

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO- EIXO DAS TECNOLOGIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DAMAZIO ALENCAR SIQUEIRA DE FARIAS

**Diagnóstico e Propostas de Intervenções Mitigadoras das Manifestações  
Patológicas da Orla Fluvial Altemar Dutra em Piranhas-AL**

DELMIRO GOUVEIA- AL

2019

DAMAZIO ALENCAR SIQUEIRA DE FARIAS

**Diagnóstico e Propostas de Intervenções Mitigadoras das Manifestações  
Patológicas da Orla Fluvial Altemar Dutra em Piranhas-Al**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.e Rogério de Jesus Santos.

DELMIRO GOUVEIA- AL

2019

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

F224d Farias, Damazio Alencar Siqueira de

Diagnóstico e propostas de intervenções mitigadoras das manifestações patológicas da Orla Fluvial Altamar Dutra em Piranhas – AL / Damazio Alencar Siqueira de Farias. – 2019.

62 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Rogério de Jesus Santos.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Engenharia civil. 2. Manifestações patológicas. 3. Infraestrutura. 4. Orla fluvial Altamar Dutra. 5. Piranhas – Alagoas. I. Título.

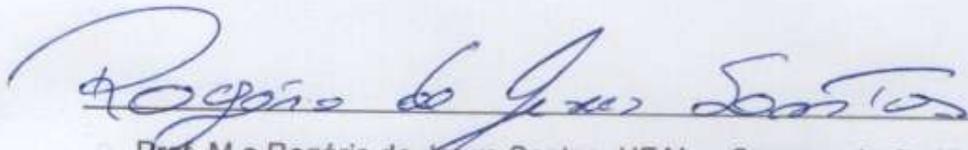
CDU: 624.012.45

Folha de Aprovação

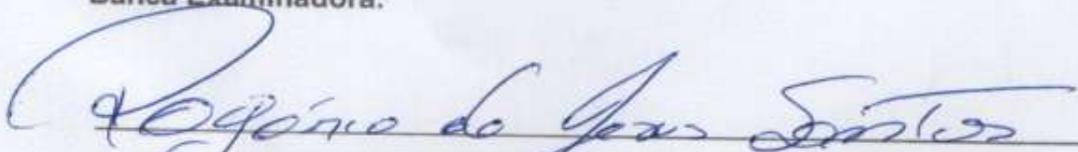
AUTOR: DAMAZIO ALENCAR SIQUEIRA DE FARIAS

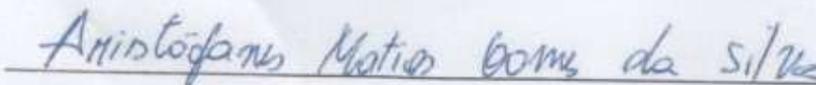
Diagnóstico e Propostas de Intervenções Mitigadoras das Manifestações Patológicas  
da Orla Fluvial Altemar Dutra em Piranhas-AL

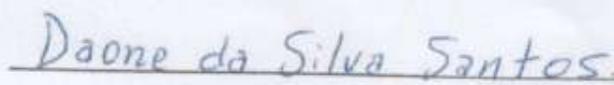
Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao  
corpo docente do Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Alagoas – Campus do  
Sertão e aprovado em 19 de julho de 2019.

  
Prof. M.e Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)

**Banca Examinadora:**

  
Prof. M.e Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)

  
Prof. M.e Aristófanes Matias Gomes da Silva, IFAL – Campus Piranhas (Avaliador)

  
Eng. Civil Daone da Silva Santos (Avaliador)

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, que nas dificuldades está ao meu redor, que me deu sua mão em minhas desilusões. E tenho certeza: Ele sempre me amará. Desejo, ó Deus, para sempre te honrar.

Aos meus pais (Damario Alencar de Farias e Ienes Siqueira da Silva), por todo apoio e compreensão da importância dessa etapa em minha vida. Aos meus avós e demais familiares, pelo voto de confiança e demonstração de carinho.

In memoriam, ao meu avô Francisco, ao meu padrinho Aloísio e ao meu eterno amigo Kinho, por todo amor que me tiveram e que tenho por eles.

Aos meus amigos, Rafael Santos Carvalho (João Grilo) e James Monteiro Dias (Major), por todos os momentos compartilhados durante estes cinco anos, todas as brincadeiras, momentos de descontração e principalmente pela grande amizade construída. À minha amiga Anne Karoline, pela amizade de longa data, conversas e palavras de conforto. A vocês eu atribuo o significado de amizade, porque me deram as mãos nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos de turma que me ajudaram diante dos desafios impostos pela universidade, Claudenise Alves, Rayanne Karlla e Lucas Araújo.

Agradeço também aos professores que contribuíram de alguma forma para este momento, pois são a base e a essência de uma nação próspera e desenvolvida. Em especial, ao meu orientador (Rogério de Jesus Santos) que aceitou o desafio desta empreitada final.

Por fim, a todos que se mostraram companheiros e acreditaram em mim, pois os votos de confiança encheram de esperanças o coração de um garoto sonhador.

*Ergue o teu cansado rosto  
que sem luta não se cai  
e sem caminhar não se vai  
fazer uma nova história.  
Ergue o derrotado rosto,  
fira com garra o cansaço  
pois superar o fracasso  
faz maior tua vitória.*

Rafael Santos Carvalho.

## RESUMO

O crescimento populacional das últimas décadas destacou a necessidade de investimentos em infraestrutura, os quais, executados em ritmo acelerado, evidenciaram a carência por mão de obra qualificada, planejamento e controle do processo construtivo. As falhas decorrentes das etapas de projeto, execução e da ausência de manutenção se expressam em forma de manifestações patológicas ao longo da vida útil da estrutura. À vista disso, demonstra-se a importância de se estudar e diagnosticar as causas, origens e formas de atuação das patologias, bem como as possíveis intervenções e precauções que devem ser tomadas e as terapias para o tratamento das ocorrências. Assim sendo, esse trabalho desenvolve um diagnóstico bem como propõe algumas intervenções sobre as manifestações patológicas da Orla Fluvial Altemar Dutra na cidade de Piranhas-AL. Para isso, são realizadas vistorias, ensaios, entrevistas e pesquisas sobre o histórico da edificação, com o objetivo de se empregar o maior grau de objetividade possível e obter um diagnóstico adequado acerca dos danos encontrados. Na obra em questão, as principais manifestações patológicas encontradas são de caráter visual e estão atreladas à atuação da água como eflorescências, sujidades de origem biológica e manchas de umidade. Apesar das limitações de ensaios, é possível concluir que a edificação apresenta desempenho comprometido e necessita de manutenções corretivas a fim de restaurar as condições ideais de utilização e oferecer segurança, conforto e proteção aos seus usuários.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; diagnóstico; planejamento; controle de qualidade; manutenção; falhas.

## **ABSTRACT**

The population growth of the last decades denoted the need for investments in infrastructure, which, executed at an accelerated pace, evidenced the lack of skilled labor, planning and control of the construction process. The failures resulting from the design, execution and absence of maintenance phases are expressed as pathological manifestations throughout the structure service life. Along those lines, it is importante to study and diagnose the pathologies causes, origins and forms of action, as well as the possible interventions and precautions that must be taken and the therapies to treat it. Therefore, this work develops a diagnosis as well as proposes some interventions on the pathological manifestations of the Altemar Dutra Waterfront in the city of Piranhas-AL. To do so, we performed tests, building surveys, users interviews and researched the building history in detail, aiming to achieve the highest possible degree of objectivity to obtain an adequate damages diagnosis. In the building analyzed in this work, the main pathological manifestations are visual and resultant of the water action, such as efflorescence, biological dirt and moisture spots. Despite the tests limitations, we concluded that the building performance is not totally adequated and it requires corrective maintenance in order to restore its ideal use conditions to ensure safety, comfort and protection to its users.

Key words: Pathological manifestations; diagnosis; planning; quality control; maintenance; failures.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das falhas humanas no processo construtivo. ....	17
Figura 2: Origem dos problemas em relação às etapas de produção e uso. ....	18
Figura 3: Distribuição relativa de ocorrência das manifestações patológicas. ....	22
Figura 4: Percentual de incidência de lesões. ....	22
Figura 5: Eflorescência. ....	25
Figura 6: Representação do processo de corrosão. ....	26
Figura 7: Tabela 7.2 da NBR 6118:2014. ....	27
Figura 8: Esclerômetro. ....	33
Figura 9: Ábaco de conversão para resistência. ....	34
Figura 10: Localização do objeto de estudo. ....	35
Figura 11: Vista superior do objeto de estudo. ....	36
Figura 12: Vista frontal do objeto de estudo. ....	36
Figura 13: Destacamento da cerâmica. ....	38
Figura 14: Revestimento cerâmico do belvedere. ....	39
Figura 15: Destacamento da base do peitoril. ....	40
Figura 16: Reparo com argamassa. ....	40
Figura 17: Problemas na junta de dilatação do belvedere 1. ....	41
Figura 18: Acúmulo de água no belvedere. ....	42
Figura 19: Tubulações de águas pluviais. ....	43
Figura 20: Disposição dos ralos e pilares. ....	44
Figura 21: Manchas de umidade e descascamento. ....	44
Figura 22: Corrosão. ....	45
Figura 23: Manchas de corrosão. ....	46
Figura 24: sujidade de origem biológica. ....	47
Figura 25: Patologias geradas pela presença de água. ....	47
Figura 26: Desagregação da argamassa. ....	48
Figura 27: Eflorescências na laje. ....	48
Figura 28: Fissuras na laje. ....	49
Figura 29: Fenda entre a viga e a parede. ....	50
Figura 30: Reticulado para ensaio de esclerometria. ....	51
Figura 31: Percentual de incidência das manifestações. ....	54
Figura 32: Influência das etapas do processo construtivo nos danos das construções. ....	55
Figura 33: Origem dos danos nas construções. ....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índices de gravidade, urgência e tendência.....	31
Tabela 2: Matriz GUT.....	57
Tabela 3: Prioridade de reparos.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Causas intrínsecas de deterioração das estruturas de concreto armado.	20
Quadro 2: Causas extrínsecas de deterioração das estruturas de concreto armado.	21
Quadro 3: Vida útil de projeto (VUP).	29
Quadro 4: Resultados do ensaio de esclerometria.	51
Quadro 5: Resumo e quantificação das ocorrências.	53

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.1	<b>Objetivos</b>	14
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	14
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	14
1.2	<b>Justificativa</b>	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	15
2.1	<b>Patologias</b>	15
2.2	<b>Origens e Causas dos Danos nas Construções</b>	17
2.2.1	<i>Origens</i>	17
2.2.2	<i>Causas</i>	19
2.3	<b>Principais Manifestações Patológicas</b>	21
2.3.1	<i>Fissuras, trincas e rachaduras</i>	23
2.3.2	<i>Eflorescências</i>	24
2.3.3	<i>Disgregação e desagregação</i>	25
2.3.4	<i>Corrosão das armaduras</i>	26
2.4	<b>Diagnóstico de uma Construção</b>	28
2.4.1	<i>Perícia</i>	28
2.4.2	<i>Laudo técnico</i>	30
2.4.3	<i>Grau de Risco</i>	30
2.4.4	<i>Ferramenta GUT</i>	31
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	32
3.1	<b>Estudo de Caso</b>	34
3.1.1	<i>Dados cadastrais do imóvel</i>	34
3.1.2	<i>Levantamento dimensional e características técnicas do imóvel</i>	35
3.1.3	<i>Divisão do objeto de estudo</i>	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	37
4.1	<b>Resultados das Vistorias</b>	37
4.1.1	<i>Destacamento do revestimento</i>	38
4.1.2	<i>Trincas no revestimento</i>	39
4.1.3	<i>Disgregação da argamassa</i>	39
4.1.4	<i>Infiltrações na junta de dilatação</i>	41
4.1.5	<i>Formação de poças d'água</i>	42
4.1.6	<i>Manchas de umidade</i>	44

4.1.7	<i>Corrosão</i> .....	45
4.1.8	<i>Infiltração de água da chuva</i> .....	46
4.1.9	<i>Fissuras</i> .....	49
4.2	<b>Ensaio de Esclerometria</b> .....	50
4.3	<b>Caracterização das Manifestações</b> .....	53
4.4	<b>Ferramenta GUT</b> .....	56
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	58
6	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	59
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento populacional nas últimas décadas, surgiu a necessidade de investimentos em obras de infraestrutura. Segundo o ministério do planejamento, essa demanda foi suprida através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que promoveu um impulso nas obras de engenharia do país.

Nesse contexto, o ritmo acelerado das construções evidenciou a carência de mão de obra qualificada, de planejamento e de controle de qualidade. Esses problemas são ainda mais visíveis devido às buscas constantes por economias em tempo e custos, as quais para Dórea et al. (2010), as soluções encontradas, por diversas vezes, são de caráter duvidoso, sem atendimento às normas técnicas e aos padrões já consolidados como corretos.

Aliado a isso, inicia-se um momento de alerta na construção civil, acentuado pelos diversos casos de desastres com prejuízos materiais e à vida humana, sejam por erros técnicos ou por ausência de programa de manutenção que venham a reduzir a vida útil da edificação.

