



**ELAINE GODOI CECONI  
WYLLOBY SANTANA**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFÍCIOS NO  
CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**LAVRAS-MG  
2021**

**ELAINE GODOI CECONI  
WYLLOBY SANTANA**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFÍCIOS NO CAMPUS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

Estudo de Caso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. D.Sc. Ígor José Mendes Lemes  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2021**

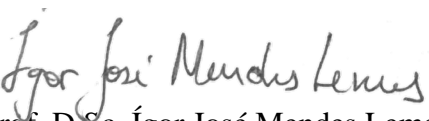
**ELAINE GODOI CECONI  
WYLLOBY SANTANA**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFÍCIOS NO CAMPUS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN BUILDINGS ON THE CAMPUS OF THE  
FEDERAL UNIVERSITY OF LAVRAS**

Estudo de Caso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

D.Sc. Ígor José Mendes Lemes UFLA  
M.Sc. Luís Eduardo Silveira Dias UNILAVRAS  
B.Sc. Pedro Henrique Andrade Lima UFOP

  
Prof. D.Sc. Ígor José Mendes Lemes  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos nossos familiares e principalmente aos nossos pais, pelo tempo investido, por nos apoiar nos desafios e dificuldades interposta em nossas vidas, por nos instruir e orientar sempre que necessário.

Agradecemos também ao nosso professor Igor J. M. Lemes pelo tempo disponibilizado para nos apoiar, por nos orientar, e pela dedicação no desenvolvimento desse trabalho.

Aos nossos colegas de turma 2016/02 pelo companheirismo, pelos momentos difíceis que passamos nessa caminhada e também pelos momentos felizes que tivemos.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, pelos tantos ensinamentos valiosos passados e tamanha dedicação a nos ensinar.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, pela qualidade no ensino, pelo que representam em nossa formação profissional, promovendo muito orgulho em nós por ter a oportunidade de integrar no corpo discente na graduação de Engenharia Civil.

## RESUMO

Patologias são defeitos que acontecem nas construções devido a diversos fatores, entre eles: erros de projeto, de execução, mau uso da edificação, utilização de materiais de construção de baixa qualidade e falta de proteção contra agentes agressivos do ambiente. Entre as patologias mais comuns estão problemas como manchas, mofos, infiltrações, fissuras, corrosão de elementos metálicos, trincas em alvenarias e estruturas, eflorescências, entre outros. Para se diagnosticar e propor soluções para corrigir os problemas das construções, é importante antes conhecer suas causas. O presente trabalho apresenta o levantamento de patologias em construções situadas no campus da Universidade Federal de Lavras, onde a partir de uma revisão bibliográfica sobre as patologias encontradas, busca-se descobrir as causas, e propor soluções para atenuar ou resolver os problemas. Como resultado do estudo de caso percebe-se que muitas das manifestações patológicas encontradas estão relacionadas a umidade, enquanto outras devido a erros de execução em detalhamentos construtivos, ou até mesmo pelo descumprimento das Normas Brasileiras, como por exemplo a falta de amarração, e a necessidade de cura do chapisco etc. Outro fator muito importante identificado no trabalho é a importância das manutenções das edificações, as quais evitam e até mesmo impedem, a maioria destas manifestações patológicas identificadas no Campus da UFLA. Ao final verifica-se a importância de medidas como impermeabilização, controle de qualidade na execução e manutenção preventiva das obras.

**Palavras-chave:** patologias, causas, soluções, construção civil.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Possíveis degradações solicitadas nas edificações e/ou elementos construtivos devido a condições ambientais. ....	4
Figura 2 - Incidências das Origens de Enfermidades Patológicas no Brasil. ....	5
Figura 3 - Manchas brancas na superfície do concreto. ....	6
Figura 4 - Estalactites formadas devido ao fenômeno de lixiviação. ....	6
Figura 5 - Fissuras mapeadas em revestimento argamassados. ....	9
Figura 6 - Fissuras observadas quando a viga de apoio se deforma mais que a viga superior. ....	10
Figura 7 - Fissuras observadas quando a viga superior se deforma mais que a viga de apoio. ....	11
Figura 8 - Esquema representativo de punção em laje. ....	12
Figura 9 - Superfície crítica no contorno C. ....	13
Figura 10 - Superfície crítica no contorno C'. ....	13
Figura 11 - Superfície crítica no contorno C'' ....	14
Figura 12 - Elemento metálico sob corrosão agressiva. ....	15
Figura 13 - Estrutura para resolução de problemas patológicos. ....	18
Figura 14 – Restaurante Universitário (RU) da UFLA. ....	19
Figura 15 - Eflorescências encontradas na Rampa do RU. ....	20
Figura 16 – Prédio da ABI-Engenharia no Campus da Universidade Federal de Lavras. ....	21
Figura 17 - Infiltração encontrada no prédio da ABI - Engenharia, UFLA. ....	22
Figura 18 - Panorama da Fissuração. Perspectiva e corte. ....	23
Figura 19 - Fissuras no teto do hall de entrada do prédio da ABI - Engenharia, situado na universidade federal de Lavras. ....	24
Figura 20 – Fissuras mapeadas em revestimentos argamassados. ....	25
Figura 21 – Fachada do PV6. ....	26
Figura 22 - Trincas em alvenaria tiradas no pavilhão 6, UFLA. ....	27
Figura 23 - Trinca vista por trás da fachada. ....	28
Figura 24 - Fissura vertical por deficiência de amarração entremuro e prédio. ....	29
Figura 25 - Diferentes sistemas de fundação gerando recalques diferenciais. ....	29
Figura 26 – Prédio da Medicina no Campus da Universidade Federal de Lavras. ....	30
Figura 27 – Treliça que interliga os dois blocos do prédio da Medicina. ....	31
Figura 28 - Corrosão em Estrutura Metálica. ....	32
Figura 29 - Corrosão em perfis metálicos. ....	32
Figura 30: Defeito em ligação soldada. ....	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações gerais .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Motivação .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4</b>	<b>Organização.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Considerações iniciais.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Conceitos de patologia e terapia .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3</b>	<b>Origem e incidência das manifestações patológicas .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4</b>	<b>Eflorescências .....</b>	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>Infiltração .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6</b>	<b>Fissuras .....</b>	<b>8</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Fissuras mapeadas .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Fissuras lineares.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Punção em laje de concreto armado .....</b>	<b>11</b>
<b>2.7</b>	<b>Corrosão nas estruturas metálicas .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Considerações iniciais.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodologia adotada .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Considerações iniciais.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Eflorescências na rampa de acesso ao restaurante universitário .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3</b>	<b>Infiltração em pilar no prédio da ABI-Engenharia.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4</b>	<b>Retração do revestimento da laje no prédio da ABI-Engenharia .....</b>	<b>24</b>
<b>4.5</b>	<b>Trincas em alvenaria no Pavilhão 6.....</b>	<b>26</b>
<b>4.6</b>	<b>Corrosão em estrutura metálica treliçada no prédio da Medicina .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Considerações gerais**

Com a recuperação econômica do setor da construção civil nos últimos anos, foi possível observar o aumento da demanda por edificações, sejam elas residenciais ou comerciais. Uma vez que o foco da maioria dos engenheiros seja primordialmente o de projetar e construir “do zero”, pouco se fala dos defeitos que podem ocorrer em edifícios já construídos, sejam eles novos ou antigos. Basta observar obras do cotidiano para perceber que muitas delas possuem trincas, manchas devido à umidade, ferrugem, descascamento em pinturas, entre outros. Tais anomalias que afetam inicialmente a estética das obras, causando desconforto aos usuários, frequentemente podem significar algum dano maior ocorrendo com a construção.

Ao estudo das anomalias que ocorrem nas obras civis dá-se o nome de Patologia das Construções. Tal estudo abrange tanto as causas do problema, quanto os sintomas, consequências e soluções. Na realidade atual, onde é cada vez mais importante o atendimento a normas de qualidade e desempenho, esse conhecimento torna-se indispensável para os profissionais da engenharia civil.

## **1.2 Motivação**

É comum entre os estudantes de engenharia o questionamento de quais os motivos de aparecimento de defeitos nas construções. Mesmo nos cursos de Engenharia Civil não é comum existir uma disciplina de patologias em sua grade curricular obrigatória, no entanto é possível observar na prática grande quantidade de construções afetadas por anomalias.

A motivação deste trabalho surgiu da curiosidade de se entender as causas dos diversos defeitos observados em construções, sejam elas novas ou antigas. Ademais, baseados em uma pesquisa bibliográfica sobre diversos tipos de patologias, busca-se identificar patologias em edificações conhecidas, de modo a estudar suas prováveis causas, e quando possível, propor soluções para corrigi-las.

O conhecimento das patologias é importante não somente para engenheiros civis que realizam laudos periciais e correções, mas também ao engenheiro projetista e ao executor. Estes podem assim projetar edifícios que garantam maior durabilidade e desempenho, visto que muitas patologias surgem devido a falhas de projeto e execução.



### **1.3 Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo principal levantar ocorrências de manifestações patológicas e mapear patologias presentes em algumas edificações do campus da Universidade Federal de Lavras – MG. Utilizou-se o método da inspeção visual, para que, em seguida, fosse possível identificar e analisar as causas e profilaxias encontradas. Desta forma, pretendeu-se investigar problemas como eflorescência, infiltrações, fissuras, corrosão nas estruturas de aço e retração de revestimentos em lajes.

### **1.4 Organização**

O trabalho está organizado em quatro capítulos além deste. No capítulo 2, procurou-se revisar conceitos e definições sobre patologias das construções. Abordando estudos e levantamentos sobre origens das manifestações patológicas, bem como demonstrando a necessidade de estruturar e sistematizar a análise das profilaxias a fim de diagnosticá-las corretamente.

No capítulo 3, foram abordadas as metodologias adotadas no presente trabalho, com objetivo de descrever como se realizou a pesquisa bibliográfica, a visita em campo e o método de análise dos resultados.

Já no capítulo 4, foi feita análise dos resultados, ou seja, buscou-se apresentar manifestações patológicas encontradas na visita ao campus da UFLA, e em seguida foram feitas proposições de possíveis diagnósticos, e conseqüentemente soluções para remover as manifestações patológicas.

Por fim, no capítulo 5, conclui-se com as considerações finais quanto a apresentações das manifestações patológicas, quanto a análise dos resultados, bem como algumas sugestões para novas pesquisas, estudos ou trabalhos no campus da Universidade Federal de Lavras.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Considerações iniciais**

Esse capítulo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca do tema e abordar assuntos e determinações normativas que fundamentam a metodologia adotada.

