



**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EXISTENTES NA ESTRUTURA DO PRÉDIO DA LINHA DE
FIBRAS A/B NA EMPRESA SUZANO PAPEL E CELULOSE
UNIDADE DE LIMEIRA-SP**

AMERICANA-SP

2018



ANDRE BATISTA DE OLIVEIRA
DIEGO MARCELO FERREIRA FEITOZA
LEANDRO RODRIGO PEREIRA

**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EXISTENTES NA ESTRUTURA DO PRÉDIO DA LINHA DE
FIBRAS A/B NA EMPRESA SUZANO PAPEL E CELULOSE
UNIDADE DE LIMEIRA-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

AMERICANA – SP

2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela saúde e condições para estudarmos.

Ao professor Luís César De Luca, pelo apoio e auxílio.

Ao coordenador José Mário Andrello, pelas orientações e direcionamento.

À Suzano Papel e Celulose, pela disponibilização dos projetos e pelas autorizações concedidas para as vistorias na edificação estudada.

Aos familiares e amigos que nos apoiaram e estiveram presentes durante esta caminhada.

RESUMO

O presente trabalho buscou por meio da metodologia do grau de deterioração realizar o levantamento dos tipos de manifestações patológicas presentes na estrutura do Prédio da linha de Fibras A/B da empresa Suzano Papel e Celulose, localizado na cidade de Limeira SP. Os procedimentos se valeram da realização de inspeções visuais para identificação dos problemas, quantificando áreas, comprimentos, elementos e pavimentos afetados. Baseando-se nos dados coletados, determinou-se a incidência de recorrência de cada manifestação patológica, ou seja, a quantificação da área de influência de cada problema, sendo esta apresentada como o percentual da área total da edificação, dos pavimentos, tipos de peças estruturais e também regiões da edificação. Constatou-se a ocorrência de 8 tipos de manifestações patológicas distintas na edificação, das quais são: fissuras, exposições das armaduras, corrosão no aço, falta de recobrimento, falha na pintura, desagregação do concreto, falha na vedação e eflorescência.

Palavras chave: grau de deterioração, manifestações patológicas, inspeção visual, incidência, área de influência, levantamento, tabela indicativa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição relativa da incidência das manifestações patológicas	16
Figura 2: Etapas de produção e uso das obras civis	17
Figura 3: Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis	18
Figura 4: Fissuras de flexão de vigas.	29
Figura 5: Fissuras de cisalhamento.....	30
Figura 6: Esmagamento do concreto	30
Figura 7: Fissuras em lajes	31
Figura 8: Fissuras em pilar	32
Figura 9: Manifestação típica de corrosão de armaduras em elementos estruturais	33
Figura 10: Ninhos de concretagem.....	34
Figura 11: Desagregação do concreto em viga.....	35
Figura 12: Falha em junta de dilatação.....	36
Figura 13: Camada de cobrimento de armadura.....	37
Figura 14: Vista de cima do prédio	45
Figura 15: Vista da frente do prédio	45
Figura 16: Vista do fundo.....	46
Figura 17: Desagregação e exposição do aço com corrosão em pilar	52
Figura 18: Aço com corrosão severa em pilar	52
Figura 19: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em pilar	52
Figura 20: Corrosão com perda da seção do aço	52
Figura 21: Desagregação do concreto da viga do 1º pavimento.....	53
Figura 22: Contato com produtos químicos na viga da 1º laje.....	53
Figura 23: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em viga.....	53
Figura 24: Contato com produtos químicos	53

Figura 25: Desagregação do concreto da viga do 1º pavimento.....	54
Figura 26: Contato com produtos químicos na viga da 1º laje	54
Figura 27: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em viga.....	54
Figura 28: Contato com produtos químicos	54
Figura 29: Desagregação do concreto da viga do 1º pavimento.....	55
Figura 30: Contato com produtos químicos na viga da 1º laje.	55
Figura 31: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em viga.....	55
Figura 32: Contato com produtos químicos	55
Figura 33: Legenda dos croquis de localização das manifestações patológicas e fotos.	79
Figura 34: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – PAVIMENTO TÉRREO – Manifestações nos Pilares e Pisos.....	80
Figura 35: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – 1º PAVIMENTO.....	81
Figura 36: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – 2º PAVIMENTO.....	82
Figura 37: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – 3º PAVIMENTO.....	83
Figura 38: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – MEZANINO	84
Figura 39: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – VIGAS COBERTURA E BEIRAL	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação de fissuras	27
Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental.....	27
Tabela 3: Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental.....	28
Tabela 4: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$	38
Tabela 5: Manifestações patológicas (M.P) identificadas em toda a estrutura e duas respectivas áreas	43
Tabela 6: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento térreo.....	52
Tabela 7: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento 1º pavimento.....	53
Tabela 8: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento 2º pavimento	54
Tabela 9: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento 3º pavimento	55
Tabela 10: Área total de superfície de concreto e área afetada por manifestações patológicas.....	56
Tabela 11: Área total de superfície de concreto e área afetada por manifestações patológicas.....	57
Tabela 12: Manifestações patológicas identificadas no pavimento térreo	59
Tabela 13: Manifestações patológicas identificadas no 1º pavimento	60
Tabela 14: Manifestações patológicas identificadas no 2º pavimento	61
Tabela 15: Manifestações patológicas identificadas no 3º pavimento.....	62
Tabela 16: Manifestações patológicas identificadas no Mezanino	63
Tabela 17: Manifestações patológicas por peça estrutural.....	64
Tabela 18: Manifestações patológicas por peça estrutural	65