O código civil brasileiro em seu art. 618 estabelece que o profissional de engenharia é responsável pela solidez e segurança da obra durante cinco anos. No entanto, conforme jurisprudência, caso a obra apresente qualquer problema que comprometa esses fatores, independente do prazo, o profissional responsável será julgado mediante perícia que constate o erro, negligência ou imprudência.

Atualmente, a área da construção civil passa por um momento de renovação, as obras começam a perder desempenho e se aproximam da sua vida útil de projeto. A ABNT- NBR 8681:2003 adota como referência o tempo de 50 anos para a vida útil de projeto nas estruturas, mas por questões de sustentabilidade, devido ao alto investimento e aos recursos naturais escassos, necessita-se de soluções que venham a prolongar e restaurar a vida útil das edificações. Em conformidade com a ABNT-NBR 6118:2014, a vida útil de projeto é caracterizada como o período de tempo que a edificação mantém suas características, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção e a execução de reparos necessários; desinertes de danos acidentais.

Com base no apresentado, evidencia-se a importância dos programas de manutenção, da realização de inspeções prediais regulares e do diagnóstico adequado dos danos e anomalias que surgem nas edificações. Além disso, nota-se a importância da realização de manutenções preventivas e corretivas, que são

essenciais para manter a estrutura em um nível de desempenho adequado por mais tempo.

Na mesma linha de raciocínio, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo- IBAPE/SP (2015) considera a inspeção predial ou vistoria do check-up das edificações um trabalho técnico ainda pouco explorado, que ganha ênfase com os acidentes de grande porte em edificações. Dessa forma, o diagnóstico das manifestações patológicas se mostra como uma área em desenvolvimento na engenharia, que precisa de atenção especial na busca por estruturas mais sustentáveis e seguras.

## **1.1 Objetivos**

Os objetivos deste trabalho são divididos em geral e específicos, conforme apresentados a seguir:

### *1.1.1 Objetivo geral*

Identificar e analisar as principais manifestações patológicas presentes na obra em questão e, quando possível, propor medidas remediadoras ou corretivas.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- I. Caracterizar as principais manifestações patológicas da obra periciada, através de uma análise objetiva;
- II. Analisar os danos e/ou eventos encontrados, e diagnosticar as prováveis causas e consequências;
- III. Propor medidas remediadoras e intervenções.

## **1.2 Justificativa**

A escolha do tema surgiu a partir da importância de se realizar o diagnóstico das manifestações patológicas de uma edificação, e a respectiva investigação e definição das possíveis causas e medidas que devem ser tomadas em respeito à segurança, ao conforto e à proteção dos usuários.

A não obediência e/ou falta de projetos, os vícios de execução e a ausência de manutenções periódicas são algumas das causas da aparição de falhas nos elementos construtivos, as quais requerem atenção especial quando se trata de componentes estruturais. As obras que não apresentam um cronograma de

planejamento e controle de execução estão, principalmente, fadadas ao aparecimento de transtornos para os usuários.

De acordo com isso, a partir de entrevistas não estruturadas, percebeu-se que a Orla Fluvial Altemar Dutra causa desconforto, sobretudo visual, aos seus usuários, os quais não sentem segurança, conforto e proteção, em decorrência de várias manifestações patológicas que se espalham pela estrutura, como infiltrações, destacamento de revestimento do piso e, particularmente, da argamassa que reveste a laje.

Por estar situada em uma cidade histórica que recebe muitos turistas, além do fato de ter sido pensada e construída com fins turísticos e de lazer, a orla deve apresentar desempenho visual que atenda à sua funcionalidade. Portanto, este trabalho de conclusão de curso visa oferecer uma avaliação do histórico da edificação e suas manifestações patológicas, bem como apurar os motivos que afetaram o desempenho da obra em apenas sete anos de uso.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Patologias**

O termo patologia ganha ênfase no cenário da engenharia, em decorrência dos diversos casos de falhas construtivas que afetam desde o aspecto visual, até desastres com prejuízos humanos e materiais.

Segundo Souza e Ripper (1998, p.14), a expressão patologia é definida como “o novo campo da engenharia das construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”.

Na mesma linha de raciocínio, Helene (1992, p.19) trata o termo como o estudo das partes que compõem o diagnóstico de um problema e atribui à terapia das construções, estudar a correção e a solução das manifestações patológicas. O autor diz ainda que, “para obter êxito nas medidas terapêuticas, é necessário que o estudo precedente, o diagnóstico da questão, tenha sido bem conduzido”.

Logo, entende-se que a patologia é tida na engenharia como uma ciência que estuda os problemas que surgem na construção civil. Já o sintoma advindo desse problema é comumente chamado de manifestação patológica, como a corrosão da armadura de um elemento estrutural.

Os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar as prováveis consequências. Esses sintomas, também denominados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, podem ser descritos e classificados, orientando um primeiro diagnóstico, a partir de minuciosas e experientes observações visuais (HELENE, 1992, p. 19).

No que diz respeito ao diagnóstico, Mazer (2012, p.4) cita que na área da patologia esse termo está relacionado a determinar as causas dos mecanismos de formação e a gravidade potencial de uma manifestação, com fundamentos na observação dos sintomas e na eventual realização de estudos e ensaios específicos.

As manifestações patológicas geralmente são advindas de falhas no projeto, como erros de concepção e de detalhamento, da execução, como a ausência de planejamento e de controle de qualidade dos materiais, e da utilização do processo de construção civil, devido à ausência de manutenção e ao uso inadequado.

Souza e Ripper (1998, p.24) constatarem que, na fase de projeto, erros decorrentes de um estudo preliminar deficiente ou de anteprojetos equivocados, são responsáveis, principalmente, pelo encarecimento do processo construtivo e por transtornos no momento de utilização da obra. Os autores citam ainda que as falhas geradas durante a realização do projeto final podem ocasionar em problemas patológicos graves, tais como: elementos de projeto inadequados, falta de compatibilização entre os projetos, especificação inadequada de materiais, detalhamento inadequado, detalhes construtivos inexequíveis, falta de padronização e erros de dimensionamento.

Outro ponto importante é ter ciência de que os materiais apresentam durabilidade específica e que a vida útil dos elementos construtivos pode ser prolongada com a presença de manutenções periódicas, que são responsáveis por manter o desempenho da estrutura dentro dos níveis exigidos para sua utilização (NBR 15575-1:2013). Nesse contexto, a NBR 5674:1999 define a manutenção como o conjunto de atividades que visam conservar ou recuperar a funcionalidade de uma edificação e de suas partes constituintes, de forma a atender as necessidades e segurança dos usuários.

De acordo com o Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia- IPEAPE (2003, p.10) o programa de manutenção deve ser estabelecido por parte do construtor e/ou responsável técnico, mas o usuário deve garantir que

ela seja efetuada a fim de permanecer com a garantia e de manter a construção em nível de desempenho adequado.

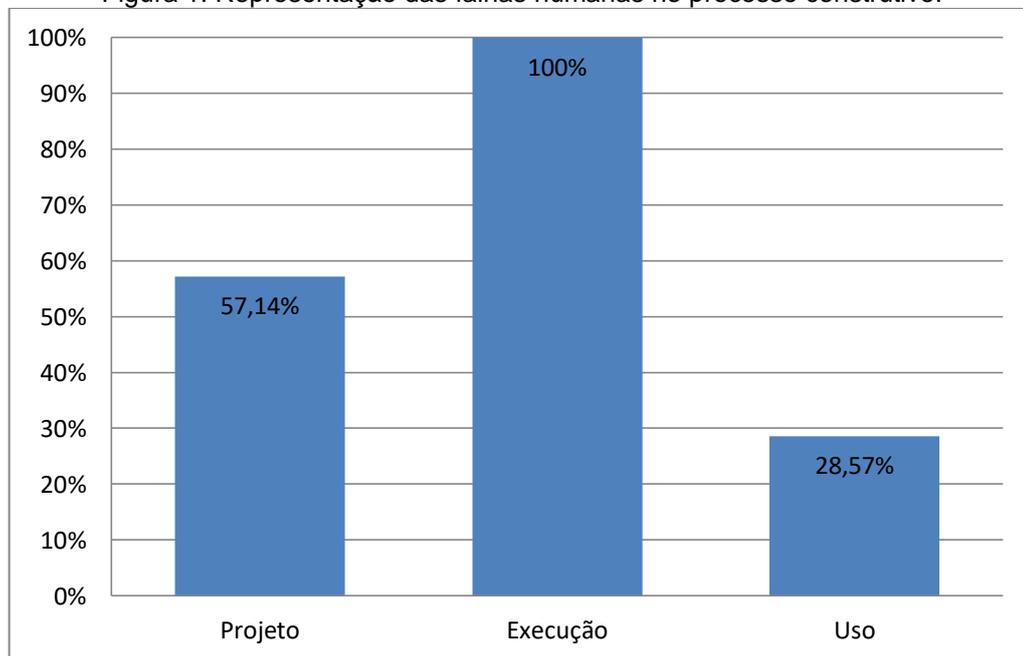
## 2.2 Origens e Causas dos Danos nas Construções

### 2.2.1 Origens

A partir da literatura existente e dos diversos casos já constatados, é possível identificar através de uma análise minuciosa dos sintomas, as origens ou causas mais prováveis dos danos nas edificações.

Conforme Souza e Ripper (1998, p.22), os problemas patológicos decorrem de falhas que ocorrem durante as etapas do processo de construção civil: concepção, execução e utilização. Diante disso, Silva, Pimentel e Barbosa (2003) realizaram estudos sobre o quanto as falhas humanas em cada etapa incidem na gênese das patologias, conforme apresentado na figura 1:

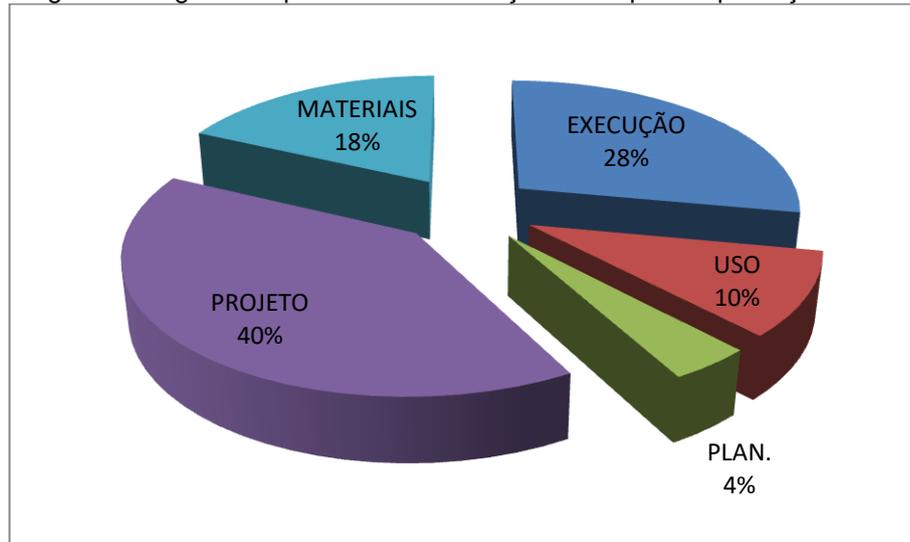
Figura 1: Representação das falhas humanas no processo construtivo.



Fonte: Adaptado de Silva, Pimentel e Barbosa (2003).

Levando-se em conta o caráter permanente das obras de engenharia, a ABNT-NBR 5674:1999 estabelece que durante o tempo de serviço, essas devem apresentar condições adequadas ao uso, resistindo a agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais. No entanto, como já citado neste trabalho, os erros relacionados ao processo construtivo reduzem drasticamente a vida útil das construções. A figura 2 apresenta as origens dos danos nas construções referentes às etapas:

Figura 2: Origem dos problemas em relação às etapas de produção e uso.



Fonte: Grunau (1981) *apud* Helene (1992, p. 22).

A figura 2 aponta um baixo índice para falhas relacionadas ao planejamento, porém, no cotidiano das obras da construção civil; percebe-se que os problemas sobre os materiais e a execução, geralmente, estão atrelados à inexistência de um controle de qualidade adequado; por exemplo, no momento de verificar a especificação de um material e na preparação de um traço de concreto.

Ademais, alguns autores citam que o controle de obras anda lado a lado com o seu planejamento, e que um não pode ser bem-sucedido sem o outro, como é compartilhado por Limmer:

O planejamento e a programação de um projeto acarretam o seu controle, pois é este que permite avaliar a qualidade do que foi planejado e programado. O planejamento e o controle são complementares entre si, sendo que um não faz sentido sem o outro [...] (LIMMER, 1996, p.16).

Limmer (1996, p.16) diz ainda que essas etapas do processo construtivo implicam em um sistema decisório contínuo, dado que planejar é decidir por antecipação, e controlar tem o objetivo fundamental de conhecer e corrigir os desvios que venham a ocorrer em relação ao planejado.

Desse modo, com base no apresentado e na figura 2, pode-se dizer que este quesito – planejamento e controle – representa cerca da metade da origem dos problemas em obras de engenharia. Por outro lado, no que se refere ao uso, além do desprezo às manutenções periódicas, soma-se o desvio de finalidade para o qual a obra foi projetada.

Na mesma linha de raciocínio, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia- IBAPE (2012, p.11) menciona que nas obras de engenharia “as não

conformidades podem estar relacionadas a desvios técnicos e de qualidade da construção e/ou manutenção da edificação”.