### **2.2 Conceitos de patologia e terapia**

Helene (2003) fez uma distinção entre patologia e terapia no âmbito das construções civis:

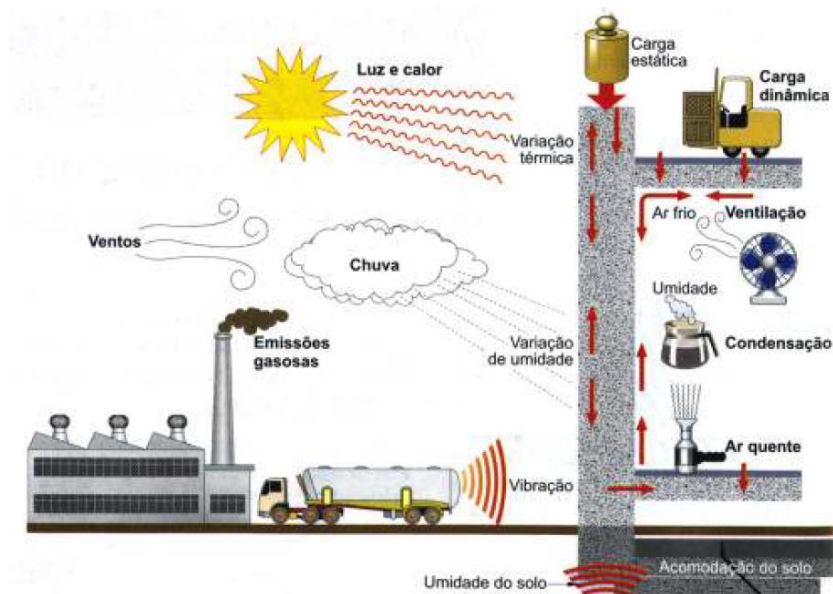
Patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, o mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. À terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos. (HELENE, 1988, p.15).

As causas de ocorrência dos fenômenos patológicos podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais e usuários que optam pela utilização de materiais fora das especificações ou não realizam a manutenção correta da estrutura, muitas vezes por razões econômicas, dentre outras (SOUZA; RIPPER, 1998).

### **2.3 Origem e incidência das manifestações patológicas**

As edificações no geral estão sujeitas a uma grande variedade de ações devidas a fenômenos de origem natural ou a própria utilização da construção, ações que podem ocasionar danos e causar progressivas degradações nas mesmas. Na Figura 1, é demonstrado algumas das degradações possíveis em uma edificação devido a ações climáticas.

Figura 1 - Possíveis degradações solicitadas nas edificações e/ou elementos construtivos devido a condições ambientais.



Fonte: BONIN *et al.* (1999).

Masuero (2001), ressaltou alguns agentes causadores de danos nas construções, tanto no ambiente externo da edificação (ação dos ventos, chuva, luz, calor, emissões gasosas, vibrações, variações térmicas e de umidade), como interno (efeito da ventilação, ar frio e quente, umidade e condensação, além das acomodações das fundações, umidade proveniente do solo e cargas dinâmicas e estáticas).

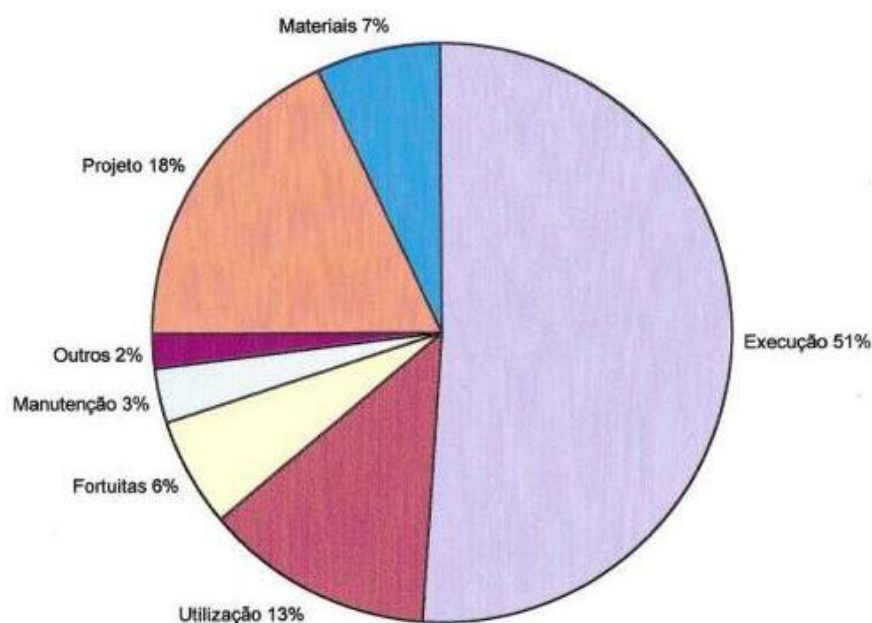
A variedade de causas para o surgimento de defeitos nas construções, decorre pela quantidade de materiais e técnicas envolvidas em uma construção, a diversidade de condições que caracteriza os espaços construtivos, multiplicidade de usos das edificações e os erros de projeto ou execução. Assim, de acordo com Eldridge (1982), as principais causas dos defeitos construtivos são: projeto inadequado; execução em desacordo com o projeto ou descuidada; aplicação de cargas superiores às previstas em projeto, interação dos materiais e seus efeitos, uso inadequado da edificação, efeitos provenientes dos agentes biológicos e variações térmicas.

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), as edificações precisam ter uma vida útil de no mínimo 50 anos, mas na maioria das construções apresentam problemas muito antes deste prazo. Isto provavelmente deve-se, na maioria dos casos, das edificações demorarem, ou não realizarem a manutenção preventiva indicada, após a entrega da obra.

As manutenções preventivas são de extrema importância, pois elas conseguem prever e resolver diversas das incidências de origens patológicas, antes que ocorra uma fatalidade, à medida em que a edificação vai ficando mais velha este risco só aumenta. Deve-se destacar que a garantia de maior vida útil e de um desempenho estrutural satisfatório e funcional, só poderá ser obtida através de uma manutenção adequada, a qual deverá fazer parte de uma gestão eficiente, pois os inconvenientes resultantes da inexistência de atividades de manutenção preventivas e periódicas tornam-se mais frequentes e ameaçam a sensação de segurança de seus usuários.

Na Figura 2, são apresentadas as incidências das origens das enfermidades patológicas no Brasil, e pode-se visualizar as manifestações patológicas mais frequentes no país. Segundo Silva e Jonov (2011), a falta de manutenções preventivas correspondem a 3% das origens das patologias no Brasil.

Figura 2 - Incidências das Origens de Enfermidades Patológicas no Brasil.



Fonte: SILVA E JONOV (2011).

É muito importante saber a causa da patologia para assim saber quais medidas de recuperação seguir, pois uma patologia pode causar muitas outras. Como é o caso da corrosão da armadura, quando o aço começa o seu processo de corrosão ele vai expandir causando fissuras e possíveis deslocamentos de concreto, o que ocasiona tensões de tração no cobrimento do concreto (CARMONA apud SACHS 2015). Deste modo, observa-se a importância de uma análise criteriosa do estudo de casos.

Muitas das doenças estruturais não se manifestam claramente ou são encobertas por outras, podendo passar despercebidas. Portanto, quanto mais criteriosa e aprofundada for a fase avaliativa, maiores serão os índices de acerto e eficiência da solução indicada (VISOTTO apud SACHS, 2015 p. 42).

## 2.4 Eflorescências

Entre as principais causas de patologias em construções pode-se citar a umidade. Sendo assim, seu estudo é de vital importância para que se possa diagnosticar as anomalias decorrentes dela. Dentre as origens da umidade que afeta as construções civis, pode-se citar a água do solo, da chuva, de condensação, e aquela proveniente da própria construção (GUTERRES, 2009).

Um dos fenômenos mais comuns derivados da umidade nas construções são as eflorescências. Weimer (2018), define eflorescência como o fenômeno derivado da lixiviação do concreto:

A eflorescência é o fenômeno resultante da lixiviação do concreto, percebido por meio da mudança de cor da área afetada, a qual fica esbranquiçada, devido à precipitação de crostas brancas de sais. Os sais que constituem a eflorescência resultam da degradação do concreto e do contato da estrutura com a água. (WEIMER, 2018, p.49)

Nas Figuras 3 e 4 ilustram exemplos de problemas relacionadas a lixiviação.

Figura 3 - Manchas brancas na superfície do concreto.



Fonte: Mapa da Obra (2017).

Figura 4 - Estalactites formadas devido ao fenômeno de lixiviação.



Fonte: Macedo *et al.* (2017).

Para que se manifestem as eflorescências é necessário que existam simultaneamente três condições igualmente importantes: que o material possua teor de sais solúveis, presença de água, e diferença de pressão para que o sais dissolvidos migrem para a superfície do material (ANTUNES, 2010).

Segundo Uemoto (1988), existem fatores externos que aceleram o processo de formação das eflorescências, são eles:

- Aumento do tempo de contato da água com o concreto, favorecendo maior solubilização dos sais.
- Elevação da temperatura do ambiente, que aumenta a velocidade de evaporação da umidade presente no concreto.
- A porosidade do material (concreto, argamassa, tijolos blocos) que permite a percolação da solução.

Antunes (2010) ainda ressaltou que nem sempre as eflorescências se manifestam no local de maior teor de sais solúveis. Às vezes, os sais tendem a se depositar em locais mais porosos, devido a estes possuírem maior capilaridade.

Silva (2018) apontou uma forma de se evitar o processo de lixiviação e consequentemente o fenômeno da eflorescência, por meio do uso de aditivos no cimento, como por exemplo as pozolanas. O referido autor alertou que os problemas relacionados a esta patologia não se limitam a questões de ordem estética:

A lixiviação pode criar problemas para além das questões estéticas, como é o caso da entrada de substâncias nocivas às armaduras e ao próprio concreto. A penetração de CO<sub>2</sub>, por exemplo, tem o potencial de causar a corrosão das armaduras do concreto, causando perda significativa da resistência mecânica do concreto (SILVA, 2018, pg. 27).

## **2.5 Infiltração**

Segundo Guterres (2016), a umidade pode ser proveniente de intempéries, através da penetração das chuvas, da condensação do vapor de água existente no ambiente, em contato com superfícies frias, da água presente no solo e contida nos próprios materiais que compõem a construção.

