disparidades, ou até mesmo que tal investigação não tenha sido realizada.

Uma outra conjectura envolve a possibilidade de que a fundação da seção esquerda do edifício tenha sido construída sobre áreas de corte e aterro, o que poderia comprometer a estabilidade do solo se a compactação não tivesse sido realizada de maneira adequada. Adicionalmente, é possível que sistemas de fundação distintos tenham sido adotados para um único projeto, o que poderia ter contribuído para a deformação do solo e o surgimento das fendas. (CECONI; SANTANA, 2021).

Para avaliar as hipóteses em questão, pode ser crucial a realização de sondagens do solo nos locais onde as trincas surgem, com o propósito de verificar a potencial heterogeneidade do solo. Além disso, a análise do projeto é fundamental para verificar o tipo de fundação presente na área sob investigação. Caso as investigações confirmem a existência de recalques diferenciais, torna-se indispensável a realização de reforços nas fundações a fim de estabilizar os movimentos.

Em casos de fundações rasas como sapatas, vigas baldrame e radiers, o reforço deve ser iniciado removendo o solo ao redor da fundação, expondo a superfície superior e laterais. A fim de melhorar a aderência entre o componente e o novo concreto de reforço, inicia-se o processo de limpeza da superfície e apicoamento, ou até mesmo furos perpendiculares à estrutura onde

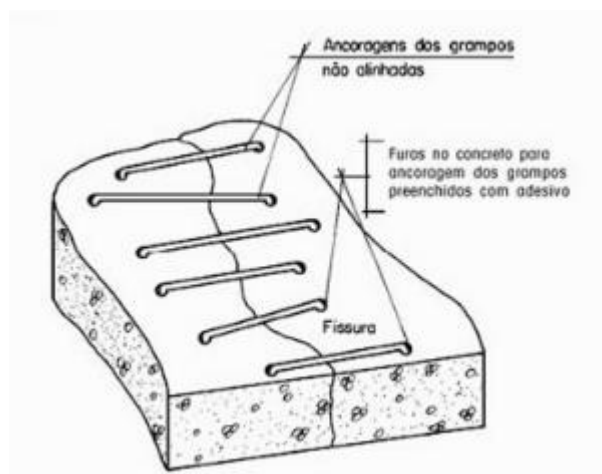
serão colocados vergalhões de aço preenchidos com resina epóxi. Depois que a preparação estiver terminada, a nova fundação é concretada com concreto estrutural (SOUZA; RIPPER, 1998).

Outra forma de realizar o reforço das fundações é através da utilização de estaca mega. O processo é iniciado por meio de uma abertura de trincheira abaixo do elemento de fundação a ser reforçado, onde se posiciona o macaco hidráulico sobre um segmento cilíndrico de concreto ou tubo metálico, que será cravado no solo. O macaco é acionado, e a cravação de novos segmentos cilíndricos é realizada até que a estaca atinja a profundidade estimada de projeto. Ao atingir a profundidade desejada, o macaco hidráulico é retirado e a cabeça da estaca é encunhada contra a parte inferior da estrutura (JUNQUEIRA, 1995).

Assim, após o reforço das fundações, é essencial abordar também o tratamento das fendas. Para determinar o tratamento adequado, é necessário avaliar a espessura da abertura, para a qual utiliza-se um fissurômetro. Com base na espessura, é possível definir o tratamento adequado.

Uma maneira de concluir o fechamento da abertura é através do processo de grampeamento. Essa técnica envolve a perfuração da superfície do concreto, criando orifícios que serão posteriormente preenchidos com resinas epoxídicas ou cimentícias, seguido pela inserção dos grampos. É importante posicionar os grampos de maneira não alinhada, evitando a introdução de esforços em linha (SOUZA; RIPPER, 1998). Na Figura 33 é possível observar como funciona o reparo de uma abertura por costura.