Estes problemas são perceptíveis principalmente nas cidades brasileiras de médio e pequeno porte, que ainda apresentam um grande número de obras realizadas sem o acompanhamento de um responsável técnico. Nesses casos, é indispensável a atuação do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) em conjunto com o poder público, que deve dispor de plano diretor adequado ao município e reforçar a fiscalização das obras em execução e as inspeções prediais.

Portanto, percebe-se que as falhas de qualidade dos materiais e da má execução são decorrentes de falhas no processo de planejamento e controle de obras, e serão tratadas neste trabalho como uma única origem de danos na construção.

### 2.2.2 Causas

Existem vários fatores que podem ocasionar falhas nos elementos construtivos, como a utilização inadequada, seja por aplicação de sobrecargas, alteração do uso ou falta de manutenção, a modificação das condições de utilização com a presença de recalques e/ou vibrações; influências externas como incêndios, inundações, explosões e ocorrências sísmicas; erros de planejamento, projeto ou execução; e por fim o uso normal, decorrente do envelhecimento dos materiais que perdem desempenho ao longo da vida útil (FALCÃO, 2018).

Em conformidade com Souza e Ripper (1998, p.25), existem vários aspectos que podem tornar o processo de construção civil passível de falhas como a falta de condições de trabalho e da capacitação profissional da mão de obra, a inexistência de controle de qualidade e execução e a má qualidade de materiais e componentes, além da irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem.

As causas dos processos de deterioração das estruturas de concreto armado podem ser classificadas em intrínsecas e extrínsecas, conforme apresentadas nos quadros 1 e 2. As causas intrínsecas são definidas como:

Segundo Souza e Ripper (1998), as causas intrínsecas são entendidas como as inerentes às próprias estruturas, com origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou utilização, sejam por falhas humanas, por questões próprias ao material, ações externas ou até mesmo acidentes. Ainda

segundo os autores, as causas extrínsecas são aquelas que atacam a estrutura de fora para dentro, durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil.

Quadro 1: Causas intrínsecas de deterioração das estruturas de concreto armado.

<b>CAUSAS INTRÍNSECAS</b>					
<b>FALHAS HUMANAS DURANTE A CONSTRUÇÃO</b>		<b>FALHAS DURANTE A UTILIZAÇÃO</b>	<b>CAUSAS NATURAIS</b>		
<i>DEFICIÊNCIAS DE CONCRETAGEM</i>	Transporte; Lançamento; Juntas de Concretagem; Adensamento; Cura.	<i>AUSÊNCIA DE MANUTENÇÃO</i>	<i>CAUSAS PRÓPRIAS À ESTRUTURA POROSA DO CONCRETO</i>		
<i>INADEQUAÇÃO DE ESCORAMENTOS E FORMAS</i>			<i>CAUSAS BIOLÓGICAS</i>		
<i>DEFICIÊNCIAS NAS ARMADURAS</i>	Má interpretação de projetos; insuficiência e/ou mau posicionamento de armaduras; cobrimento insuficiente; dobramento inadequado de barras; deficiência nas ancoragens e emendas; má utilização de anticorrosivos.		<i>CAUSAS QUÍMICAS</i>	Reações internas ao concreto; expansibilidade de certos constituintes do cimento; presença de cloretos, ácidos, sais, anidrido carbônico e água; elevação da temperatura interna do concreto.	
<i>UTILIZAÇÃO INCORRETA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO</i>	fck inferior e aço diferente do especificado; solo com características diferentes; utilização de agregados reativos; utilização inadequada de aditivos; dosagem inadequada do concreto.		<i>CAUSAS FÍSICAS</i>	Variação de temperatura; insolação; vento; água.	
<i>INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE</i>					

Fonte: Adaptado de Souza e Ripper (1998, p.29).

É importante ter em mente que, comumente, as falhas humanas durante a construção são resultantes da inexistência de controle de qualidade. Souza e Ripper (1998, p.34) consideram esta a maior de todas as causas relacionadas às falhas humanas, além de um ponto de máxima importância em qualquer obra. Os autores ainda citam que, com um controle de qualidade adequado, todas as outras causas referentes à execução, na sua grande maioria, terão substancialmente reduzidas as possibilidades de virem a ocorrer, ou, no mínimo, terão atenuadas suas consequências, em termos do quadro patológico resultante.

No que diz respeito às falhas humanas na fase de utilização, Souza e Ripper (1998, p.35) relacionam-nas, apenas, à ausência de manutenção, visto que os demais fatores são considerados extrínsecos. Desta forma, é importante repassar aos usuários que alguns materiais apresentam durabilidade menor que outros, conseqüentemente, necessitam de manutenção programada para compatibilizar e evitar a rápida deterioração destes.

Percebe-se que, as causas intrínsecas são vistas como inerentes ao processo de construção, como se fossem comuns em qualquer obra, tratando as falhas como um processo natural. Já as extrínsecas são tidas como as ações que atacam a estrutura de fora para dentro, durante a sua vida útil. Nesse contexto, as ações físicas, por exemplo, que são as mesmas nos dois casos – variação de temperatura, insolação, água –, ocorrem em momentos diferentes. Enquanto na intrínseca ocorre no momento de execução, mais especificamente na cura do concreto, na extrínseca ocorre depois de construída a obra, onde esses elementos atuam num processo natural de desgaste da estrutura.

Quadro 2: Causas extrínsecas de deterioração das estruturas de concreto armado.

<b>CAUSAS EXTRÍNSECAS</b>					
<b>FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO</b>	<b>FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO</b>	<b>AÇÕES MECÂNICAS</b>	<b>AÇÕES FÍSICAS</b>	<b>AÇÕES QUÍMICAS</b>	<b>AÇÕES BIOLÓGICAS</b>
Modelização inadequada da estrutura	Alterações estruturais	Choques de veículos	Variação de temperatura	Ar e gases	Crescimento de vegetação
Má avaliação das cargas				Águas Agressivas	
Detalhamento errado ou insuficiente	Sobrecargas exageradas	Recalque de fundações	Insolação	Águas Puras	Desenv. de organismos e microorganismos.
Inadequação ao Ambiente				Reações com ácidos e sais	
Incorreção na interação Solo-Estrutura	Alteração das condições do terreno de fundação	Acidentes (Ações imprevisíveis)	Atuação da água	Reações com sulfatos	cupins e formigas
Incorreção na consideração de juntas de dilatação					

Fonte: Adaptado de Souza e Ripper (1998, p.41).

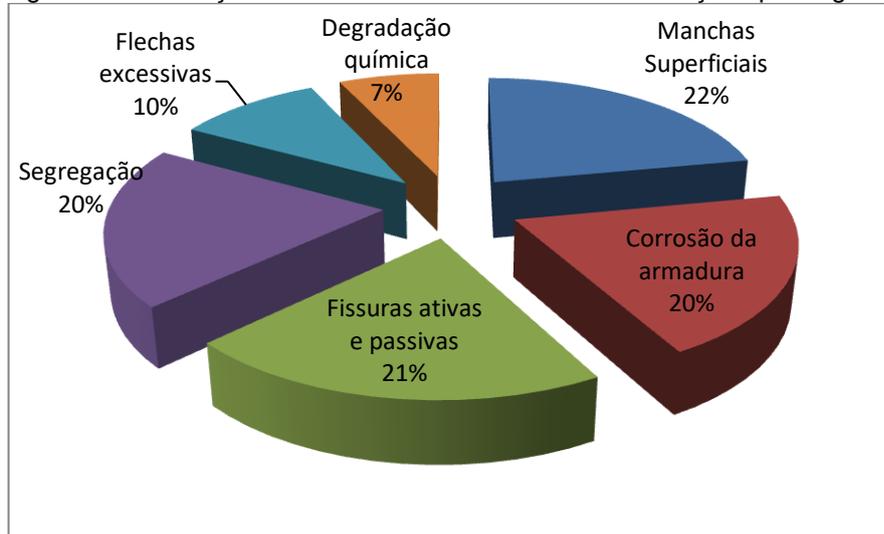
Foge ao escopo deste trabalho detalhar todas as causas de deterioração das estruturas, esta análise será considerada nos resultados e discussões, no momento em que é realizado o diagnóstico de cada manifestação patológica.

### **2.3 Principais Manifestações Patológicas**

Um estudo detalhado de cada forma de manifestação é de fundamental importância para a obtenção de um diagnóstico adequado que aponte as origens, possíveis causas e medidas que devem ser tomadas no tratamento de cada lesão, quanto à segurança e ao conforto dos usuários.

Segundo Helene (1992, p.19), as manifestações mais frequentes nas obras de engenharia são as fissuras, eflorescências, flechas excessivas, manchas no concreto aparente, corrosão de armaduras e a segregação na concretagem, conforme é apresentado na figura 3.

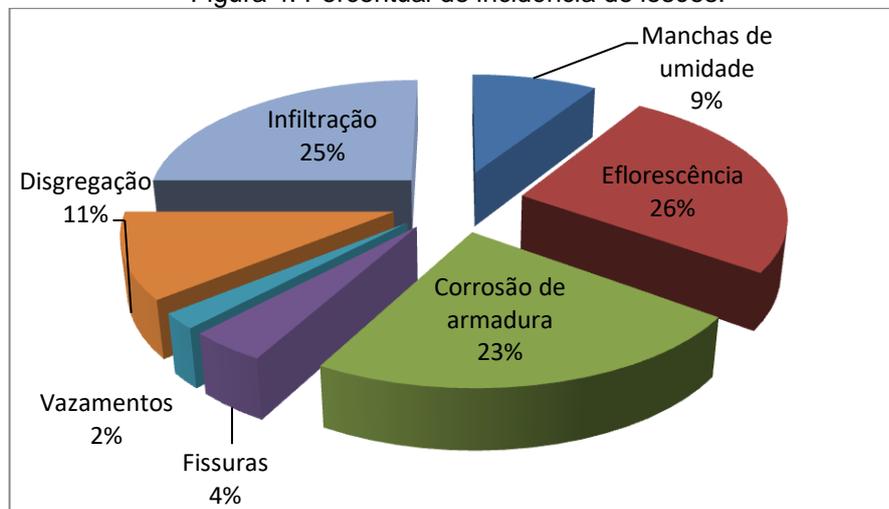
Figura 3: Distribuição relativa de ocorrência das manifestações patológicas.



Fonte: Adaptado de Helene (1992, p.19).

Mas esse percentual de ocorrência varia de acordo com algumas razões, como a região em que se encontra e o tipo de edificação e sistema construtivo. Dórea et al. (2010), por exemplo, em seu estudo constatou que as ocorrências mais frequentes e significativas foram a eflorescência, infiltração, manchas de umidade, mofo, corrosão de armaduras, disgregação do concreto e fissuras, consoante o que é apresentado na figura 4:

Figura 4: Percentual de incidência de lesões.



Fonte: Dórea et al. (2010).

Silva, Pimentel e Barbosa (2003) apontam que as manifestações mais graves e que oferecem riscos significativos às estruturas de concreto armado são a

corrosão da armadura, as flechas excessivas de peças estruturais e suas fissuras. Estas, portanto, requerem atenção especial e análises mais elaboradas.

Já Bauer (2008, pg. 411) diz que os principais sintomas de deterioração em uma obra de concreto armado são as fissuras, as disgregações e a desagregação, este último, geralmente, atrelado à corrosão das armaduras.

A seguir, são apresentados os conceitos e classificações de: fissuras, trincas e rachaduras; eflorescências; disgregação, desagregação e corrosão das armaduras.

### 2.3.1 *Fissuras, trincas e rachaduras*

As aberturas em peças de concreto e paredes de alvenaria podem ser classificadas em três estágios, referentes à sua espessura e profundidade: fissura, trinca e rachadura.

As fissuras atuam como indício ou sintoma de algum problema, que pode ser de natureza simples – precisa de pequenos cuidados de manutenção corretiva –, ou aviso de uma situação de risco, que requer o tratamento no tempo e forma correta (MARCELLI, 2007, p.129).

Segundo Thomaz (1989, p.15), esse tipo de manifestação é um problema especialmente relevante, devido a três aspectos importantes: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (como estanqueidade à água e durabilidade), e o constrangimento psicológico que exerce sobre seus usuários. Thomaz (1989, p.17) acredita ainda que sua ocorrência pode se dar através de movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade, atuação de sobrecargas ou concentração de tensões, deformabilidade excessiva das estruturas, recalques diferenciados das fundações, retração de produtos à base de ligantes hidráulicos, e por alterações químicas de materiais de construção.

Já a norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes–DNIT 090:2006-ES, que trata das patologias do concreto, considera que essa anomalia pode surgir devido a gradientes normais de temperatura e umidade, à pressão de cristalização de sais nos poros, à carga estrutural (sobrecargas, impactos não previstos, cargas cíclicas, etc.), e devido à ação de temperaturas extremas, tanto por ação do congelamento, quanto por ação do fogo.

Para Marcelli (2007, p.95), essa manifestação em elementos estruturais de concreto armado, requer atenção especial na análise das causas e nas possíveis soluções. O autor divide as fontes geradoras nos seguintes grupos: devido à retração hidráulica, à variação do teor de umidade, à variação de temperatura, à flexão, ao cisalhamento, à torção, à compressão, à punção em laje, e à corrosão das armaduras.