Ainda é possível definir que “os defeitos e falhas decorrentes da impermeabilização na construção civil, são ocasionados pela penetração de água nos componentes do edifício ou

devido à formação de manchas de umidade e bolor” (SOUZA, 2008, p.08). Esses defeitos e falhas resultam em problemas graves e de difícil solução, tais como:

- Prejuízos de caráter funcional da edificação;
- Desconforto dos usuários podendo até afetar a saúde dos moradores;
- Danos em equipamentos e bens presentes no interior das edificações;
- E diversos prejuízos financeiros.

Dentre os diversos tipos de manifestações decorrentes de falhas de impermeabilizações Souza (2008) mencionou:

A umidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. [...] ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais (VERÇOZA, 1991 apud SOUZA, 2008, p.08).

## 2.6 Fissuras

Trincas e fissuras em construções estão entre as mais perceptíveis patologias e indicam que problemas mais sérios podem estar ocorrendo com a estrutura. Thomaz (1992) afirmou que o problema das trincas e fissuras é importante por três fatores:

“[...] o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários” (THOMAZ, 1992, p.15).

Ainda segundo o mesmo autor, as trincas e fissuras mais comuns nas construções são as causadas pelos seguintes fatores:

- Movimentações devidas a variações de temperatura ou umidade;
- Atuação de sobrecargas ou concentração de tensões;
- Deformação excessiva das estruturas;
- Recalques diferenciais das fundações;
- Retração de produtos à base de ligantes hidráulicos;
- Alterações químicas de materiais de construção.

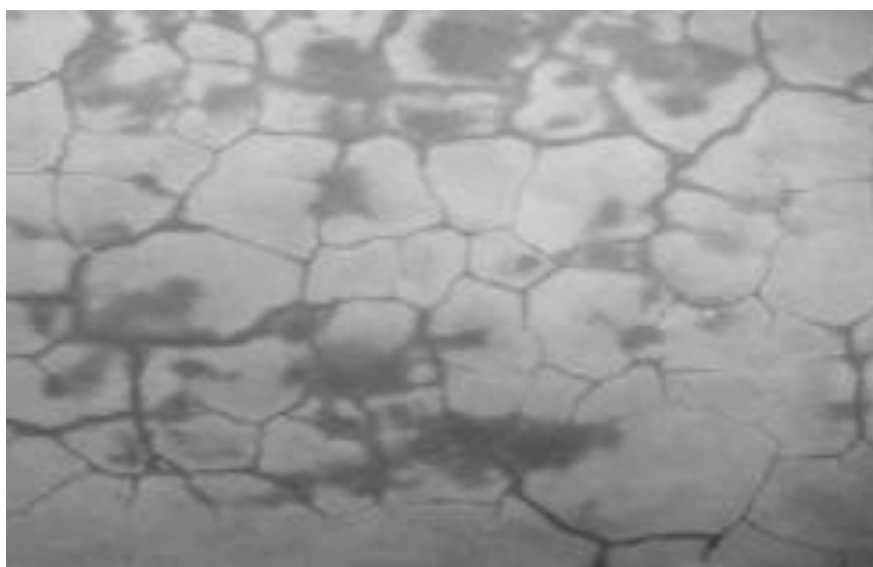
### 2.6.1 Fissuras mapeadas

As fissuras mapeadas têm forma variada e distribuem-se por toda a superfície do revestimento, sendo basicamente decorrentes da argamassa de base (CINCOTTO, 1988). Assim, serão apresentadas algumas causas principais, mecanismos provenientes desta manifestação patológica.

Segundo Thomaz (1992), as principais causas de fissuração relacionados a retração da argamassa compreendem o consumo elevado de cimento, teor de finos elevado e consumo elevado de água de amassamento. Além desses fatores intrínsecos, pode-se destacar também a aderência com a base, número e espessura de camadas, argamassa com baixa retenção de água, cura deficiente de uma camada ou falta de cura, perda de água de amassamento por sucção da base ou pela ação de agentes atmosféricos.

Thomaz (1992), também destacou que fissuras que ocorrem em laje de cobertura provocadas por esforços internos diferenciados, decorre da variação térmica entre as superfícies externas e internas da laje. Um exemplo deste fenômeno, pode ser visto na Figura 5, onde houve o aquecimento da superfície externa, a qual se dilatou provocando contração da superfície inferior que não acompanhou a movimentação decorrente a variação térmica da superfície exterior, assim desenvolvendo uma flecha negativa, podendo causar fissuras na laje.

Figura 5 - Fissuras mapeadas em revestimento argamassados.



Fonte: Silva e Abrantes (2007, pg. 78).

Ainda de acordo com Thomas (1992), coberturas sombreadas por telhamento sofrem com os aquecimentos decorrentes da energia calorífica absorvida pelas telhas que é irradiada



para a laje. Desta forma, a laje sofre dilatação, ocasionando tensões que são distribuídas de maneira diferenciada, partindo do centro as extremidades, e tendo como ponto mais crítico o que estiver mais afastado do seu centro.

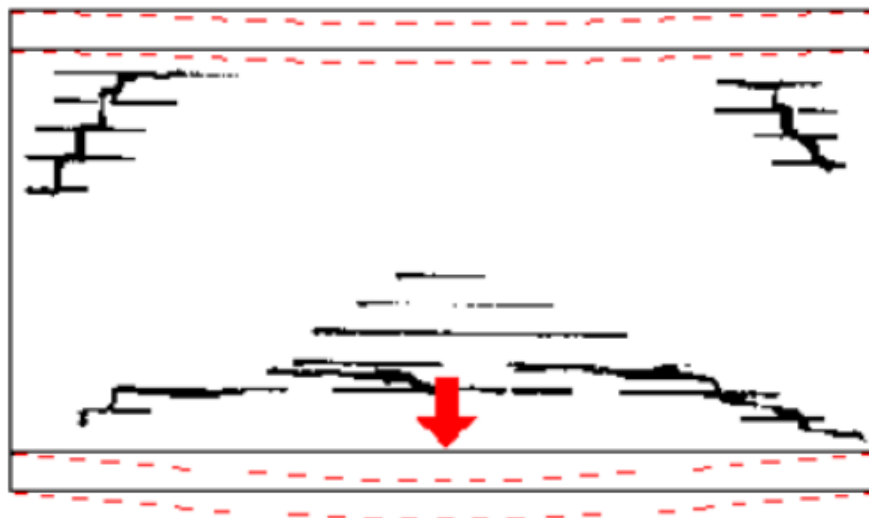
Segundo Barros *et al.* (1997), as fissuras mapeadas por retração hidráulica muitas vezes não são visíveis, a não ser que sejam molhadas e a água, penetrando por capilaridade, assinale sua trajetória. Segundo Segat (2005), a ocorrência de umedecimentos sucessivos pode resultar em mudanças na tonalidade, permitindo a visualização das fissuras mesmo com o paramento seco. Tal fenômeno tem origem na água, com cal livre, que sai das microfissuras, formando carbonato de cálcio quando em contato com o ar, ficando as fissuras esbranquiçadas ou escurecidas se ocorre deposição de fuligem.

### 2.6.2 Fissuras lineares

Silva (2007), destacou que fissuras e trincas também podem ocorrer devido a flechas excessivas em vigas e lajes. Dois exemplos são apontados pelo autor e foram selecionados para serem apresentados, a seguir.

Na Figura 6, pode-se observar o surgimento de fissuras de cisalhamento nos cantos superiores e extremidades inferiores que podem ocorrer quando a viga de apoio se deforma mais que a viga superior. (SILVA, 2007).

Figura 6 - Fissuras observadas quando a viga de apoio se deforma mais que a viga superior.

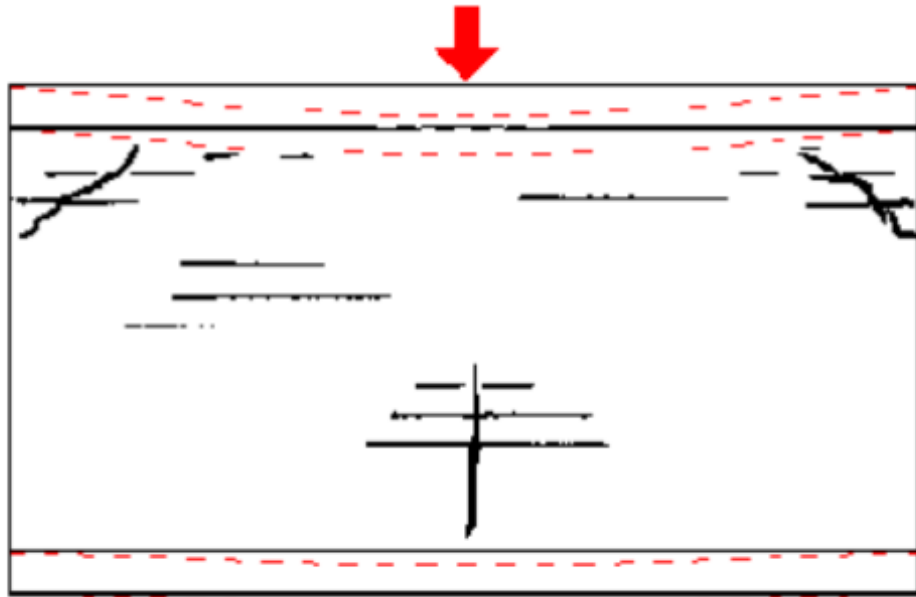


Fonte: THOMAZ, 1992.

Já na Figura 7, observa-se o esmagamento da alvenaria que ocorre quando a viga superior se deforma mais que a viga de apoio. Nesta figura observa-se que as fissuras têm as

seguintes características: fissuras de cisalhamento nos cantos superiores, fissuras com sentido horizontal e fissuras verticais no centro, próximo a base (SILVA, 2007).

Figura 7 - Fissuras observadas quando a viga superior se deforma mais que a viga de apoio.



Fonte: THOMAZ, 1992.