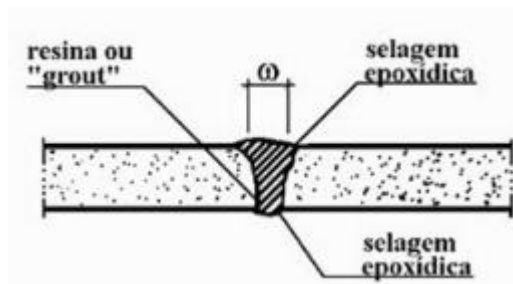
Figura 33 – Reparo de uma abertura por costura.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

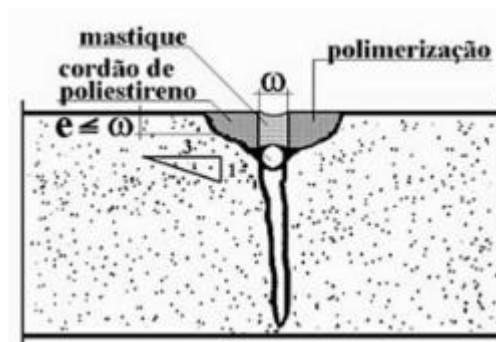
Outra alternativa para aberturas com espessura superior a 10mm, é a técnica de selagem de fissuras. Isso envolve a utilização de um material que seja obrigatoriamente aderente, resistente tanto mecanicamente quanto quimicamente, não sujeito a retração, e com um módulo de elasticidade adequado para acomodar as deformações da fenda, como por exemplo o mastique. (SOUZA; RIPPER, 1998). Nas Figuras 34 e 35 são apresentadas as formas de preenchimento com grout e mastique.

Figura 34 – Selagem de fendas com abertura entre 10 mm e 30 mm.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

Figura 35 – Vedação de fendas de grande abertura com mastique.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

## 5 CONCLUSÃO

A análise de casos conduzida em várias edificações da Universidade Federal de Lavras identificou a ocorrência de patologias, incluindo fissuras, corrosão, infiltração, eflorescência e carbonatação. As hipóteses levantadas para cada situação sugerem que a maioria desses problemas podem ter tido origem devido a falhas no projeto e na execução da obra.

No que diz respeito à carbonatação da viga, foi levantada a sugestão de que o traço do concreto utilizado pode não ter sido adequado e que a concretagem pode não ter sido realizada de maneira correta. Isso poderia ter resultado na formação de um elemento estrutural poroso, contribuindo para o início do processo de carbonatação.

No que se refere à corrosão das armaduras da laje, foi sugerida a possibilidade de erro no dimensionamento do cobrimento, em relação à classe de agressividade do ambiente, ou que os espaçadores responsáveis pelo cobrimento não tenham sido posicionados de forma correta, contribuindo para a exposição das armaduras e, conseqüentemente, para o processo de corrosão.

No contexto de eflorescência e infiltração, foi levantada a hipótese de que o transporte de fluidos ocorre no interior da estrutura, possivelmente relacionado à porosidade e à ausência de impermeabilização dos componentes, respectivamente. Esses fatores podem ter contribuído para a ocorrência dos fenômenos observados.

No caso da fenda presente no Pavilhão 6, foi levantada a hipótese de recalques diferenciais, possivelmente causados por uma investigação inadequada do solo ou pela execução de sistemas de fundação diferentes. Esses fatores podem ter contribuído para a formação da fenda observada.

Para cada um dos casos, foram propostas alternativas de tratamento visando evitar a progressão dos defeitos e a eventual falha estrutural. Como sugestão para trabalhos futuros na área de patologia, recomenda-se a realização de ensaios e anamnese nos casos mais complexos abordados neste estudo, como a carbonatação da viga, a corrosão das armaduras da laje e a aberturas presentes em uma parede.

Dado que esses problemas afetam componentes estruturais, é essencial conduzir uma análise detalhada dos defeitos para proporcionar um diagnóstico preciso e conciso. Isso é

fundamental para evitar o agravamento dos defeitos e garantir a integridade das estruturas afetadas.

O estudo destacou que a ocorrência de manifestações patológicas é comum. No entanto, é fundamental enfatizar que a frequência não implica em normalidade, e, portanto, todos os casos devem ser minuciosamente analisados com o objetivo de prevenir possíveis colapsos.



## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584/2012** –

**Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8802/2019** –

**Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118/2014** – **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2014.

ALVES, Rogério. **Resistência mecânica de concreto de cimento Portland: correlação de ensaio à compressão axial com esclerometria.** Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Univates – Lajeado, 2017.

ANDRADE, Gabriela. **Avaliação do desempenho da precisão de diferentes equipamentos para realização dos ensaios não destrutivos de pacometria.** Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Brasília – Brasília/DF, 2017.

ANTUNES, Giselle. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – sistematização da incidência de caos.** Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2010.

BARREIRA, Eva. **Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios.** Porto, 2004. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Porto, Porto, 2004.

BORDUN, R. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado** – Um estudo de caso (Bloco Administrativo da UTFPR – Pato Branco). Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco/PR, 2014.

CAVALCANTI, Rosely. **Ensaio de ondas ultrassônicas e redes neurais artificiais na avaliação da resistência à compressão do concreto.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

CECONI, Elaine; SANTANA, Wylloby. **Manifestações patológicas em edifícios no campus da Universidade Federal de Lavras**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Lavras – Lavras/MG, 2021.

FERREIRA, Angélica; OLIVEIRA, Ricardo. Patologias na construção civil: estudo de caso em duas residenciais na cidade de Iraí de Minas – MG. **GETEC**, v.10, n.26, p.1-16, 2021.

FIM, Victor Hugo. **Patologias da construção civil: investigação em marquises na cidade de Uberlândia-MG**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, 2021.

GONÇALVES, Eduardo. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Projeto de graduação – Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GRANATO, J. E. Patologia das Construções. 2002.

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

JUNQUEIRA, Sandoval. **Estacas mega**. São Carlos, 1995.

LAPA, José. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Universidade Federal de Minas, Belo Horizonte, 2008.

LOURENÇO, T.; MATIAS, L.; FARIA, P. Anomalies Detection in Adhesive Wall Tiling Systems by Infrared Thermography. **Construction and Building Materials**, v. 148, p. 419-428, 2017.

MALHOTRA, V.; CARINO, Nicholas. **Handbook on nondestructive testing of concrete**. Boca Raton: Ed. CRC Press, 2004.

MENEZES, Romuldo et al. **Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção**. 2006.

MARAN, Ana Paula. **Reparos em pontes atacadas pela carbonatação no município de Santo Ângelo**. Seminário de iniciação científica – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Uruguai, 2012.

MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Pedro; MAINIER, Fernando. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico**. Rio de Janeiro, 2004.

MIRANDA, Andrine; ALVES, Thiago; FERNANDERS, Vinicius. **Análise de manifestações patológicas apresentadas em um conjunto habitacional popular na cidade de Campanário MG**. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, Teófilo Otoni, 2018.

MOLIN, Denise. **Fissuras em estruturas de concreto armado**: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

OLIVEIRA, Alexandre. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Trabalho de Conclusão de Curso de especialização – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PAIM, A; et al. **Diagnóstico das manifestações patológicas no revestimento fulget da fachada do centro de combustíveis da UFRGS**. CBPAT, 2016.

PEDROZA, Luís. **Avaliação do desempenho do ensaio não destrutivo de pacometria para verificação do cobrimento e posicionamento de barras de aço**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Brasília – Brasília/DF, 2018.

ROCHA, Joaquin; PÓVOAS, Yêda. A termografia infravermelha como um ensaio não destrutivo para a inspeção de pontes de concreto armado: Revisão do estado da arte. **Revista ALCONPAT**, 2017.

SAMANIEGO, Yulena. **Ensaio não destrutivo para avaliação da resistência do concreto: estudo de aplicação em obras**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, v.7, n.3, p. 200-214, 2014.

SANTOS, Cynthia, ROCHA, Joaquin; PÓVOAS, Yêda. Utilização da termografia infravermelha para detecção de focos de umidade em paredes internas de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 105-127, 2019.

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

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Ed. APCIQ, 2003.

ZUCHETTI, Pedro. **Patologias da construção civil: investigação Patológica em edifício corporativo de administração Pública no vale do Taquari/RS.** Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Univates – Lajeado, 2015.