De acordo com a NBR 15575-2:2013, as fissuras, trincas e rachaduras podem ser classificadas em ativas, quando ainda há movimentação (variação da abertura em função de movimentações higrotérmicas ou outras), e em passivas, quando já estão estabilizadas.

O IPEAPE (2003, p.25) define que as fissuras são aberturas em forma de linha na superfície do elemento e com espessura de até 0,5mm, apenas uma ruptura sutil de sua massa; as trincas já possuem uma ruptura mais evidente da massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm; e as rachaduras são aberturas expressivas, com ruptura acentuada da massa e espessura de 1,00mm a 1,5mm. O instituto classifica ainda que aberturas acima de 1,5mm são denominadas de fenda.

Segundo Bauer (2008, p.432), a configuração e espessura da abertura, espaçamento e a época em que ocorreu podem servir como indícios para diagnosticar as causas que as produziram. Da mesma forma, o IPEAPE (2003, p.26) expressa que alguns defeitos necessitam de um entendimento global da obra, como o histórico, a análise de projetos e demais informações que ajudem a identificar as causas que os motivaram.

### *2.3.2 Eflorescências*

Segundo Neville (2016, p.535), a eflorescência é uma manifestação decorrente da lixiviação de compostos de calcário que em dadas circunstâncias podem levar à formação de sais. O autor diz ainda que ela geralmente é vista em situações que permitem a percolação da água, como um concreto mal adensado, fissuras e juntas mal executadas, concomitante com situações em que seja possível ocorrer a evaporação na superfície do concreto.

Para Bauer (2008, p.433), este dano é decorrente principalmente do depósito de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio), que são total ou parcialmente solúveis e migram dos materiais e componentes para a superfície do elemento.

O processo é aparente quando o óxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) reage com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e forma o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que é encontrado na forma de um depósito esbranquiçado (Figura 5). Além do mais, é possível que se observem depósitos de sulfato de cálcio  $\text{CaSO}_4$  (NEVILLE, 2016, p.535).

Figura 5: Eflorescência.



Fonte: Autor (2019).

Em adição, Neville (2016, p. 536) frisa que “fora a questão da lixiviação, as eflorescências somente têm importância em relação à estética da superfície”. Por outro lado, para Granato (2002, p.81) e Bauer (2008, p.433), além de alterar a aparência, os sais constituintes podem ser agressivos e causar a desagregação profunda, como no caso de compostos expansivos.

De acordo com Bauer (2008, p.436), a eflorescência é condição da ação concomitante de três fatores: teor de sais solúveis, água e pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície.

Logo, percebe-se que a melhor forma de evitar a eflorescência é o controle dos materiais utilizados em obras. Alguns fatores favorecem a ocorrência desse dano nas construções como: agregados com presença de sais (areia do mar ou riachos) e não lavados, substituição da cal por barro com presença de sais, e água de amassamento com características impróprias.

### 2.3.3 Disgregação e desagregação

De acordo com o IPEAPE (2003, p.32), a disgregação é caracterizada pela ruptura do concreto quando este não é capaz de suportar a atuação de tensões

internas anormais, em especial nas partes salientes da estrutura. O autor diz também que, normalmente, o concreto disgregado apresenta as características originais de resistência.

Para proceder com um diagnóstico adequado das causas e recomendar o tratamento adequado, é importante saber diferir a disgregação da desagregação, uma vez que esta é a perda de massa de concreto ocasionada por sua expansão que geralmente ocorre devido à oxidação ou dilatação das armaduras e pelo aumento de volume quando este absorve água, ou ainda por movimentações estruturais e choques (IPEAPE, 2003, p.32).

#### 2.3.4 Corrosão das armaduras

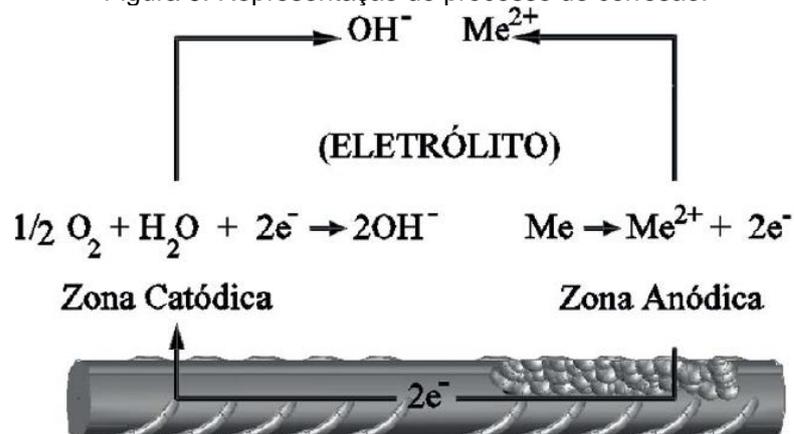
O concreto armado é um sistema estrutural composto de dois materiais que trabalham em conjunto para suportar tanto esforços de compressão (concreto), quanto de tração (aço). Dessa forma, devem interagir de forma harmônica e com aderência entre os componentes, que pode ser prejudicada pela corrosão.

A corrosão das armaduras pode ser vista como a deterioração do aço por ação eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos (MEIRA, 2017, p.14). De forma elucidativa, a corrosão pode ser definida como:

A formação de uma pilha eletroquímica, existindo: a presença de um ânodo que se caracteriza pela passagem do material do estado metálico para o estado iônico (oxidação); um cátodo, onde são consumidos os elétrons gerados na região anódica (redução); uma diferença de potencial entre ambos, sendo o ânodo de potencial mais eletronegativo; uma ligação metálica entre o ânodo e o cátodo, que pode ser caracterizada pelo mesmo material metálico; e uma ligação externa caracterizada pela condução iônica através do eletrólito (MEIRA, 2017, p.16).

A figura 6 ilustra a ocorrência desta patologia:

Figura 6: Representação do processo de corrosão.



Fonte: MEIRA (2017, p.17).

Meira (2017, p.17) explica que o processo completo de corrosão é o conjunto das reações da esquerda e da direita (figura 6), esta representa as reações parciais de dissolução do metal (oxidação), enquanto aquela representa as reações parciais catódicas, caracterizadas pelo consumo dos elétrons produzidos na área anódica.

A NBR 6118:2014 indica os cobrimentos mínimos adequados às classes de agressividade ambiental local, por meio da sua tabela 7.2 (figura 7):

Figura 7: Tabela 7.2 da NBR 6118:2014.

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

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

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

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

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

A norma também apresenta em seu item 6.3.3 apresenta que a despassivação do concreto pode ocorrer por duas formas:

- a. Carbonatação: ação do gás carbônico da atmosfera sobre o aço da armadura. As medidas preventivas consistem em dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto, por meio do cobrimento adequado e do controle de fissuração, além de um concreto com baixa porosidade.
- b. Ação de cloretos: ruptura local da camada de passivação, causada por elevado teor de íon-cloro. Além das medidas impostas ao caso anterior, recomenda-se o uso de cimento composto com adição de escória ou material pozolânico (NBR 6118:2014).

Percebe-se que embora a corrosão apresente causas e formas de atuação diferentes (generalizada e local), devem ser tomadas as mesmas precauções quanto

ao concreto utilizado, que atua de duas formas na proteção do aço, tanto de maneira física através de um revestimento adequado, quanto de maneira química por meio de uma camada passivadora.

## **2.4 Diagnóstico de uma Construção**

O diagnóstico de uma construção com presença de patologias é necessário para identificar as causas e origens das lesões, além de fornecer subsídios para recomendação da terapia adequada. Esse processo envolve todo um estudo do histórico da edificação, entrevistas, análise de projetos, vistorias e pesquisas bibliográficas, a fim de se empregar o menor grau de subjetividade possível.

A importância do diagnóstico também é destacada por Helene (1992, p.21) que cita que se este for realizado de forma adequada, permite identificar em qual etapa do processo construtivo teve origem a falha e, para fins judiciais, quem a cometeu.

Por diversas vezes, tomam-se decisões equivocadas diante de um primeiro olhar, e a perícia serve para fornecer um diagnóstico adequado dos danos, a qual envolve um conjunto de vistorias sobre todos os elementos da obra em questão, desde preliminares, passando por mais complexas, até realização de ensaios que fornecem subsídios para uma decisão adequada.

Existe uma confusão quanto aos conceitos de perícia, vistoria e laudo, que com frequência são vistos como sinônimos. Porém, embora sejam atividades que caminham juntas, pode-se ver por meio de Burin et al. (2009, p.45) que, por exemplo, a vistoria e perícia são substancialmente diferentes, visto que, à medida que a primeira visa a constatação de um fato ou situação, sem investigação da causa que o motivou, a segunda objetiva exatamente a apuração das causas que motivaram o evento ou da asserção de direitos.

Logo, entende-se que a vistoria é apenas uma etapa da perícia. Em vista disso, a seguir são apresentados alguns conceitos importantes à compreensão deste trabalho.

### *2.4.1 Perícia*

A NBR 13752:1996, que trata das perícias de engenharia na construção civil, define a perícia como sendo a “atividade que envolve apuração das causas que motivaram determinado evento ou da asserção de direitos”.

A norma específica, em seu item 4.3.1.3, que os requisitos de uma perícia estão condicionados à abrangência das investigações, à confiabilidade e adequação das informações obtidas, bem como à qualidade das análises efetuadas e ao grau de objetividade empregada pelo perito. A norma diz ainda que esses aspectos são analisados quanto à metodologia empregada, aos dados levantados, ao tratamento dos elementos coletados e trazidos ao laudo, e à menor subjetividade inserida no trabalho.

A perícia é uma área de extrema importância na engenharia civil, que visa identificar a causa de problemas patológicos e seus devidos responsáveis para fins judiciais. Toda edificação é concebida para oferecer conforto e segurança a seus usuários e, quando uma dessas condições não é atendida, o seu desempenho é afetado.

A NBR 15575:2013- parte 1 define desempenho como sendo o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, e atribui que os edifícios são construídos para atingir uma durabilidade que atenda às exigências econômicas do usuário. A norma fala também que a vida útil chega ao fim quando a edificação deixa de cumprir as funções que foram atribuídas, quer seja pela degradação, que conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja pela obsolescência funcional.

A norma estabelece ainda que, os projetistas, construtores e incorporadores são responsáveis pelos valores teóricos de Vida Útil de Projeto (VUP), que devem ser especificados em projeto para cada um dos sistemas que compõem a edificação, não podendo ser inferiores aos valores apresentados no quadro 3.

Quadro 3: Vida útil de projeto (VUP).

<b>Sistema</b>	<b>VUP mínima (anos)</b>
Estrutura	≥ 50 (segundo NBR 8681-2003)
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

### 2.4.2 *Laudo técnico*

O laudo técnico é o documento final proveniente de todas as vistorias realizadas pelo perito. É a “peça na qual o perito, profissional habilitado, relata o que observou e dá as suas conclusões ou avalia, fundamentadamente, o valor de coisas ou direitos” (NBR 13752:1996).

Logo, um laudo de qualidade é dependente de uma perícia adequada, que se utilize de ensaios e da literatura para fornecer um parecer com o menor grau de subjetividade possível.

Conforme o IPEAPE (2003, p.8), é de fundamental importância que este documento seja objetivo e de linguagem técnica adequada, com disposição racional dos textos e ilustrações. Menciona também que as considerações devem ser respaldadas por observações e conclusões evidentes, de forma que não suscitem qualquer dúvida de natureza técnica, além de amparadas pela literatura existente.

### 2.4.3 *Grau de Risco*

Em conformidade com o IBAPE (2012, p.5), o grau de risco classifica as anomalias e falhas presentes na edificação, constatadas a partir de uma inspeção predial, quanto aos riscos oferecidos aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Gomide, Neto e Gullo (2009, p.54) realizam uma análise sobre as normas técnicas de inspeção predial do IBAPE/SP e sugerem a seguinte classificação quanto ao grau de risco:

- 1- Mínimo: Impacto recuperável essencialmente relativo à depreciação patrimonial, sem incidência ou probabilidade da ocorrência de quaisquer riscos ao usuário ou perda de funcionalidade em médio prazo, recomendando programação e intervenção após o cumprimento das manutenções envolvendo os riscos crítico e regular (na ordem).
- 2- Médio: Impacto parcialmente recuperável relativo ao comprometimento da salubridade, ao risco quanto à perda parcial de funcionalidade e desempenho, recomendando programação e intervenção em curto prazo.
- 3- Crítico: Impacto irrecuperável, relativo ao imediato risco à vida ou de provocar sérios danos à saúde do usuário e/ou do meio ambiente, bem como perda excessiva de desempenho, recomendando intervenção imediata (GOMIDE, FAGUNDES NETO E GULLO; 2009, p.54).

#### 2.4.4 Ferramenta GUT

Este método tem como intuito classificar as falhas e anomalias quanto a sua gravidade, urgência e tendência (GUT), e definir a ordem de prioridade de intervenção.

O IBAPE (2012, p.13) recomenda que a ordem de prioridade deve ser disposta de forma decrescente quanto ao grau de risco e intensidade das anomalias e falhas, apurada através de metodologias técnicas apropriadas como a ferramenta GUT, que toma como referência a tabela 1.

Tabela 1: Índices de gravidade, urgência e tendência.