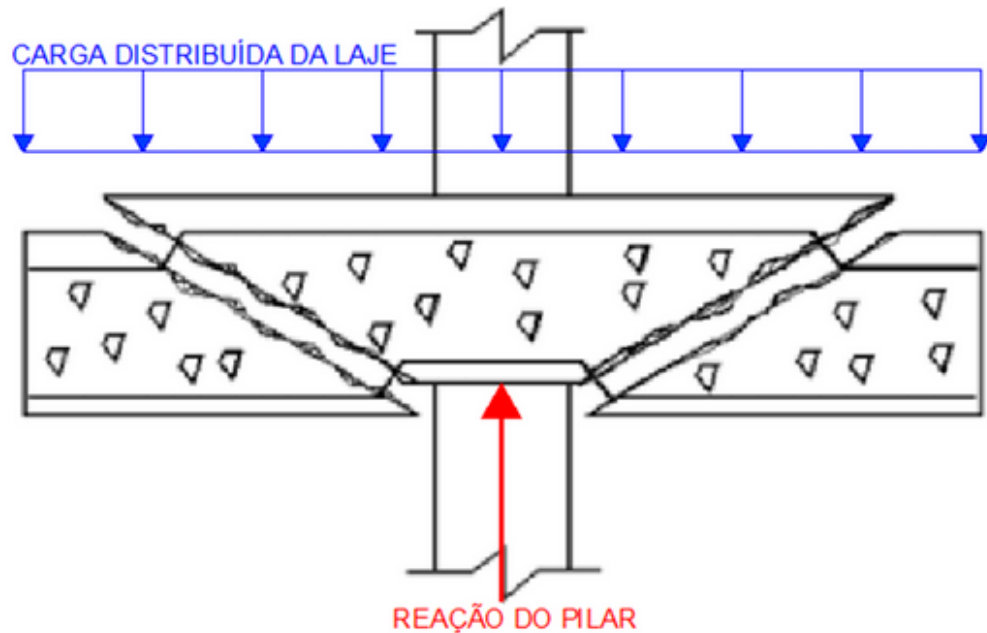
### 2.6.3 Punção em laje de concreto armado

Conforme Carvalho e Pinheiro (2009), punção é definida da seguinte forma:

“O fenômeno da punção ocorre quando uma força agindo em uma pequena área de uma placa provoca a sua perfuração; é o que pode ocorrer nas lajes sem vigas (lajes lisas e lajes cogumelo) em que há uma elevada força concentrada, relativa à reação de apoio junto ao pilar. O problema é agravado quando há transferência de momentos fletores da laje para o pilar, ou em pilares posicionados nas bordas e nos cantos da laje. A ruptura devida à punção, quando ocorre, é abrupta e frágil.” (CARVALHO; PINHEIRO, 2009).

Em outras palavras, punção seria a tendência que o pilar tende a “furar” uma laje, devido a carga concentrada que a laje transmite ao pilar. A Figura 8, representa um esquema representativo de punção em laje.

Figura 8 - Esquema representativo de punção em laje.



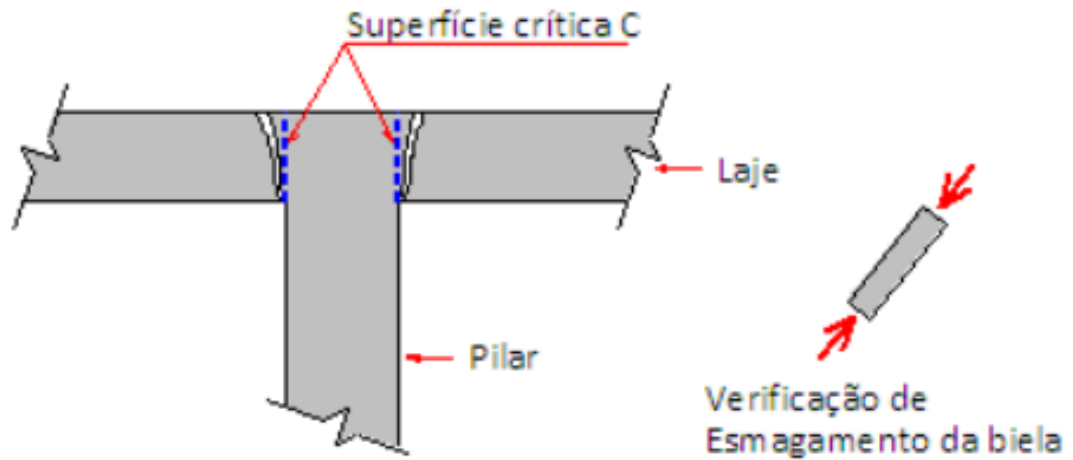
Fonte: Melges (1995).

A punção está associada ao estado limite último determinado por cisalhamento no entorno de forças concentradas. O estado limite último pode ocorrer em lajes sem vigas, em que há uma elevada força concentrada transmitida pelos pilares para as lajes. Esse problema pode ainda ser agravado quando há transferência de momentos fletores da laje para o pilar, ou em pilares posicionados nas bordas e nos cantos das lajes. Desta forma, é essencial o dimensionamento de lajes a punção, evitando a ruptura brusca, caso ocorra por flexão com escoamento do aço.

Ademais, a NBR 6118 (ABNT, 2014) no item 19.5, estabelece critérios para dimensionamento de lajes à punção baseado na verificação da tensão de cisalhamento no entorno dos pilares. Essa verificação é feita a partir de superfícies críticas definidas pelo produto dos perímetros críticos com a altura útil da laje, conforme apontado por Kaestner (2021), a seguir:

- Superfície crítica C: A primeira verificação de dimensionamento é realizada na face do pilar, onde pode-se analisar indiretamente a ocorrência de uma ruptura por compressão da diagonal do concreto, através da tensão de cisalhamento. Como é demonstrado na Figura 9. Caso haja necessidade, a ligação deve ser reforçada por armadura transversal.

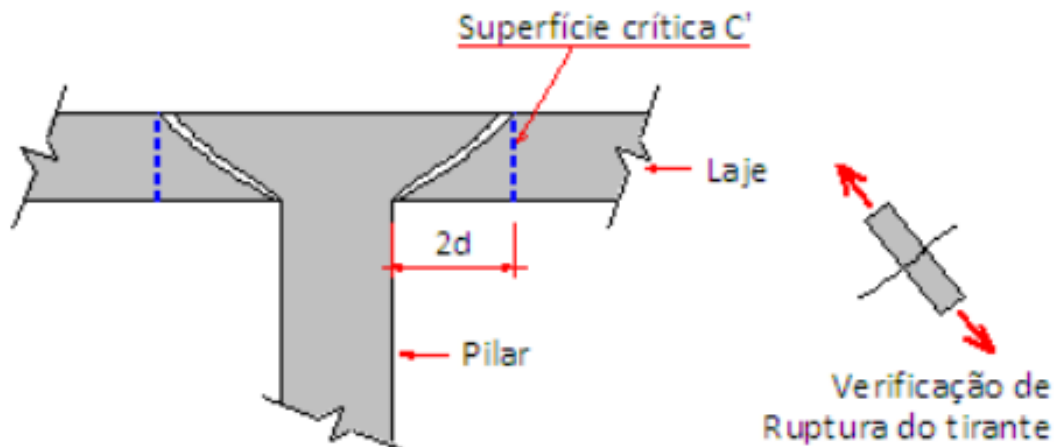
Figura 9 - Superfície crítica no contorno C.



Fonte: Kaestner (2021).

- Superfície crítica C': A segunda verificação é realizada na superfície crítica afastada  $2d$  ( $d$  é altura útil da laje) da face do pilar, onde é verificada a capacidade da ligação à punção, podendo ocorrer ruptura por tração diagonal, ou verificada através de uma tensão de cisalhamento. Como é demonstrado na Figura 10. Caso haja necessidade, a ligação deve ser reforçada por armadura transversal.

Figura 10 - Superfície crítica no contorno C'.

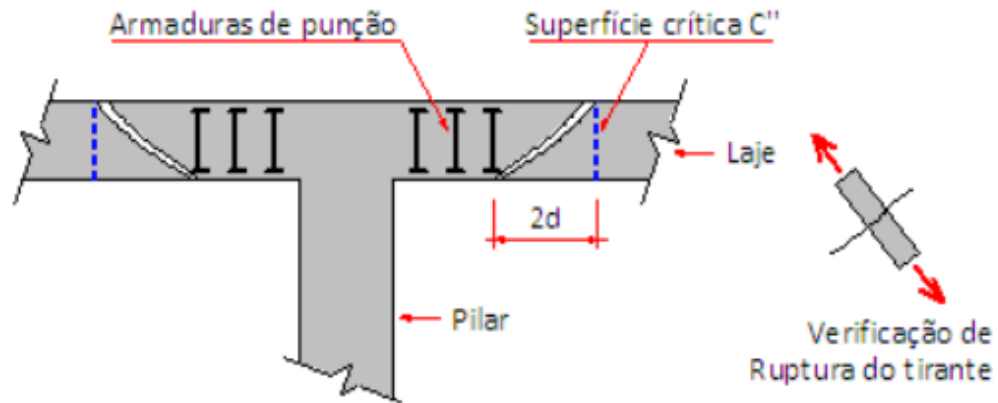


Fonte: Kaestner (2021).

- Superfície crítica C'': a terceira verificação é feita apenas se houver necessidade de armadura transversal (armadura de punção), e é realizada na superfície crítica

afastada a  $2d$  da última linha de armadura de punção, onde também pode ocorrer ruptura por tração diagonal. Esquema demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Superfície crítica no contorno C''



Fonte: Kaestner (2021).

Podem existir diversos tipos de situações onde o fenômeno da punção pode ocorrer. Neste trabalho identificou-se um possível caso de lajes apoiada diretamente sobre pilares.

## 2.7 Corrosão nas estruturas metálicas

O aço é um material usado corriqueiramente na construção civil. Entre suas aplicações, é o principal elemento utilizado na composição de sistemas treliçados, como vigas, pilares e barras de pórticos, possuindo ótimo comportamento quando submetido a tensões de tração e compressão. No entanto, como todo material estrutural, é passível de deterioração. Uma das principais patologias referentes às estruturas metálicas é a corrosão.

De acordo com Fakury, Silva e Caldas (2016), a corrosão age de maneira espontânea, reduzindo gradualmente as espessuras das seções transversais dos elementos metálicos, podendo tornar inviável sua utilização como material estrutural. A Figura 12, apresenta um exemplo de corrosão de alta intensidade em uma estrutura metálica:

Figura 12 - Elemento metálico sob corrosão agressiva.



Fonte: Fakury, Silva e Caldas (2016).

Os mesmos autores apontaram que a velocidade da corrosão é mais acelerada em locais de maior agressividade ambiental, como em indústrias, centros de grandes cidades (devido à poluição), orlas marítimas, piscinas (devido ao cloro) e locais de elevada umidade relativa do ar.

Segundo Castro (1999), a corrosão é um processo inverso ao processo de fabricação dos metais:

Genericamente podemos dizer que a corrosão é um processo inverso do processo de fabricação dos metais não nobres. Neste, o metal é obtido adicionando energia a processos térmicos, químicos, elétricos e mecânicos) ao minério de ferro até reduzi-lo ao estado metálico. Na corrosão, o metal em estado metálico tende a reagir espontaneamente com o meio em que está inserido, perdendo aquela energia introduzida na fabricação e voltando a um estado não metálico. (CASTRO, 1999, pg. 27)

O mesmo autor ainda apontou que o principal mecanismo que constitui praticamente todos os casos desta patologia é a corrosão eletroquímica, que necessita das seguintes condições para ocorrer: presença de água líquida; temperatura relativamente baixa (temperatura ambiente) e formação de uma pilha eletroquímica.