<b>GRAU</b>	<b>GRAVIDADE</b>	<b>PESO</b>
Total	Perda de vida humana, do meio ambiente ou do edifício	10
Alta	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao edifício	8
Média	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do edifício	6
Baixa	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros	3
Nenhum	Nenhuma	1
<b>GRAU</b>	<b>URGÊNCIA</b>	<b>PESO</b>
Total	Evento em ocorrência	10
Alta	Evento prestes a ocorrer	8
Média	Evento prognosticado para breve	6
Baixa	Evento prognosticado para adiante	3
Nenhum	Evento imprevisto	1
<b>GRAU</b>	<b>TENDÊNCIA</b>	<b>PESO</b>
Total	Evolução imediata	10
Alta	Evolução em curto prazo	8
Média	Evolução em médio prazo	6
Baixa	Evolução em longo prazo	3
Nenhum	Não vai evoluir	1

Fonte: Adaptado de Gomide; Pujadas e Fagundes Neto (2006), *apud*, Neves e Branco (2009).

As anomalias e falhas são classificadas quanto aos três índices da tabela 1, esses fatores são multiplicados e o valor final corresponde ao grau de risco. Por fim, são postos em ordem decrescente quanto à importância de atuação e/ou intervenção, sendo que cabe ao perito responsável utilizar do bom senso e da experiência para classificar a ordem das tarefas.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste na execução de vistorias para identificação e análise do comportamento das manifestações patológicas, visando empregar o menor grau de subjetividade possível. Desta forma, foram realizadas quatro tipos de inspeções, detalhadas a seguir:

- I. Vistoria preliminar: nesta etapa foi realizada uma análise inicial acerca do objeto de estudo e retiradas algumas fotos das manifestações que, inicialmente, destacaram-se mais;
- II. Vistoria em dia estiado: realizaram-se análises detalhadas das lesões aparentes, com registro de fotografias;
- III. Vistoria em dia chuvoso: foram realizadas para verificar como a estrutura se comporta com a presença de água, visto que é um dos principais veículos e causas de danos nas construções;
- IV. Vistoria de ensaios e verificações: realização do ensaio de esclerometria para avaliação da dureza superficial e da verificação das aberturas com fissurômetro.

Além das inspeções programadas, fizeram-se visitas periódicas à obra em questão para observar detalhes e obter informações através de entrevistas verbais e não estruturadas com os comerciantes locais (donos dos bares) e turistas. Também foi utilizado o projeto arquitetônico fornecido pela gestão do município.

Neste trabalho, foram consideradas as atividades básicas à elaboração de uma perícia, descritas no item 5.1 da NBR 13752:1996, que são:

- a. Vistoria e/ou exame do objeto de perícia;
- b. Diagnóstico dos itens;
- c. Coleta de informações;
- d. Escolha e justificativa dos métodos e critérios utilizados;
- e. Análise das ocorrências e elementos;
- f. Soluções e propostas, quando possível e/ou necessário;
- g. Considerações finais e conclusão.

Durante e após as vistorias, procedeu-se com a análise das informações, como a divisão do objeto de estudo em setores e a seleção das manifestações mais significativas e frequentes. Ademais, a análise das manifestações patológicas foi feita por meio de fichas de vistoria, construção da matriz GUT para classificação da

relevância e ordem de atuação/intervenção, e sistematização dos dados comparando-os à literatura existente.

É importante salientar que, por ser uma obra pública e em funcionamento, realizaram-se apenas ensaios e verificações com procedimentos não destrutivos. Dessa forma, alguns aspectos importantes como o grau de carbonatação do concreto, que é feito por meio de um ensaio semi-destrutivo, não foram executados.

No ensaio de esclerometria foi utilizado o esclerômetro Schmidt modelo N (Figura 8) para verificar o nível de deterioração de partes da laje mais desgastadas. Como não se obteve acesso ao projeto estrutural, foram analisados dois pontos desgastados e para efeito de comparação, dois pontos que, aparentemente, estavam em boas condições.

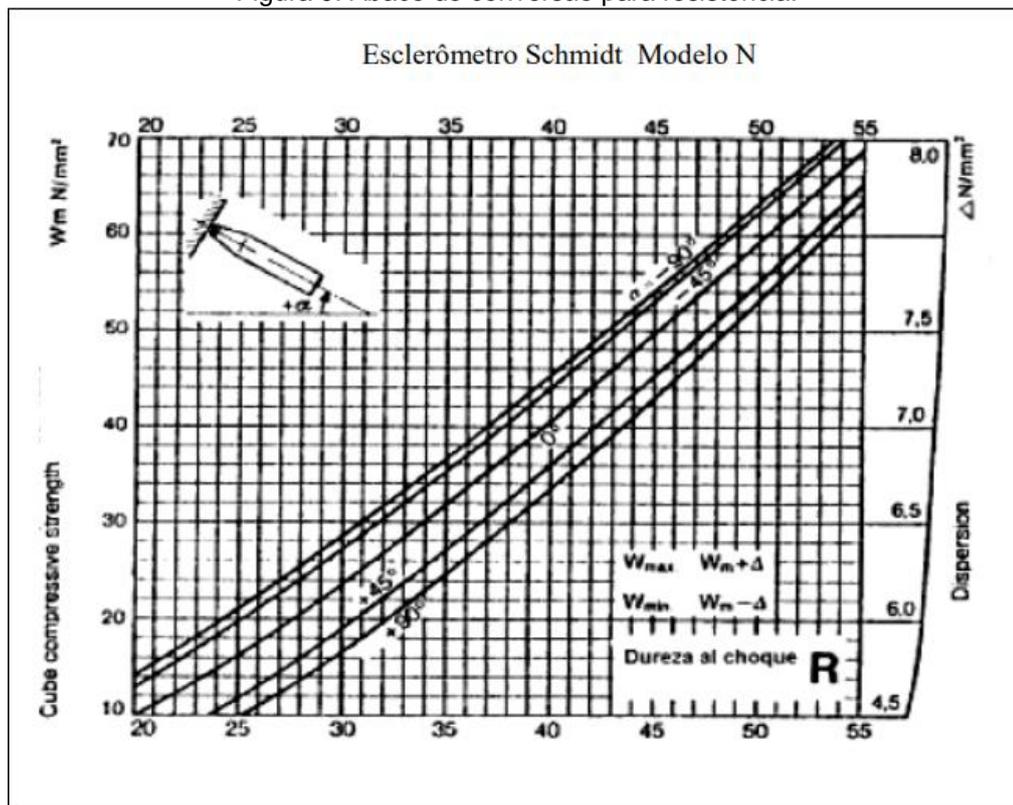
Figura 8: Esclerômetro.



Fonte: Autor (2019).

O ensaio seguiu as recomendações da NBR 7584:2012, que trata do método de ensaio em concreto endurecido para avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. A partir do índice esclerométrico obtido no ensaio, utiliza-se do ábaco presente no instrumento (Figura 9) para obter a resistência à compressão (Mpa).

Figura 9: Ábaco de conversão para resistência.



Fonte: Fabricante.

Marcelli (2007, p.122) recomenda cuidado especial na avaliação dos resultados, visto que se trata de um processo mecânico que avalia a resistência superficial do concreto, que pode não refletir com fidedignidade a resistência interna do elemento estrutural.

Já as verificações das aberturas foram realizadas com um fissurômetro de régua simples e auxílio de uma lupa, com intuito de classificar as aberturas em fissuras, trincas ou rachaduras.

Em síntese, foram utilizados os seguintes materiais durante as vistorias:

- I. Câmera de 13 megapixels;
- II. Esclerômetro;
- III. Fissurômetro;
- IV. Lupa;
- V. Trena;
- VI. Régua milimetrada.

### 3.1 Estudo de Caso

#### 3.1.1 Dados cadastrais do imóvel

- Endereço: Centro histórico, Piranhas AL, 57460-000.

- Responsável: Governo municipal.
- Localização: Localizado às margens do rio São Francisco, conforme figura 10:

Figura 10: Localização do objeto de estudo.



Fonte: Google Earth (2019).

- Sobre o imóvel: Trata-se de uma obra pública e de caráter turístico, fruto de parceria envolvendo o IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) e a prefeitura municipal de Piranhas-AL, inaugurada em 25 de maio de 2012. Foi construída como ponto turístico para comportar os restaurantes/quiosques da orla do centro histórico, com recursos do PAC turismo.
- Condições climáticas: De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2012), o município de Piranhas está localizado na região semiárida do estado e apresenta clima quente e seco, com precipitação pluviométrica entre 400mm a 600mm e com temperatura do ar nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) que variam de 27°C a 32°C e nos mais frios (junho e julho) entre 17°C e 22°C.
- Classe de agressividade ambiental (CAA): A edificação está inserida em um ambiente urbano, com classe de agressividade moderada (II).

### 3.1.2 Levantamento dimensional e características técnicas do imóvel

O objeto de estudo é composto por duas partes, que comportam dois e três restaurantes cada, conforme apresentado nas figuras 11 e 12, retiradas in loco.

O terreno no qual a edificação está situada possui, segundo o projeto arquitetônico, cerca de 34.000m<sup>2</sup> e as seguintes características:

- Tipo de edificação: edificação com fins turísticos.
- Sistema estrutural: composto por lajes, vigas, pilares e fundações em concreto armado.
- Materiais empregados: Estrutura em concreto armado, blocos de vedação e madeira.

Figura 11: Vista superior do objeto de estudo.



Fonte: Autor (2019).

Figura 12: Vista frontal do objeto de estudo.



Fonte: Autor (2019).

### 3.1.3 Divisão do objeto de estudo

A divisão do objeto de estudo em setores é necessária, pois facilita a organização da perícia e ajuda na contabilidade do percentual de incidências de manifestações. A edificação possui dois belvederes, um com 53m de comprimento, o qual abriga três restaurantes, e outro com 36,6m de comprimento que abriga dois restaurantes, assim como pode ser visto na figura 12.

Levando em conta que cada belvedere possui uma junta de dilatação, caracterizando dois elementos de laje em cada, dividiu-se o objeto de estudo em dez setores:

- Belvedere 1, parte 1 (P1);
- Belvedere 1P2;
- Belvedere 2P1;
- Belvedere 2P2;
- Bar 1, belvedere 1 (B1);
- Bar 2 (B1);
- Bar 3 (B1);
- Bar 4 (B2);
- Bar 5 (B2);
- Acesso (escadas e rampa para deficientes);

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Em todos os ambientes foram encontradas manifestações principalmente de caráter visual, o que compromete bastante a funcionalidade de uma obra turística. A maioria das falhas estão associadas à presença da água, o que está de acordo com Dórea et al. (2010), que diz que este é o elemento que mais provoca alterações e falhas em uma estrutura, tanto do ponto de vista químico, por dissolver substâncias e participar de reações com componentes, quanto do físico, por ser um veículo que transporta corpos.

A NBR 13752:1996 e o IBAPE (2012) não dispõem de modelo pré-definido de laudo técnico, mas na execução deste, devem-se levar em conta os requisitos mínimos estabelecidos pela norma, e utilizar de uma linguagem acessível, para entendimento de quem o contrata. Portanto, cabe ao perito identificar a melhor forma de apresentar seus resultados, a qual, neste trabalho, optou-se por setorizar o objeto de estudo e apresentá-lo conforme os itens a seguir.

##### **4.1 Resultados das Vistorias e Proposição de Intervenções**

De acordo com a perda de desempenho, a seguir serão apresentadas as principais anomalias, vícios e defeitos construtivos constatados em cada setor da obra em questão e as intervenções que devem ser realizadas. As constatações se deram principalmente de análises visuais e do ensaio de esclerometria.

#### 4.1.1 Destacamento do revestimento

- Manifestação: destacamento das placas cerâmicas de revestimento (figura 13).

Figura 13: Destacamento da cerâmica.



Fonte: Autor (2019).

- Locais de ocorrência: belvederes, bares e acesso.
- Causas: inexistência de controle de qualidade e ausência de manutenção.
- Origens: materiais, execução e uso.
- Intervenções: retirar todas as placas que visualmente estão destacadas ou apresentam aspecto oco e refazer o revestimento seguindo as instruções da NBR 13753:1996, que trata do procedimento para revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante.
- Grau de risco: mínimo.

Para Granato (2002, p.87), essa falha está relacionada ao controle deficiente, na seleção e recebimento de materiais, preparação da argamassa, e na execução dos serviços de assentamento e acabamento. A providência de medidas é importante porque o revestimento atua como elemento de estanqueidade à água e de durabilidade, além de ser indispensável ao aspecto visual.

#### 4.1.2 *Trincas no revestimento*

- Manifestação: trincas no revestimento cerâmico (figura 14).

Figura 14: Revestimento cerâmico do belvedere.



Fonte: Autor (2019).

- Locais de ocorrência: belvederes.
- Causas: inexistência de planejamento e controle de qualidade, ausência de juntas de movimentação e de dessolidarização.
- Origem: execução.
- Intervenção: remoção de todo o revestimento que se apresenta danificado, execução de novo revestimento seguindo as orientações da NBR 13753:1996, com juntas de movimentação a cada 4m nas duas direções; juntas de dessolidarização em todo o perímetro da área; e um rodapé com altura de 70mm em todo o contorno do piso acabado e nivelado, superposto ao piso e à junta de dessolidarização.
- Grau de risco: mínimo.