Gentil (1996) definiu que uma pilha eletroquímica é formada quando existe a presença dos seguintes componentes:

- Ânodo: onde ocorre a oxidação, e por onde os íons metálicos positivos entram no eletrólito;
- Eletrólito: condutor (normalmente a água) responsável por transportar a corrente elétrica do anodo para o cátodo;
- Cátodo: onde ocorre a saída de corrente elétrica do eletrólito, provocando as reações de redução;
- Circuito metálico: ligação metálica por onde os elétrons se movem, do sentido ânodo-cátodo.

Bessa (2019) explicou o fenômeno da corrosão eletroquímica para o aço carbono:

Para acontecer a corrosão eletroquímica é necessário a presença de um cátodo, um ânodo e um meio eletrolítico (meio que permite o processo corrosivo), sendo que no caso do aço, os íons de ferro entram em solução a partir de áreas anódicas ocorrendo a liberação de elétrons do ânodo, movendo-se através do cátodo em que se combinam com água e oxigênio formando íons hidroxila, que em seguida reagem com os íons ferrosos do ânodo para produzir óxido ferroso hidratado, que também é oxidado em óxido férrico formando a popular "ferrugem vermelha" (BESSA, 2019, p.15).

Ainda segundo o mesmo autor, pode ocorrer a presença de ânodo, cátodo e corrente elétrica dentro do próprio metal, ficando assim o aço a mercê de um meio eletrólito qualquer, sendo assim o objetivo dos projetistas de impedir a formação de pilhas eletroquímicas nas estruturas, seja na fase de projeto, execução ou manutenção.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Considerações iniciais**

Esse capítulo tem como objetivo descrever os procedimentos utilizadas na elaboração do estudo de casos.

#### **3.2 Metodologia adotada**

O presente trabalho foi dividido em duas etapas: estudo de caso e revisão bibliográfica. Para a realização da primeira fase do trabalho, o estudo de caso, realizou-se uma visita ao campus da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de analisar algumas das manifestações patológicas presentes nas edificações construídas a algum tempo, assim, permitindo a identificação das suas origens, e se possível propor soluções para sua correção ou recuperação.

Para a realização do estudo de caso, foi feita uma visita ao campus da Universidade no dia 7 de outubro de 2021, onde inspecionou-se alguns edifícios do campus em busca de manifestações patológicas. Foram analisados: o prédio da Escola de Engenharia (“prédio da ABI”); o pavilhão de aulas nº6 (PV6), a rampa de acesso ao Restaurante universitário (RU); e a passarela em estrutura metálica que faz a ligação entre os dois blocos do Prédio da Medicina. As patologias encontradas foram registradas em imagens por meio de câmeras digitais. Devido a pandemia de Covid-19, o acesso ao campus universitário da UFLA foi limitado, dessa forma não foi possível a realização de testes mais aprofundados ou de visitação de mais edifícios no local.

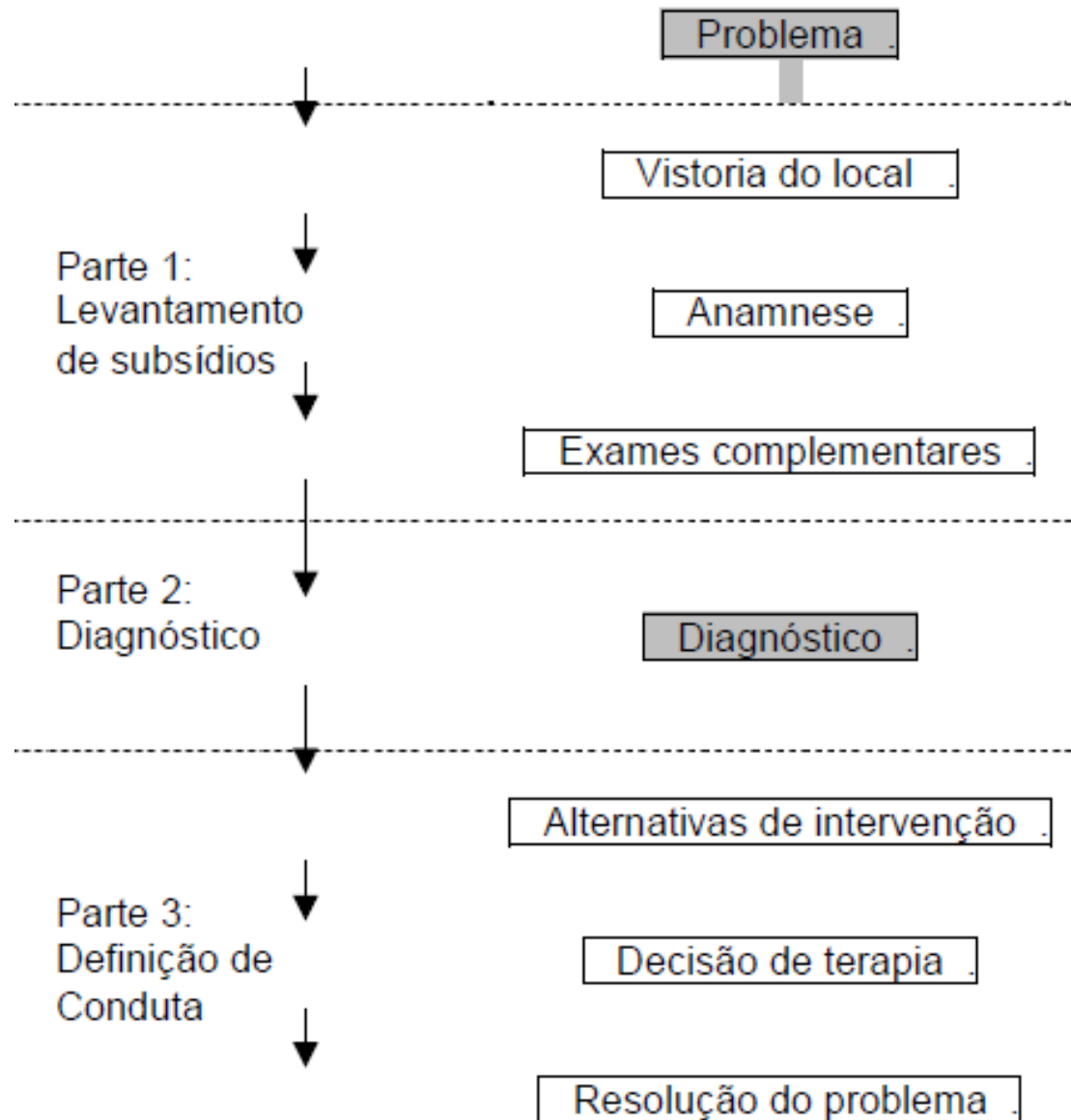
A segunda fase do trabalho foi necessária a realização de pesquisas bibliográficas sobre o tema, patologias na construção civil. Utilizou-se livros, teses, dissertações e artigos acerca dos vários tipos de manifestações patológicas, buscando entender as origens e mecanismos de cada manifestações patológicas encontradas. Procurou-se também, pesquisar por soluções que resolvessem ou amenizassem as anomalias identificadas, para que por fim, permitisse a escrita deste trabalho. E como o objeto de estudo parte de um problema da vida real, este trabalho pode ser considerado como uma concepção básica.

Levando-se em consideração ao propósito desta monografia, utilizou a metodologia estrutura básica para diagnóstico e resolução, proposta por Lichtenstein (1985), a qual consiste



em 3 passos ou etapas a serem cumpridos: levantamento de subsídios, diagnóstico e definição de conduta, apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Estrutura para resolução de problemas patológicos.



Fonte: Lichtenstein, 1985.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Considerações iniciais

Neste capítulo serão apresentados os resultados da visita de campo a respeito das patologias encontradas. Os resultados serão divididos em 5 manifestações patológicas mais discrepantes encontradas nas edificações visitadas. Dessa forma, serão mostradas as imagens obtidas em campo, juntamente com a descrição do problema, a provável causa e as soluções recomendadas na literatura.

### 4.2 Eflorescências na rampa de acesso ao restaurante universitário

A primeira manifestação patológica identificada na visita técnica à UFLA, situa-se na rampa de concreto armado que é utilizada como saída e/ou emergência para os estudantes do Restaurante Universitário (RU) da UFLA. Identificou-se a presença de manchas de coloração branca na rampa que faz o acesso ao RU, o que representa o fenômeno da eflorescência. Juntamente no mesmo local foram encontrados a presença de estalactites, outro processo advindo da lixiviação. Na Figura 14, apresenta-se o RU e uma seta indicando aonde encontra-se esta rampa.

Figura 14 – Restaurante Universitário (RU) da UFLA.



Fonte: PRAEC. Universidade Federal de Lavras (2021).

Conforme mencionado na Seção 2.4, a causa de formação das eflorescências e estalactites no concreto e outros materiais de construção, é devido a exposição à água,

proveniente de infiltrações ou intempéries. Constatou-se que a rampa onde ocorreram esses problemas não possui cobertura. Dessa forma, é mais provável que o processo de lixiviação tenha ocorrido em decorrência da exposição a chuva e água proveniente da limpeza da rampa. Na Figura 15, apresenta-se as manifestações patológicas encontradas na rampa do RU.

Figura 15 - Eflorescências encontradas na Rampa do RU.



(a) Eflorescência encontrada embaixo da rampa, situada na saída do Restaurante Universitário da UFLA.



(b) Eflorescência representada na seção vertical da rampa.



(c) Eflorescência encontrada na parte superior da rampa.

Fonte: Dos autores (2021).

Para verificar o grau das eflorescências na rampa, é necessário a análise das mesmas, para checar se houve algum dano nas armaduras, e/ou no concreto da rampa. Desta forma, sugere-se a utilização de métodos de ensaios não destrutivos para avaliar a condição, utilizando o Ultra som ou Esclerometria para analisar a uniformidade e resistência do concreto. E para analisar as espessuras da camada de cobertura das barras de aço, recomenda-se o ensaio de Pacometria.

Uma solução para esta manifestação patológica seria a retirada de toda a área do revestimento e execução de um novo, de preferência com aditivos impermeabilizante, e uso do cimento CP-IV na composição da argamassa de revestimento. Granato (2002), recomendou o uso do cimento CP-IV para o revestimento em áreas molhadas, devido a este possuir teor de pozolanas, que consome o hidróxido de cálcio na fase de hidratação, impedindo a formação de eflorescências.