A norma recomenda ainda, a execução de juntas de movimentação em locais sujeitos a flexões e nas regiões onde ocorrem momentos fletores máximos positivos ou negativos.

#### 4.1.3 *Disgregação da argamassa*

- Manifestação: disgregação da argamassa na base do peitoril, com exposição e danos à manta de impermeabilização, conforme a figura 15:
- Locais de ocorrência: belvederes.

Figura 15: Destacamento da base do peitoril.



Fonte: Autor (2019).

- Causas: movimentação da base da estrutura, que contém grandes dimensões e não possui junta de movimentação, além disso, a junta estrutural está comprometida.

A lesão se estende por toda a base de suporte do peitoril nos belvederes. A argamassa não se mostra pulverulenta, isso indica que o problema se trata de uma atuação física/mecânica. Em alguns pontos houve a tentativa de reparar com argamassa, mas ela voltou a romper com tendência igual a anterior (figura 16), o que leva a crer que a estrutura sofre com movimentação higrotérmica.

Figura 16: Reparo com argamassa.



Fonte: Autor (2019).

- Origem: erro de projeto.
- Intervenções: Apicoar toda a extensão da base do peitoril, verificar e proceder aos devidos reparos na manta asfáltica e na junta estrutural, e reconstruir a base utilizando juntas de movimentação.
- Grau de risco: médio. Esta patologia provocou danos à manta asfáltica, deixando a laje em contato com as águas pluviais.

#### 4.1.4 Infiltrações na junta de dilatação

- Manifestações: Infiltração de água em período chuvoso, várias manchas de umidade e eflorescências (figura 17).

Figura 17: Problemas na junta de dilatação do belvedere 1.



Fonte: Autor (2019).

- Locais de ocorrência: belvedere 1.
- Causas: má impermeabilização e junta de dilatação executada de forma inadequada, com presença de argamassa e crescimento de vegetação, outrossim, a placa cerâmica foi assentada sobre a junta. Logo, são erros de execução e ausência de manutenção.
- Origens: execução (planejamento e controle) e uso.
- Intervenções: retirada da vegetação; eliminar a causa da infiltração com impermeabilização adequada; e limpeza das manchas de eflorescência que, segundo Neville (2016, p.536), podem ser removidas com escovação e água,

e em casos de depósitos maiores ou de persistência da mancha, pode-se utilizar ácido (HCL) diluído na proporção de 1:20 ou de 1:10.

- Grau de risco: médio. A perda de funcionalidade da junta de dilatação afeta a movimentação da estrutura, que pode ocasionar problemas mais sérios como o surgimento de fissuras.

Segundo Marcelli (2007, p.65), os principais danos decorrentes da junta de dilatação estão relacionados à falta de manutenção, visto que a presença de qualquer detrito impede sua livre movimentação, o que resulta na perda da sua função. Durante a vistoria ficou evidente que o material da junta (EPS) estava altamente comprometido e sem nenhuma funcionalidade. Além disso, a junta estrutural não foi respeitada, a qual a NBR 13753:1996 em seu item 5.1.3 recomenda que seja respeitada em posição e largura, em toda a espessura do revestimento, e na figura 16 a seta indica que a placa de cerâmica sobrepõe a junta.

#### 4.1.5 Formação de poças d'água

- Manifestação: acúmulo de água e manchas no revestimento (figura 18):
- Locais de ocorrência: belvederes.

Figura 18: Acúmulo de água no belvedere.



Fonte: Autor (2019).

- Causas: ralos em posição inadequada e entupidos por sujeira e vegetação; inobservância da inclinação do revestimento para escoamento da água.

- Origens: projeto, execução (planejamento e controle) e uso (ausência de manutenção).
- Intervenções: limpeza e reposicionamento dos ralos para as áreas mais baixas, ou, na execução do novo revestimento executar a inclinação para que a água escoe adequadamente para o ralo.
- Grau de risco: médio. A água acumulada infiltra na estrutura e causa outros problemas como eflorescências e a desagregação da argamassa.

Durante a inspeção, um fato que chamou a atenção é o de que todos os ralos estão posicionados acima dos pilares, e que a instalação das águas pluviais desce nesses pilares como pode ser visto na figura 19. Porém, acredita-se que o encanamento não está inserido exatamente dentro do pilar, o que reduziria bastante o volume de concreto e afetaria as armaduras, mas sim que existe uma camada de alvenaria justamente para escondê-lo.

Figura 19: Tubulações de águas pluviais.



Fonte: Autor (2019).

Não obstante, percebeu-se que não foi prevista uma possível situação de flecha na laje entre os pilares, isso fez o ralo ficar elevado e, conseqüentemente, formarem-se as poças d'água. Pode-se ver, por exemplo, que na outra face da laje que é apoiada por uma viga em toda sua extremidade, não ocorreu essa manifestação, conforme a figura 20.

Figura 20: Disposição dos ralos e pilares.



Fonte: Autor (2019).

#### 4.1.6 Manchas de umidade

- Manifestação: manchas de umidade e descascamento da pintura (figura 21).
- Locais de ocorrência: escada e acesso para deficientes.

Figura 21: Manchas de umidade e descascamento.



Fonte: Autor (2019).

- Causas: ausência de pingadeira e de manutenção.
- Origens: uso, projeto e materiais.

- Intervenções: escarificar com uma espátula e lixar toda a área afetada, executar uma pingadeira para evitar que toda a água escoe sobre a parede, preparar a parede e aplicar tinta acrílica.
- Grau de risco: mínimo.

#### 4.1.7 Corrosão

- Manifestação: corrosão exposta (figura 22) e manchas de corrosão (figura 23).
- Locais de ocorrência: pontos em que a laje do belvedere foi afetada pelo excesso de umidade, destacando o revestimento e deixando a laje à mostra.

Figura 22: Corrosão.



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se pela figura 23 que existem várias manchas pequenas de corrosão, e que estas não possuem uma orientação definida, o que induz a pensar que o aço carbonatado pode não ser da armadura principal, e sim de um possível concreto especial, reforçado com fibras de aço, em que estas sofreram carbonatação devido às infiltrações. Entretanto, para assegurar esse diagnóstico é necessário fazer a extração de corpo de prova, uma vez que não se obteve acesso ao projeto estrutural ou informações acerca do concreto utilizado.

Figura 23: Manchas de corrosão.



Fonte: Autor (2019).

- Causas: carbonatação do aço devido à inobservância do cobrimento mínimo e à infiltração de água.
- Origem: execução (planejamento e controle).
- Intervenções: Eliminar os pontos de infiltração com impermeabilização adequada da laje e proceder aos reparos conforme indica Helene (1992, p.52): escarificar o concreto afetado e os produtos de corrosão, limpando bem a superfície e constatar se se trata da armadura ou de fibras de aço. Em caso de armadura, deve-se reconstituir sua seção original através de emenda por traspasse; e recuperar o componente estrutural com argamassa polimérica a base de cimento, atentando-se ao cobrimento de 25mm recomendado pela NBR 6118:2014, para uma obra com classe de agressividade moderada.
- Grau de risco: médio. Mesmo que se comprove que o aço em corrosão não é da armadura, este sintoma demonstra a atuação do processo de carbonatação do concreto que atua de forma a despassivar o aço e deixá-lo vulnerável ao processo de corrosão.

#### 4.1.8 Infiltração de água da chuva

- Manifestação: manchas de umidade, eflorescências, sujidades de origem biológica, desagregação da argamassa.
- Locais de ocorrência: em todos os setores de bares.
- Causas: infiltração de água das chuvas.

- Origem: projeto e execução (planejamento e controle).

A infiltração de água da chuva é decorrente dos danos já descritos nos itens 4.1.3 e 4.1.5 e da má impermeabilização dos elementos. Esta falha se manifesta na edificação de diversas formas, como as sujidades apresentadas na figura 24:

Figura 24: sujidade de origem biológica.



Fonte: Autor (2019).

A presença de água provocou a expansão da argamassa, com surgimento de fissuras na superfície e em seguida a sua desagregação, ademais, provocou patologias nas esquadrias, conforme a figura 25:

Figura 25: Patologias geradas pela presença de água.



Fonte: Autor (2019).

O problema da desagregação é ainda mais evidente na parte frontal do belvedere, que fica na chegada dos bares e oferece riscos aos usuários. Em alguns pontos houve a tentativa de mascarar o dano com argamassa, no entanto, ela voltou a desagregar, conforme apresenta a figura 26. Essa ocorrência está relacionada às movimentações higrotérmicas da laje, por ser um elemento externo, exposto às condições do ambiente.

Figura 26: Desagregação da argamassa.



Fonte: Autor (2019).

Além dos problemas já relatados de má impermeabilização e posicionamento inadequado dos ralos, foi possível verificar falhas nas instalações de águas pluviais, que resultaram em pontos de eflorescências (figura 27).

Figura 27: Eflorescências na laje.



Fonte: Autor (2019).

Percebe-se que a maioria das manifestações está associada à ação da água, desde infiltrações, eflorescências, manchas de umidade, até outros problemas que são decorrentes da atuação dessas, como a desagregação da argamassa e corrosão das armaduras. Diante disso, infere-se que a estrutura está comprometida e necessita de reparos imediatos, visto que Neville (2016, p.503) menciona em sua obra que a durabilidade do concreto está diretamente relacionada à facilidade com que os fluidos podem penetrar e se movimentar em seu interior.

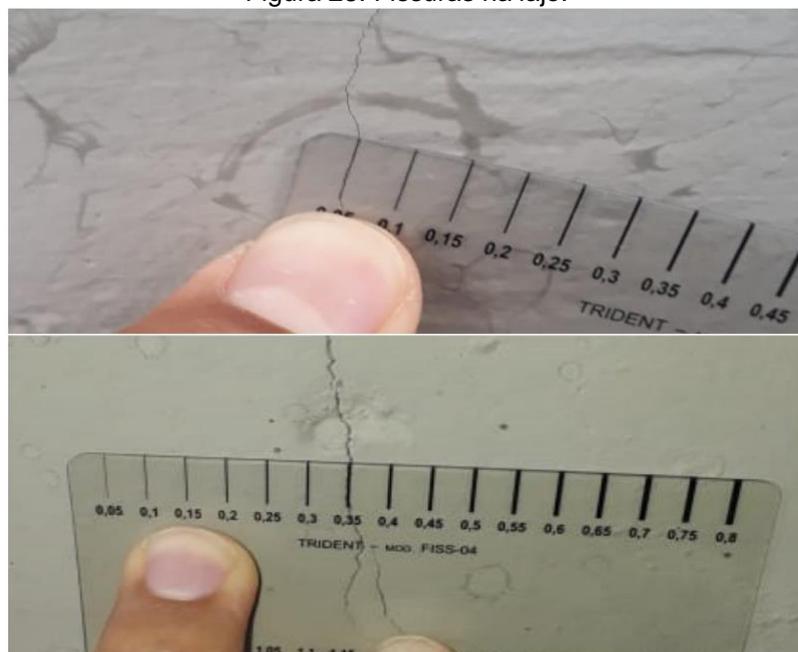
- **Intervenções:** Apicoar todo o revestimento da laje, realizar ensaios de carbonatação e extração de corpo de prova para ensaio à compressão do concreto. Reposicionar os ralos ou observar a inclinação do piso acabado, reexecutar a impermeabilização e o revestimento, atentando-se às juntas de movimentação e dessolidarização e aos reparos na junta estrutural.
- **Grau de risco:** Crítico. Ao mesmo tempo que este dano produz prejuízos ao concreto na laje, a intervenção apresenta um aumento excessivo no custo de manutenção e recuperação. Ademais, a desagregação da argamassa provoca riscos contra a segurança dos usuários.

#### 4.1.9 Fissuras

- **Manifestações:** Fissuras na laje e trincas na alvenaria de vedação.

Durantes as vistorias foi possível verificar a presença de aberturas nas lajes e nas paredes de alvenaria, conforme as figuras 28 e 29 respectivamente.

Figura 28: Fissuras na laje.

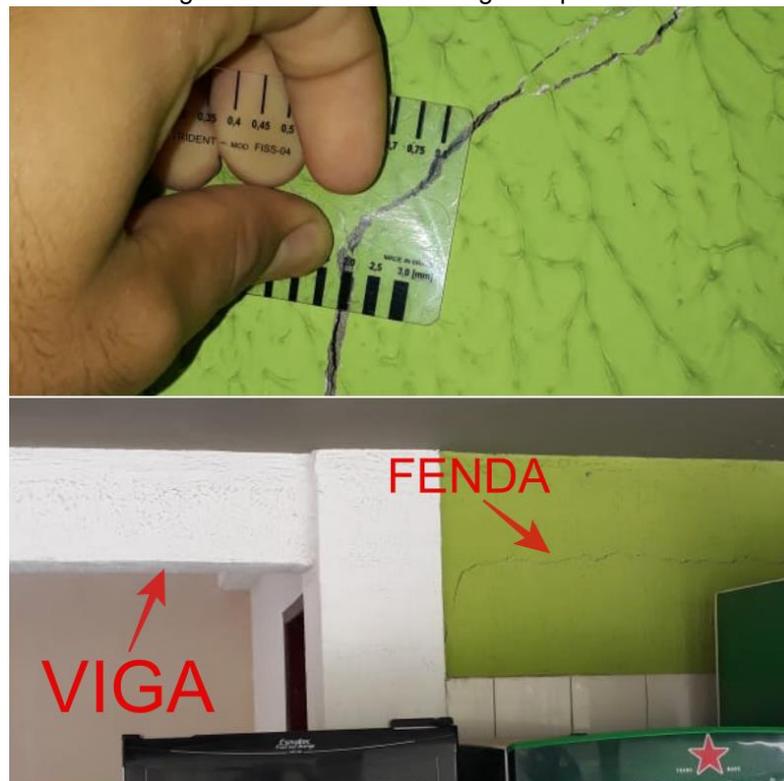


Fonte: Autor (2019).