#### 4.3 Infiltração em pilar no prédio da ABI-Engenharia

A segunda patologia identificada foi em um pilar de sessão circular do 2º andar no prédio da ABI-Engenharia, sendo a edificação representado na Figura 16.

Figura 16 – Prédio da ABI-Engenharia no Campus da Universidade Federal de Lavras.



Fonte: DEG - Universidade Federal de Lavras (2017).

O pilar em questão apresentou uma fissura com incidência de água escorrendo em seu prolongamento, podendo-se constatar melhor em dias chuvosos. No entorno desta fissura, observa-se que a pintura está estufada, o qual se assemelha ao fenômeno de infiltração. Na Figura 17, pode-se observar a situação explicada anteriormente.



Figura 17 - Infiltração encontrada no prédio da ABI - Engenharia, UFLA.



(a) Pilar de seção circular do 2º pavimento prédio da ABI.



(b) Infiltração: Estufamento da tinta e fissura apresentada na laje.



(c) Infiltração: fissura identificada na laje.

Fonte: Dos autores (2021).

De acordo com o Seção 2.5, pode-se destacar algumas possíveis causas deste fenômeno. A primeira hipótese, pode ser devido ao telhado de fibrocimento com estrutura de madeira apresentar um vão maior do que a estrutura realmente suporta, provavelmente por uma carga excessiva não prevista no projeto, ou por um descuido de execução da estrutura do telhado.

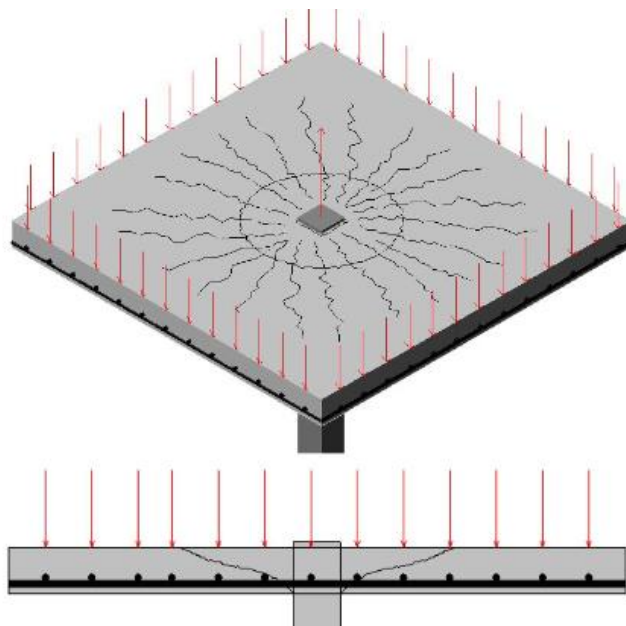
Assim, permitindo que a telha ceda ocasionando a abertura de um vão entre a telha e a estrutura. Desta forma, possibilitando a passagem de água em dias chuvosos. Vale destacar que não foi possível visitar o local por conta do protocolo de segurança, e fizemos essa hipótese com dados fornecidos por pessoas que trabalham no local.

A solução prevista para esta hipótese é a revisão do projeto da cobertura, e se confirmada esta hipótese, realizar a substituição das telhas que resistem aos vãos maiores, ou realizar a troca da estrutura. E também, sugere-se a impermeabilização com caimento da laje superior para se evitar que a água fique empoçada em possíveis eventualidade no futuro.

Outra hipótese é verificar o sistema de drenagem de água pluvial, analisando-se a calha é ineficiente, e/ou se o diâmetro do cano realmente atende a necessidade de captação de água pluvial provinda do telhado. Se constatar verdadeira esta hipótese, sugere-se a substituição do sistema para um dimensionamento que suporte a demanda solicitada de água, evitando o transbordamento de água na laje, e conseqüentemente seu escoamento para o pilar. Em conjunto, sugere-se a impermeabilização da laje.

A última hipótese está associada na possibilidade de estar ocorrendo o fenômeno de funcionamento da laje, referenciada na Seção 2.6.3. Este fenômeno gera ruptura por cisalhamento, causando aquela abertura por onde filtra água. A Figura 18, representa uma ilustração de como o panorama da fissuração ocorre na laje, mostrado na sua perspectiva e corte.

Figura 18 - Panorama da Fissuração. Perspectiva e corte.



Fonte: Giugliani, 2013.

Existem diversos parâmetros que influenciam na resistência à punção. Destaca-se a resistência à compressão do concreto; o quantitativo de armadura de flexão tracionada; a geometria e dimensões do pilar; o efeito de tamanho; e o quantitativo e a presença da armadura de cisalhamento (ZILLI *et al*, 2013).

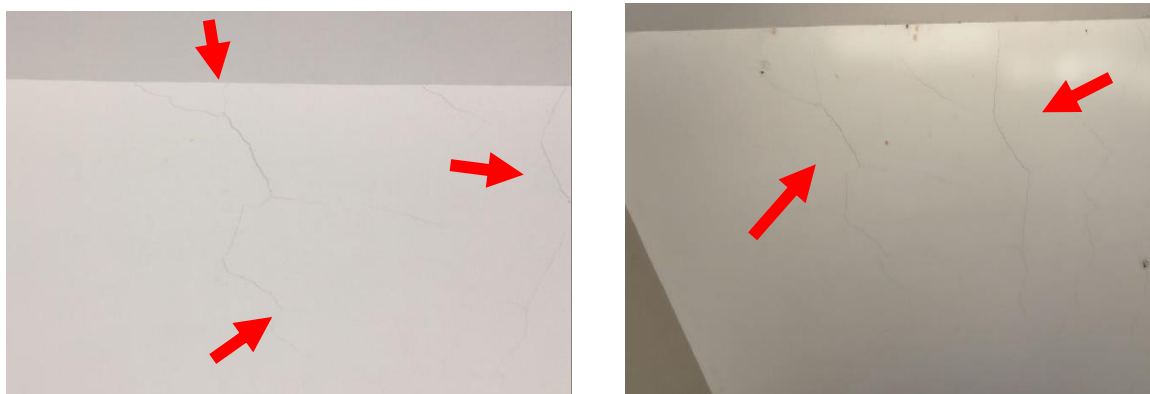
Portanto, sugere-se as verificações no dimensionamento de lajes a punção, conforme já apresentado na Seção 2.6.3, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014). Mas vale destacar que a situação encontrada no pilar, apenas uma parte da laje se apoia diretamente na lateral do pilar, conforme é observado na Figura 17, já apresentada anteriormente.

Se após a verificação do projeto apresentar a necessidade de reparos, sugere-se a retirada da laje que se apoia diretamente no pilar, para colocar armações e em seguida realizar a concretagem. Vale lembrar que para realização dos procedimentos descritos anteriormente há necessidade de escoramento da laje e das vigas próximas ao local.

#### 4.4 Retração do revestimento da laje no prédio da ABI-Engenharia

A terceira patologia encontrada, também se encontra no prédio da ABI- Engenharia, no hall de entrada, com um pé direito de mais de 10 metros. Foi possível identificar fissuras em direções variáveis no revestimento da laje, ou seja, fenômeno conhecido como fissuras mapeadas. A Figura 19, apresenta a real situação do revestimento da laje, embora as dificuldades em adquirir uma qualidade boa da figura em questão, devido ao alcance falho do zoom e da câmera utilizada para realizar a análise das manifestações patológicas, ela é bem visível pessoalmente.

Figura 19 - Fissuras no teto do hall de entrada do prédio da ABI - Engenharia, situado na universidade federal de Lavras.



Fonte: Dos autores (2021).

Há inúmeras possibilidades que causa este fenômeno, destaca-se algumas das hipóteses prováveis:

- Retração da argamassa do reboco inferior, apresentado pelo excesso de finos na argamassa, ou seja, causa a fissuração;
- Falta de limpeza da base, apresentando poeira ou outro tipo de resíduo;
- Chapisco com cimento POZ, com elevado teor de material pozolânico, ou AF, apresenta elevado teor de escoria de alto forno. Já que há necessidade de umidade durante um período razoável de tempo;
- Argamassa e/ou chapisco com baixo consumo de cimento;
- Presença de material pulverulento na interface revestimento/laje ou revestimento de parede, ou seja, falta de hidratação do cimento constituinte do chapisco.
- Baixa coesão ou compactidade da argamassa;
- Além da possibilidade de a retração térmica junto com a infiltração estar ocasionado este fenômeno, já que a laje externa varia com a temperatura e a laje interna não acompanha esta variação, permitindo a abertura de pequenas fissuras, sendo agravadas e realçadas com as chuvas.

Uma vez constatado a fissuras mapeada, sugere a renovação total do revestimento e da pintura, além do uso de impermeabilizantes na laje. Para uma melhor ilustração das fissuras mapeadas, segue a Figura 20.

Figura 20 – Fissuras mapeadas em revestimentos argamassados.



Fonte: Mapa da Obra (2016).

Outro fator muito importante para se prevenir das fissuras mapeáveis, é seguir a NBR 7200 (ABNT, 1998) – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas



– Procedimento, e a NBR 13281 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento de Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos – Requisitos.

Estas normas ressaltam a importância da preparação da limpeza da base para eliminar as incrustações e sujeiras que possam prejudicar a aderência do revestimento. Outro fator importante, é respeitar o tempo de cura do chapisco, que após a aplicação do mesmo, é necessário esperar o prazo de 72 horas para que atinja o endurecimento e a resistência para execução do revestimento em argamassa.

E para finalizar, é importante destacar sobre a espessura do revestimento, que também pode favorecer a fissuração da argamassa. De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013), as espessuras estabelecidas para os revestimentos em argamassa estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Espessuras admissíveis de revestimento internos e externos.

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013).

#### 4.5 Trincas em alvenaria no Pavilhão 6

Outra patologia que deve ser estudada, foi identificada na fachada do pavilhão 6 (PV6), onde é possível observar, com certa distância, trincas na alvenaria. O prédio em questão está representado na Figura 21.

Figura 21 – Fachada do PV6.



Fonte: Universidade Federal de Lavras (2014).

No PV6, encontrou-se trincas verticais de grande espessura, especialmente na fachada. Como é possível observar na Figura 22. Nota-se que as trincas seguem de baixo para cima, com a espessura aumentando de forma ascendente, de forma a possuir grande abertura na platibanda.

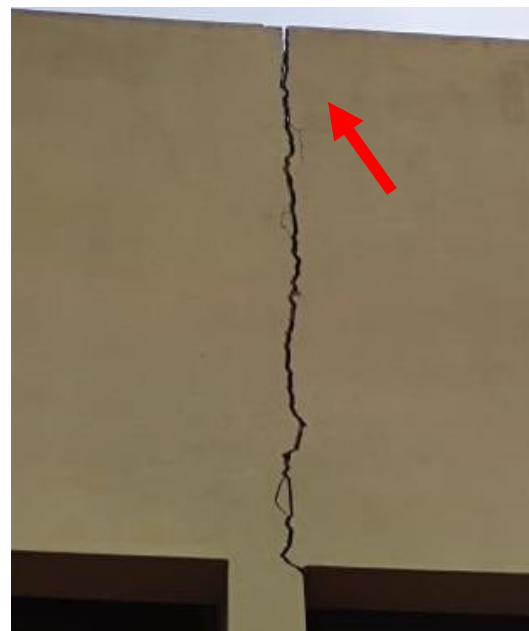
Figura 22 - Trincas em alvenaria tiradas no pavilhão 6, UFLA.



(a) Fissuras constatada no pavilhão 6, UFLA.



(b) Fissuras: foto tirada na parte interna da edificação.

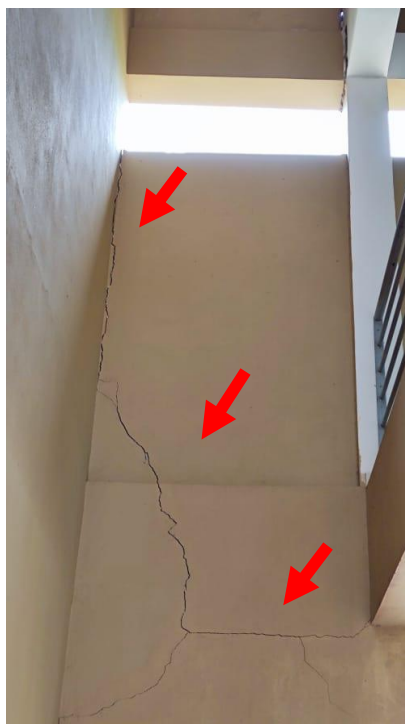


(c) Fissuras: foto tirada da fachada da edificação.

Fonte: Dos autores (2021).

Já a Figura 23, apresenta a parte posterior da fachada, onde é possível observar a trinca de outros ângulos. Também é perceptível que a trinca encontra a viga de concreto armado, destruindo o revestimento, no encontro da viga com o pilar. Uma medida a ser tomada é avaliar o estado da viga, por meio de inspeção visual ou realização de ensaios, para determinar se existe alguma fissura que comprometa sua capacidade resistente e rigidez.

Figura 23 - Trinca vista por trás da fachada.



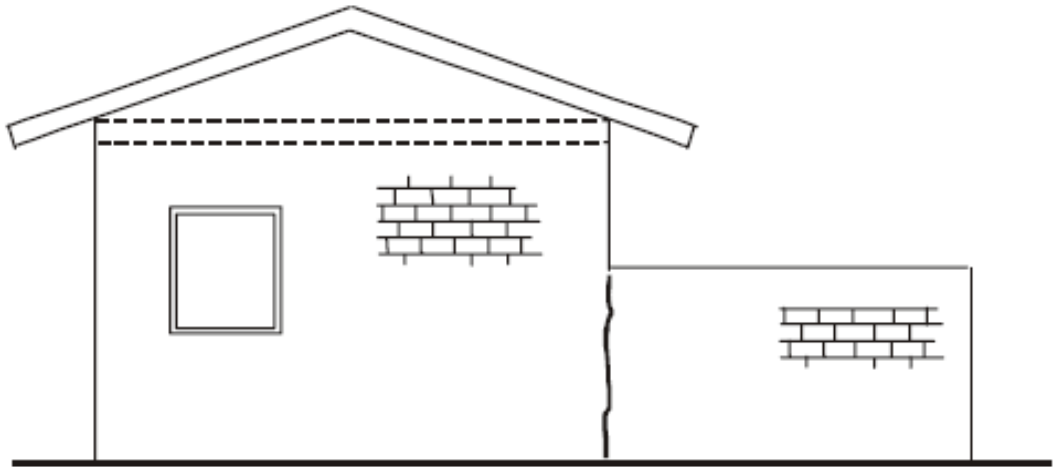
Fonte: Dos autores (2021).

Não foi possível acessar os projetos estruturais e de fundações do edifício em questão. A análise do projeto é essencial para que se obtenha indícios sobre o que gerou as trincas. Informações como o tipo de fundação empregado, as sobrecargas utilizadas no projeto, se foi ou não realizado laudo de sondagem, são fundamentais para definir quais são as medidas de correção apropriadas.

Serão levantadas aqui algumas hipóteses. Ao que tudo indica, parte do edifício se movimentou de alguma forma, seja por variação térmica ou por recalque diferencial das fundações, o que gerou tensões nas alvenarias. Devido à falta de amarração, a parede se separou em duas partes, comportando-se como elementos independentes.

Essa hipótese é baseada na afirmação de Magalhães (2004, p. 84), de que “as fissuras por deficiência de amarração, em geral, se manifestam pela movimentação associada a outros fenômenos, como variações térmicas, retração ou recalques”. A Figura 24, ilustra fissura vertical típica de falta de amarração.

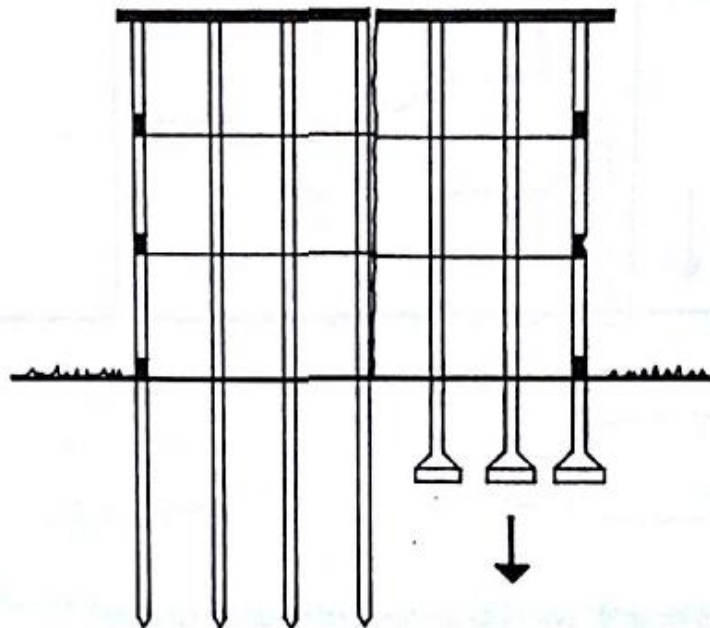
Figura 24 - Fissura vertical por deficiência de amarração entremuro e prédio.



Fonte: Magalhães (2004).

Conforme Thomaz (1992), quando existe diferenças de carregamento em duas partes de um edifício, sendo uma parte mais carregada e outra menos, com ambas utilizando um mesmo sistema de fundação, isso pode acarretar o surgimento de fissuras verticais. Do mesmo modo, quando existe sistemas diferentes de fundação em duas partes de um mesmo edifício, também pode ocorrer fissuras semelhantes. Esse fenômeno pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 - Diferentes sistemas de fundação gerando recalques diferenciais.



Fonte: Thomaz (1992).

Observou-se que a fissura ocorreu entre duas partes do prédio destinadas a cargas de utilização diferentes, uma parte sendo destinado a salas de aula e outra a área administrativa, o que pode tornar plausível a hipótese da diferença de carregamento gerando recalques. Da mesma forma é possível que o recalque foi gerado pela utilização de sistemas de fundações diferentes entre as duas partes do prédio, o que poderia ser confirmado com o projeto em mãos.

Quanto as medidas de correção, estas devem ser escolhidas em função da causa que a originou, e tendo em vista suprimir o problema inicial, e não apenas a trinca em si. No caso de que seja verdade que a trinca foi causada por recalque diferencial das fundações, é necessário que se execute o reforço das mesmas, sendo necessário um estudo do solo e das cargas atuantes para se executar um projeto de reforço adequado. Dessa forma pode se estabilizar o movimento que gerou o problema, e a partir disso, recuperar a trinca em si.

#### **4.6 Corrosão em estrutura metálica treliçada no prédio da Medicina**

Outro local onde se identificou patologias foi a passarela metálica que faz a ligação entre os dois blocos do prédio do curso de medicina. A mesma é formada por duas treliças, do tipo Warren, onde se utilizou diversos tamanhos de perfil I laminado, em aço carbono. Nas Figuras 26 e 27, são mostradas uma vista geral da estrutura analisada.

Figura 26 – Prédio da Medicina no Campus da Universidade Federal de Lavras.



Fonte: Dos autores (2021).



Figura 27 – Treliça que interliga os dois blocos do prédio da Medicina.



Fonte: Dos autores (2021).

Constatou-se a presença de corrosão na passarela metálica, em especial na região dos apoios, na ligação entre a treliça e os pórticos de concreto armado. Conforme pode-se observar na Figura 28, há presença de manchas avermelhadas descendo pelo pórtico no local onde existe a ligação do perfil metálico com o concreto, o que pode indicar a existência de corrosão por dentro do concreto. Contatou-se que neste local existe a ligação da treliça com o concreto por meio da placa de base (internamente ao concreto). Possivelmente existe alguma infiltração causando a corrosão dos elementos da placa de base, o que pode comprometer a capacidade resistente da estrutura. Como consequência dessa corrosão da placa de base, pode ocorrer o deslocamento do concreto do pórtico, comprometendo a segurança da passarela.

Figura 28 - Corrosão em Estrutura Metálica.



Fonte: Dos autores (2021).

Também é possível notar manchas avermelhadas em uma das extremidades do perfil que compõe o banzo inferior da passarela, com o descascamento da pintura, indicando a perda de proteção da estrutura contra a corrosão, como é mostrado na Figura 29:

Figura 29 - Corrosão em perfis metálicos.



Fonte: Dos autores (2021).

Aparentemente os prejuízos por enquanto são somente estéticos, mas, se não for tratado, o problema da corrosão nesses locais pode evoluir, levando a diminuição das seções transversais desses elementos metálicos, reduzindo a capacidade resistente da estrutura. Outro problema seria a gradativa perda de rigidez, podendo gerar deformações e vibrações na estrutura, levando está a atingir o estado limite de serviço.