Nas lajes, foram encontradas aberturas entre 0,05mm e 0,35mm (figura 28), classificadas, portanto, como fissuras. Esse caso requer uma análise mais detalhada, com acompanhamento dessas, para identificar as verdadeiras causas do problema e corrigi-las. É necessário verificar se a fissura é ativa ou passiva por meio de fissurômetro adequado e tentar traçar o histórico dessa fissura como o momento em que ela surgiu.

Nas paredes de alvenaria, pôde-se perceber a presença de aberturas com 2,00mm, caracterizada como fenda, que foi causada pela ausência de junta de dilatação entre o elemento de viga e a parede, conforme apresentado na figura 29:

Figura 29: Fenda entre a viga e a parede.



Fonte: Autor (2019).

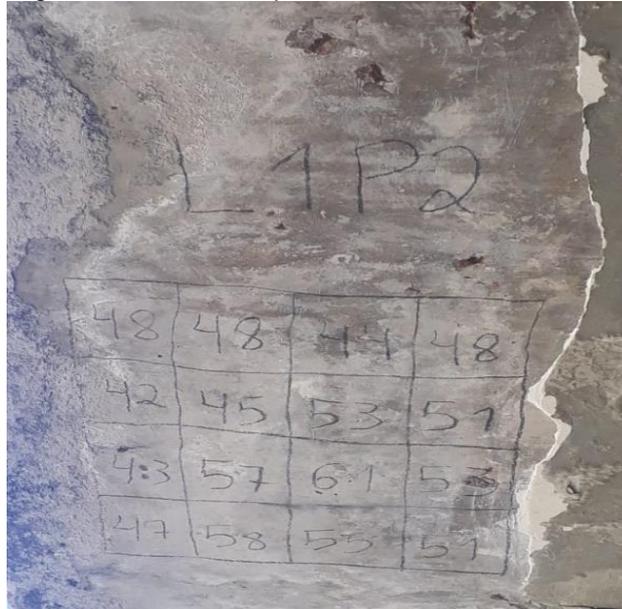
#### 4.2 Ensaio de Esclerometria

Neste estudo, a realização do ensaio de esclerometria tem como objetivo conhecer o grau de deterioração da laje que é o elemento mais afetado pelo contato com a água. Para tanto, este ensaio tem apenas efeito comparativo, uma vez que também não se teve acesso ao projeto estrutural e não se sabe qual a resistência do concreto indicada em projeto.

De acordo com a NBR 7584:2012 no seu item 4.2, em elementos estruturais com grandes volumes de concreto devem ser avaliadas pelo menos duas áreas de

ensaio, e caso apresentem áreas heterogêneas, mais áreas devem ser examinadas. Além disso, a norma aconselha desenhar um reticulado que deve conter 16 pontos de impacto, conforme foi executado e é apresentado na figura 30.

Figura 30: Reticulado para ensaio de esclerometria.



Fonte: Autor (2019).

Lima & Siqueira (2010) observaram por meio de ensaios não destrutivos de esclerometria e ultrassonografia que os pontos mais críticos em uma laje de cobertura são aqueles em que se observaram manchas de umidade e falhas no revestimento. Assim, dois pontos do ensaio são referentes a essas áreas críticas (L1P1 e L1P2), e os outros dois (L2P1 e L2P2) referentes a pontos que, aparentemente, estavam em boas condições de conservação. Em concordância com o que é apresentado pela norma, e respeitando as áreas disponíveis à realização do ensaio, obtiveram-se os resultados apresentados no quadro 4.

Quadro 4: Resultados do ensaio de esclerometria.

Pontos	ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO			
	ÁREA DESGASTADA		ÁREA CONSERVADA	
	L1P1	L1P2	L2P1	L2P2
01	54	48	57	56
02	47	48	56	59
03	55	44	55	56
04	50	48	55	59
05	60	42	56	57
06	53	45	60	59
07	49	53	59	55
08	52	51	59	60

Continua

Quadro 4: Resultados do ensaio de esclerometria.

09	60	43	59	55
10	52	57	52	61
11	48	61	57	56
12	47	53	60	58
13	61	47	57	57
14	58	58	56	56
15	47	55	57	57
16	49	51	55	58
<b>média</b>	51,3	50,4	56,9	57,4
<b>10%</b>	5,13	5,04	5,69	5,74
<b>k</b>	1,02	1,02	1,02	1,02
<b><math>I_{e\text{corrigido}}</math></b>	52,2	51,3	57,8	58,4
<b><math>f_c</math> (MPa)</b>	68,0	66,0	-	-
<b><math>\Delta</math> (MPa)</b>	$\pm 8,0$	$\pm 8,0$	-	-

Fonte: Autor (2019).

#### Conclusão.

Os espaços em vermelho são de valores que diferiam em 10% do valor da média inicial, que segundo a norma devem ser descartados e, então, calculada uma nova média que, multiplicada pelo fator de correção (k), fornece o índice esclerométrico corrigido ( $I_e$ ).

Ao realizar a conversão da dureza superficial para a resistência do concreto à compressão (Mpa), por meio do ábaco apresentado no equipamento (figura 9), percebeu-se um valor muito elevado (acima de 60,0Mpa), que não condiz com o porte da obra. A NBR 6118:2014 indica para uma obra com classe de agressividade ambiental moderada, um concreto com resistência maior ou igual a 25Mpa e apenas em locais com agressividade muito forte, com resistência superior a 40 Mpa.

Ademais, os valores dos índices esclerométricos das áreas conservadas foram superiores a 55, que é o maior índice apresentado no ábaco. Não se sabe qual o tipo de concreto que foi utilizado nesta, mas o ensaio de esclerometria, por diversas vezes, não fornece fidelidade à situação real, visto que o ábaco presente no instrumento é elaborado a partir de um concreto com condições diferentes das que encontramos nas obras.

Diante disso, a NBR 7584:2012 em seu anexo A.5.3 indica que para uma avaliação direta da resistência à compressão do concreto, deve-se dispor de uma correlação confiável, efetuada com materiais locais. Além disso, a norma aborda em seu anexo C.5 que o efeito da carbonatação pode superestimar significativamente a

resistência do concreto, a qual pode superar, em casos extremos, mais de 50% dos valores reais, em função da espessura da camada carbonatada.

Portanto, para uma melhor análise, recomenda-se a extração de corpo de prova e execução do ensaio à compressão.

#### 4.3 Caracterização das Manifestações

No caso em questão, não faz sentido contabilizar as ocorrências por cada ponto de manifestação, visto que algumas se expressam poucas vezes, mas em grandes áreas, enquanto outras têm uma frequência maior, porém uma área de abrangência menor; sendo, portanto, uma forma desonesta de expressar os resultados. Desta forma, a incidência de manifestações será contabilizada de acordo com o setor em que ela aparece, ou seja, cada tipologia é contabilizada apenas uma vez, independentemente da quantidade de pontos que ela incide em um mesmo local.

A fim de auxiliar na visualização e quantificação das ocorrências, elaborou-se o quadro 5, que apresenta a caracterização das manifestações de maior frequência e relevância na obra em questão.

Quadro 5: Resumo e quantificação das ocorrências.

MANIFESTAÇÃO	LOCAIS DE OCORRÊNCIA	Nº de casos	CAUSAS	ORIGENS
Destacamento do revestimento cerâmico	Belv. 1P1 e 1P2, Belv. 2P1 e 2P2, acesso, Bares 1, 2, 4 e 5.	9	Inexistência de controle de qualidade e de manutenção.	1-execução 2-materiais 3-uso.
Trincas no revestimento cerâmico	Belv. 1P1 e 1P2, Belv. 2P1 e 2P2.	4	Ausência de juntas de movimentação e dessolidarização	1-execução
Disgregação da argamassa	Belv. 1P1 e 1P2, Belv. 2P1 e 2P2.	4	Ausência de junta de movimentação.	1-projeto
Acúmulo de água e manchas no revestimento	Belv. 1P1 e 1P2, Belv. 2P1 e 2P2.	4	Posição inadequada do ralo; e ausência de manutenção.	1-execução 2-projeto 3-uso.
Eflorescências e manchas de umidade	Bar 2	1	Problemas na junta de dilatação do belvedere 1.	1-execução 2- uso.

Continua

Quadro 5: Resumo e quantificação das ocorrências.

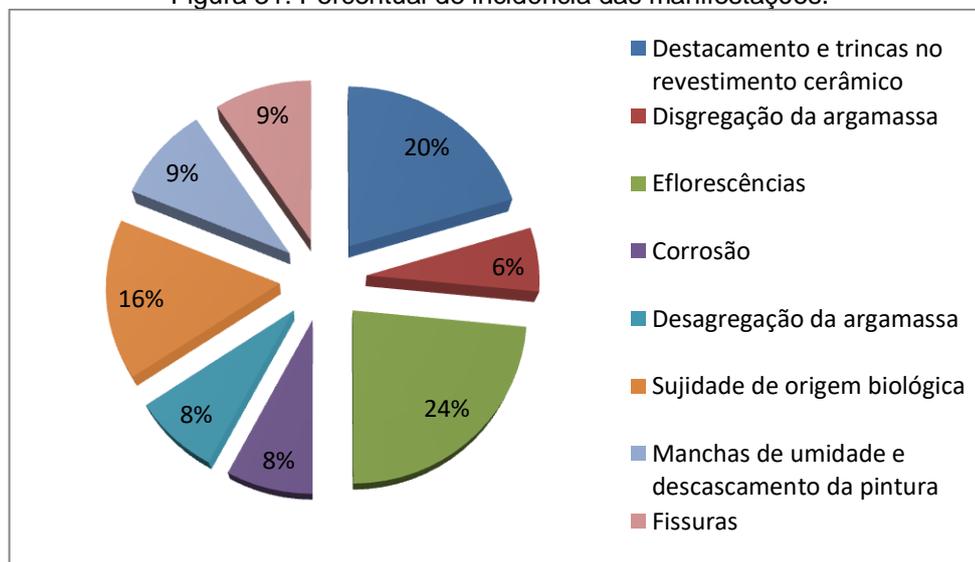
Eflorescência por capilaridade	Belv. 1P1 e 1P2, Belv. 2P1 e 2P2, Bares 1, 2 e 4; acesso.	8	Inexistência de impermeab.	1-projeto 2-execução
Corrosão	Bares 2, 3, 4, 5 e acesso.	5	Inobservância do cobrimento e infiltrações	1-execução
Desagregação da argamassa	Bares 1, 2, 3, 4 e 5.	5	Infiltração de água das chuvas	1-projeto 2-execução
Sujidade de origem biológica	Belv. 1P1 e 1P2, Belv. 2P1 e 2P2, acesso, Bares 1, 2, 3, 4 e 5.	10	Infiltração de água das chuvas.	1-uso 2-execução 3-projeto.
Eflorescências	Bares 1, 2, 3, 4, 5 e acesso.	6	Infiltração e instalações de águas pluviais com danos.	1-execução 2-materiais
Manchas de umidade e descascamento da pintura	Bares 1, 2, 3, 4, 5 e acesso.	6	Infiltração e instalações de águas pluviais com danos.	1-uso 2-materiais 3-projeto
Fissuras	Bares 1, 2, 3, 4, 5 e acesso.	6	Movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade	1-Projeto 2- uso

Fonte: Autor (2019).

Conclusão.

A partir do número de ocorrências, contabilizou-se o percentual de incidência de cada manifestação, representado na figura 31:

Figura 31: Percentual de incidência das manifestações.