Castro (1999) indicou os tratamentos adequado para elementos de aço afetados por corrosão superficial:

Se a superfície estiver corroída apenas superficialmente, podemos apenas realizar uma limpeza superficial e refazer novamente a pintura. O jato de areia é o único processo capaz de garantir uma limpeza superficial adequada, eliminando quase todo resquício de ferrugem. (CASTRO, 1999, p.44).

Caso não sejam tomadas medidas e a corrosão evoluir para um nível de maior agressividade, pode ser necessário o reforço ou substituição das peças afetadas.

Identificou-se na passarela outro provável erro de execução, não relacionado a corrosão, mas que pode gerar alguma patologia no futuro. Foram observados erros de execução nas soldas de ligação entre os perfis metálicos, conforme é possível observar na Figura 30.

Figura 30: Defeito em ligação soldada



Fonte: Dos autores (2021).



O filete de solda possui espessura maior que a própria chapa de ligação, o que não é indicado pela norma de projeto de estruturas de aço NBR 8800 (ABNT, 2008). Segundo Argenta (2016):

A dimensão máxima de uma solda de filete que pode ser usada ao longo de bordas de partes soldadas é a seguinte:

- 1) Ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;
- 2) Ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm.

O objetivo desta limitação é evitar que seja fundida a borda de chapas com espessura de 6,35 mm ou mais, o que levaria a avaliações erradas da garganta efetiva da solda.

Portanto, para chapas com espessura maior ou igual a 6,35 mm a borda da chapa deve ser facilmente identificada. (ARGENTA, 2015, p. 11).

Tal excesso de solda pode alterar as propriedades do aço da chapa de ligação, mudando as características de vinculações previstas no projeto.

Por exemplo, uma ligação que em projeto foi calculada como engastada, pode perder sua rigidez e passar a se comportar como rotulada, podendo gerar patologias futuras, em especial deformações e vibrações excessivas.

Portanto, outra recomendação seria um estudo mais aprofundado das ligações soldadas para determinar se é necessário alguma substituição de alguma dessas peças de ligação.

## 5 CONCLUSÃO

Diante da insatisfação dos resultados e serviços executados na construção civil, após horas de estágio obrigatório, houve a necessidade de questionar e aprender sobre as patologias, suas causas, sintomas e consequências, de modo a prevenir seu aparecimento e propor soluções. O local de estudo em questão foi a Universidade Federal de Lavras, devido a esta possuir grande número de construções em diferentes estados, sendo algumas relativamente novas, como é o caso do prédio da ABI e do prédio da Medicina, que possuem por volta de 6 anos desde a sua construção.

O estudo de caso realizado em algumas construções da UFLA demonstrou patologias como fissuras, corrosões, eflorescências e infiltrações. Verificou-se que a maioria dessas patologias são originadas do contato das edificações com a umidade, demonstrando a importância da impermeabilização nas obras. No caso das trincas que ocorreram no Pavilhão de Aulas 6, foram levantadas algumas hipóteses sobre a origem das mesmas, como a ocorrência de recalques diferenciais, movimentação por variação térmica, e/ou má execução ou pela falta de amarração da alvenaria com o pilar.

Como sugestão de trabalhos futuros sobre patologias em obras públicas, no caso, na Universidade Federal de Lavras, recomenda-se a realização de ensaios em campo mais aprofundados, como por exemplo testes para verificar o nível de corrosão na passarela metálica, para verificar se houve perda significativa de área da seção transversal devida a essa corrosão, já que isso pode prejudicar a estabilidade da estrutura.

No caso da infiltração no pilar no prédio da ABI, verificar o projeto estrutural analisando as condições e o estado do telhado, e se este possui erros em sua execução ou projeto. Outra manifestação patológica encontrada no mesmo prédio, fissuras mapeáveis no *hall* de entrada, sugere-se avaliar a situação com ensaio de aderência.

Já no caso da rampa do RU, verificar o grau das eflorescências, analisando se elas chegaram a causar algum dano nas armaduras, e/ou no concreto da rampa. Desta forma, sugere-se a utilização de métodos de ensaios não destrutivos para avaliar a condição, utilizando o Ultrassom ou Esclerometria para analisar a uniformidade e resistência do concreto. E para analisar as espessuras das camadas de cobertura das barras de aço, recomenda-se o ensaio de pacometria.

Problemas patológicos são evolutivos e se nenhuma atitude for realizada, tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretar outros problemas associados a sensações geradas nas pessoas quando observam edificações com manifestações patológicas. Elas não apenas questionam a segurança da edificação, como se sentem incomodadas em entrar em

quaisquer edificações com patologias. Isto gera uma imagem negativa e acaba desvalorizando o imóvel.

Conclui-se então a importância de conhecer as principais patologias que ocorrem nas obras de modo a poder se projetar e construir obras que sejam mais resistentes contra os diversos agentes causadores de anomalias nas construções.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200/1998 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281/2005 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos - Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749/2013 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800/2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575/2013 - Edificações habitacionais - Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro, 2013.

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

ANTUNES, G, R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ARGENTA, M.A., **Notas de aula de Estruturas Metálicas. Capítulo 2: Ligações Soldadas.** Universidade Federal do Paraná. 2016.

BARROS, M.M.B. TANIGUTI, E. K.; RUIZ, L.B.; SABBATINI, F.H. **Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimento verticais. Notas de aula:**

**Patologias em revestimentos verticais.** São Paulo, 1997. Disponível em://tgp-mba.pcc.usp.br/TG-006/Aulas2003/Arquivos/aula3-2003-v2.pdf>. Acessado em 05 de novembro de 2021.

BESSA, A, R, O. **Manifestações em Estrutura Metálica: Um estudo de caso da corrosão, causas e consequências em pilares treliçados na cidade de Água Nova – RN.** Monografia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pau dos Ferros, 2019.

BONIN, L. C.; CARASEK, H; CINOTTO, M. A; SOUZA, U. E. L. **Massa crítica pela qualidade. Técnica – Revista de Tecnologia da Construção.** São Paulo, ano 8, n. 41, p. 68-72, jul./ago. 1999.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado.** [S.l: s.n.], 2009.

CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante. **Patologia Dos Edifícios Em Estrutura Metálica.** 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** In: **Tecnologia de edificações.** São Paulo: Pini, 1988. P. 549-554

DEG - **Departamento de Engenharia.** Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras, 2017. < <http://www.deg.ufla.br/component/content/article/12-institucional/noticias-deg-ufla/37-edital-monitoria-remunerada?Itemid=101>>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.

ELDRIDGE, H. J. **Construcción, defectos comunes.** Barcelona: Gustavo Gili, 1982.

FAKURY, Ricardo H.; SILVA, Ana Lydia R. Castro e; CALDAS, Rodrigo B. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto.** São Paulo: Pearson, 2016. 496 p.

GRANATO, José Eduardo. **Apostila: Patologia das construções.** São Paulo, 2002.

GENTIL, V. **Corrosão.** LTC, 3º. ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996, 345 p.

GIUGLIANI, Eduardo; Viegas, B. Felipe. **Curso de especialização em produção civil atualização em sistemas estruturais**. PUCRS. Rio Grande do Sul, 2013. <[https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/PG\\_PRODUCAO\\_CIVIL\\_-\\_Atualizacao\\_de\\_Sistemas\\_Estruturais\\_-\\_6a\\_Edicao.2013/PG2013\\_Estruturas\\_Concreto\\_00.pdf](https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/PG_PRODUCAO_CIVIL_-_Atualizacao_de_Sistemas_Estruturais_-_6a_Edicao.2013/PG2013_Estruturas_Concreto_00.pdf)>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.

GUTERRES, Paulo R. Cabana. **Argamassas de reabilitação: Estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2009.

HELENE, Paulo R. do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

KAESTNER, Camile Luana. **Dimensionamento de lajes à punção**. Revisado, 2021. <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360038256053-Dimensionamento-de-lajes-%C3%A0-pun%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 35. 1985.

MACEDO, José Vitor; BATISTA, P; LOPES, P; SOUZA, R; MONTEIRO, E. **Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso**. COMPRAR 2017 - Recife, 30 e 31 de agosto de 2017.

MAGALHÃES, E, F. **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

MASUERO, A.B. **Patologia das edificações**: turma 2001. Porto Alegre: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MAPA DA OBRA. **Problemas causados pela lixiviação do concreto.** Votorantim Cimentos, 2017. < <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

MAPA DA OBRA. **Entendendo as trincas e fissuras.** Votorantim Cimentos, 2016. < <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/entendendo-as-trincas-e-fissuras/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

MELGES, J.L.P. **Punção em lajes: exemplos de cálculo e análise teórico-experimental.** Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

PRAEC – **Restaurante Universitário da UFLA.** Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2021. < <http://www.deg.ufla.br/component/content/article/12-institucional/noticias-deg-ufla/37-edital-monitoria-remunerada?Itemid=101>>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.

SACHS, A. **Tratamento intensivo.** São Paulo: Técnica. 220, p. 40-44, julho de 2015.

SEGAT, Gustavo Tramontina. **Manifestações patológica observadas em revestimento de argamassa: Estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS).** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: Estudo de caso em edifícios em Florianópolis.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, J.M.; ABRANTES, V. **Patologia em paredes de alvenaria: causas e soluções.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, E, D, C. **Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso em edificações do Campus I da Universidade Federal da Paraíba.** In: Seminário sobre Paredes de Alvenaria – Inovação e possibilidades atuais. Universidade do Minho. Lisboa, 2018.

SILVA A. P., JONOV C.M.P. **Curso de especialização em construção civil. Departamento de engenharia de materiais e construção.** Minas Gerais, 2011. (Notas de Aula). Disponível em: <[http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest\\_%20Pat\\_2016.pdf](http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest_%20Pat_2016.pdf)>. Acesso em: 06 nov. 2016.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <[https://minascongressos.com.br/sys/anexo\\_material/63.pdf](https://minascongressos.com.br/sys/anexo_material/63.pdf)>. Acesso em: 02 de novembro de 2021.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1a ed. São Paulo, Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo, Ed. PINI, 1992.

UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência.** São Paulo. Ed. PINI, 1988.

UFLA - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014. < <https://ufla.br/arquivo-de-noticias/6495-dadp-anuncia-melhorias-nos-pavilhoes-de-aulas-e-espacos-de-uso-comum>>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.

ZILLI, Elizandro; BORTOLOTTI, Franchubert. **Estudo comparativo entre estrutura com laje convencional em concreto armado e uma estrutura com laje plana lisa protendida: estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar na cidade de Pato Branco.** 2013. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

WEIMER, Bianca Funk. **Patologia das estruturas.** Porto Alegre SER - SAGAH 2018-1.