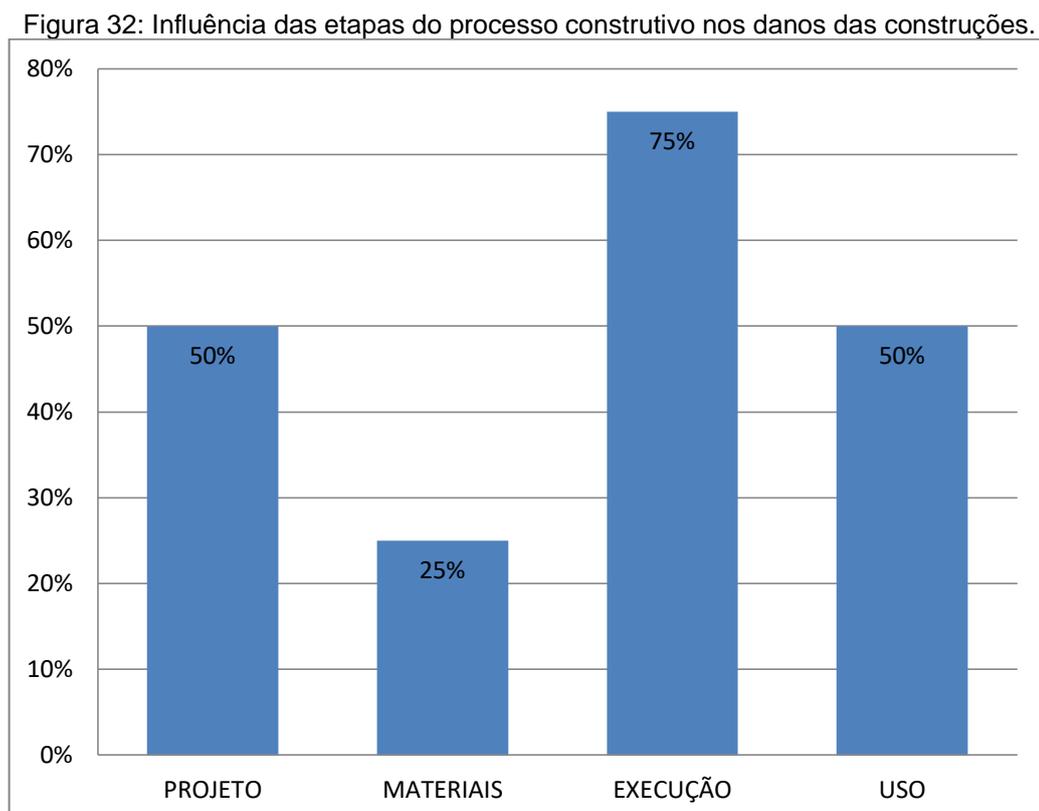


Fonte: Autor (2019).

Os resultados estão mais próximos da edificação analisada por Dórea et al. (2010), que constatou que as principais manifestações estão relacionadas à ação da água, como infiltrações, eflorescências e manchas de umidade.

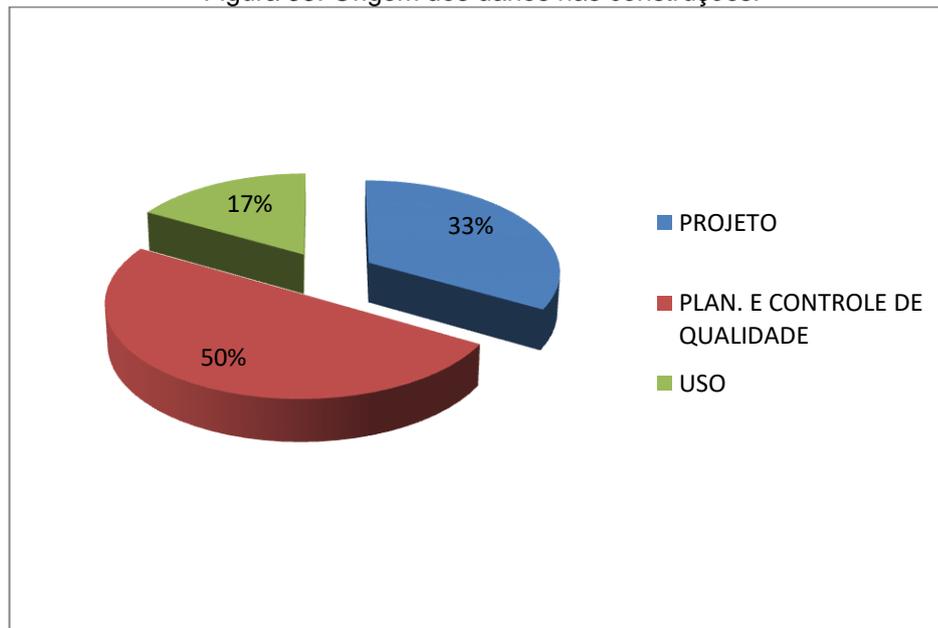
Percebeu-se durante as vistorias que os danos possuem mais de uma origem, e que alguns têm influência direta no agravamento de outros. Desta forma, a primeira origem de cada manifestação apresentada no quadro 5 é considerada a principal, e as demais são secundárias; mas que se tomados os devidos cuidados, poderiam evitar ou reduzir a ocorrência. Por exemplo, a eflorescência por capilaridade é uma manifestação que tem como causa a falta de impermeabilização da fundação, originada de sua inobservância em projeto, entretanto, se tivesse um controle de qualidade adequado na execução, certamente o responsável técnico iria observar e realizar a impermeabilização.

Com isso, realizou-se a constatação das origens de duas formas: uma analisando o quanto cada etapa do processo construtivo afeta nos danos das construções (figura 32), e outra da origem principal das manifestações no objeto de estudo (figura 33).



Fonte: Autor (2019).

Figura 33: Origem dos danos nas construções.



Fonte: Autor (2019).

Conforme apresentado no referencial deste trabalho, as etapas de materiais e execução podem ser tratadas como o processo de planejamento e controle de qualidade da obra. Portanto, os resultados apresentados na figura 33 se assemelham com os obtidos por Grunau (1981) *apud* Helene (1992) exibidos na figura 2, principalmente no que diz respeito à premissa de que o planejamento e controle de obras podem evitar metade dos danos e lesões nas obras de engenharia.

#### 4.4 Ferramenta GUT

Para definir a prioridade de intervenção de cada manifestação, elaborou-se a Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) que se baseia em pesos atribuídos pelo perito que são multiplicados para obtenção do valor final.

Conforme a tabela 2, a principal prioridade de reparo está relacionada à desagregação da argamassa, pois essa causa danos à segurança dos usuários e tem uma tendência de se agravar em médio prazo, principalmente em épocas de chuvas acentuadas. Em seguida, os danos na junta de dilatação comprometem o funcionamento adequado da estrutura, e a formação de poças d'água na laje permite que a água infiltre e permaneça em contato com a laje, de forma a agravar os demais danos.

Tabela 2: Matriz GUT.

<b>FALHA</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Urgência</b>	<b>Tendência</b>	<b>Pontos</b>
Destacamento e trincas do revestimento cerâmico	3	10	3	90
Disgregação da argamassa e danos na manta asfáltica	6	10	3	180
Danos na junta de dilatação	6	10	6	360
Poças d'água na laje	6	10	6	360
Manchas de umidade e descascamento da pintura	3	10	3	90
Corrosão	6	10	3	180
Sujidade de origem biológica	3	10	3	90
Desagregação da argamassa	8	10	6	480
Eflorescência/ capilaridade	3	10	3	90
Fissuras na laje	3	10	3	90
Fissuras na alvenaria	3	10	3	90

Fonte: Autor (2019).

A prioridade de reparos é apresentada por meio da tabela 3, que indica a ordem de intervenção de acordo com a matriz GUT e dos conhecimentos do perito acerca da obra.

Tabela 3: Prioridade de reparos.

<b>Prioridade</b>	<b>Falha</b>	<b>Pontos</b>
1°	Desagregação da argamassa	480
2°	Poças d'água na laje	360
3°	Danos na junta de dilatação	360
4°	Corrosão	180
5°	Disgregação da argamassa e danos na manta	180
6°	Fissuras na laje	90
7°	Sujidades de origem biológica	90
8°	Destacamento e trincas do revestimento cerâmico	90
9°	Fissuras na alvenaria	90
10°	Eflorescência por capilaridade	90
11°	Manchas de umidade de descascamento da pintura	90

Fonte: Autor (2019).

A ordem de reparos seguiu a prioridade de intervenção apresentada na matriz GUT. Nos casos de empates, utilizou-se da experiência do perito absorvida durante as vistorias, e da ordem de execução da reforma definida através do planejamento e controle de obras. É importante seguir este ponto, para que não se elevem os custos da manutenção corretiva com retrabalhos.

Para tanto, seguem as recomendações de intervenções na obra em questão:

- I. Retirar todo o revestimento do belvedere (laje) – placas cerâmicas, argamassa disgregada e desagregada – e verificar as condições da manta asfáltica, procedendo com seus devidos reparos ou substituição;
- II. Verificar as instalações de águas pluviais, reparar os danos e mudar a posição dos ralos, atentando-se para a inclinação do piso acabado para seu funcionamento adequado;
- III. Reparar os danos na junta de dilatação estrutural: remover o EPS, realizar a limpeza e aplicar novo material;
- IV. Executar os ensaios de carbonatação, ultrassom, e de resistência à compressão do concreto por meio de extração de corpo de prova;
- V. Acompanhar a evolução das fissuras da laje;
- VI. Executar o revestimento e a base do peitoril, atentando-se às juntas de movimentação e dessolidarização;
- VII. Lavar os pontos de sujidade e eflorescência;
- VIII. Pintar os pontos com manchas de umidade, sujidade, eflorescências e descascamento.

As intervenções devem seguir as recomendações discutidas nos pontos 4.1.1 a 4.1.9 deste trabalho.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Percebeu-se que as principais manifestações estão atreladas à presença de água e à falta ou execução inadequada de impermeabilização. Visualmente, a estrutura não oferece conforto e estabilidade aos seus usuários, e por ser uma obra pública em um centro turístico, essa seria a condição básica a ser estabelecida, além, claro, da segurança estrutural.

A construção oferece riscos aos seus usuários, como o destacamento de revestimento da laje que se encontra deteriorado e necessita de reparos urgentes. Quanto às peças estruturais, as principais ocorrências constatadas foram na laje,

que também estão relacionadas à presença da água. Nesses elementos, necessita-se de uma análise mais detalhada, com a execução de ensaios destrutivos para dar um parecer final sobre sua condição real.

Pela idade da construção, notou-se que a origem das manifestações está relacionada principalmente à ausência ou falhas no processo de planejamento e controle de obras. Sendo, portanto, estes fatores essenciais ao desempenho e durabilidade de uma obra, além de imprescindíveis para a sustentabilidade na construção civil, que é uma das principais geradoras de resíduos e demandas por recursos naturais.

Na mesma linha de raciocínio, verificou-se a importância do programa e execução de manutenções, visto que a ação de um dano pode ocasionar na manifestação de outros. Durante as vistorias, notou-se essa relação entre as ocorrências, além disso, por meio das entrevistas com os comerciantes locais, constatou-se a ausência de manutenções preventivas e corretivas. A ausência dessas atividades gera prejuízos econômicos e riscos de acidentes.

Sucintamente, apesar da limitação de ensaios, é possível concluir que a edificação tem seu desempenho comprometido em apenas sete anos de uso, e necessita de manutenções corretivas o quanto antes, a fim de restaurar as condições ideais de utilização.

Dessa forma, fica evidente a importância dos estudos relacionados às patologias nas construções e ao seu diagnóstico, e de maiores investimentos e cuidados nas etapas de planejamento e controle de qualidade da execução e dos materiais, além da realização de manutenções periódicas.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- 1- Realizar análises mais profundas dos elementos estruturais, através de ensaios destrutivos;
- 2- Acompanhar a evolução das fissuras e definir suas causas e origens, bem como as intervenções que devem ser tomadas;
- 3- Contabilizar as causas das manifestações por outro método que leve em consideração sua extensão e quantidade de ocorrências no ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações: procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas: procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais: desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais: desempenho. Parte 2: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Concreto endurecido: avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752**: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753**: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. **Institui o Código Civil**. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm)>. Acesso em: 25 maio 2019.
- BRASIL. Ministério do Planejamento. **Sobre o PAC**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 23 jul. 2019.
- BURIN, E. M. et al. **Vitorias na construção civil: conceitos e métodos**. São Paulo: PINI, 2009.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 090**: Patologias do concreto: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.
- DÓREA, S. C. L. et al. Avaliação patológica da estrutura de concreto armado e dos componentes de uma edificação construída em 1914. **Scientia Plena**, São Cristovão, SE, v.6, n.12, p. 1-13, 2010. ISSN 1808-2793.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Recife, 2012.
- FALCÃO, V. B. **Notas de aula de tecnologia da construção II: patologia e terapia das construções**. Delmiro Gouveia: UFAL, 2018.

GOMIDE, T. L. F.; FAGUNDES NETO, J. C. P.; GULLO, M. A. **Normas técnicas para engenharia diagnóstica em edificações**. São Paulo: PINI, 2009.

GRANATO, J. E. **Apostila: Patologia das construções**. Disponível em: <<http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadadasconstrucoes2002.pdf>> Acesso em: 19 jun. 2019.

HELENE, P.R.L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Norma de inspeção predial nacional**. São Paulo, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO- IBAPE/SP. **Inspeção predial: “a saúde dos edifícios”**. 2. ed. São Paulo, 2015.

INSTITUTO PERNAMBUCANO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife, 2003.

LIMA, S. M.; SIQUEIRA, W. G. Manifestações patológicas em laje de cobertura: estudo de caso. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS, 6. **Anais**. Córdoba, 2010.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: PINI, 2007.

MAZER, W. **Notas de aula do curso de especialização em patologia das construções: inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba: UTFPR, 2012.

MEIRA, G. R. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: fundamentos, diagnóstico e prevenção**. João Pessoa: IFPB, 2017.

NEVES, D. R. R.; BRANCO, L. A. M. N. Estratégia de inspeção predial. **Construindo**. Belo Horizonte, v.1, n.2, p. 12-19, jul./dez. 2009.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SILVA, F. T.; PIMENTEL, R. L.; BARBOSA, N. P. Análise de patologias em estruturas de edificações da cidade de João Pessoa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 45. **Anais**. Vitória, 2003.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.