Tabela 19: Manifestações patológicas por peça estrutural	66
Tabela 20: Manifestações patológicas por peça estrutural.	67
Tabela 21: Manifestações patológicas por peça estrutural.	68
Tabela 22: Manifestações patológicas por peça estrutural	69
Tabela 23:Manifestações patológicas por peça estrutural.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Mapeamento das manifestações patológicas	47
Quadro 2: Mapeamento das manifestações patológicas	48
Quadro 3: Mapeamento das manifestações patológicas	49
Quadro 4: Mapeamento das manifestações patológicas	50
Quadro 5: Mapeamento das manifestações patológicas	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Manifestações patológicas identificadas em toda a estrutura e suas respectivas áreas de influência	58
Gráfico 2: Manifestações patológicas identificadas em piso e pilares do pavimento térreo	59
Gráfico 3: Manifestações patológicas identificadas em pilares, vigas e lajes do 1º Pavimento.	60
Gráfico 4: Manifestações patológicas identificadas no 2º pavimento	61
Gráfico 5: Manifestações patológicas identificadas no 3º pavimento	62
Gráfico 6: Manifestações patológicas identificadas no Mezanino.	63
Gráfico 7: Manifestações patológicas por peça estrutural	64
Gráfico 8: Manifestações patológicas identificadas nos pisos.	65
Gráfico 9:Manifestações patológicas pilares	66
Gráfico 10: Manifestações patológicas vigas	67
Gráfico 11: Manifestações patológicas lajes	68
Gráfico 12: Manifestações patológicas - beirais.....	69
Gráfico 13: Manifestações patológicas por pavimento	70
Gráfico 14: Manifestações patológicas.....	71

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1:Viga em processo de desagregação no pavimento térreo.....	86
Imagem 2: Pilares separado por junta lado oeste do prédio	86
Imagem 3: Junta dos pilares pavimento Térreo.....	86
Imagem 4: Falha no selante da junta laje do 3º pavimento	87
Imagem 5: lado oeste do prédio.....	87
Imagem 6: Laje do 2º pavimento com pontos que estão em boas condições.....	87
Imagem 7: Laje do 3º pavimento com desagregação, exposição da armação e corrosão no aço.....	88
Imagem 8: Pilar segundo pavimento com fissura.....	88
Imagem 9: Vigas central do prédio onde existe falha na junta, vista do pavimento térreo	88
Imagem 10: Lateral sul viga com desagregação do concreto	89
Imagem 11: Desagregação e falta de recobrimento no mezanino	89
Imagem 12: Desagregação no segundo piso.....	89
Imagem 13: Corrosão e fissura acentuada na barra de aço.....	90
Imagem 14: Falha em junta de dilatação	90
Imagem 15: Fissura e desagregação.	90
Imagem 16: Vigas dos três pavimentos.....	91
Imagem 17: Vazamento na junta das vigas.	91
Imagem 18: Falha na junta das vigas.	91
Imagem 19: Falha na junta das vigas e manchas de vazamento.....	92
Imagem 20: Desagregação em viga.....	92
Imagem 21: Estribo rompido.....	92
Imagem 22: Junta entre os pilares no pavimento térreo e exposição de armação.	93
Imagem 23: Fissura em pilar 3º pavimento.	93
Imagem 24: Fissuras em pilar 3º pavimento.....	94

Imagem 25: Desagregação na laje no mezanino.	94
Imagem 26: Desagregação.....	95
Imagem 27: Falha em junta no 2º piso.	95
Imagem 28: Falha em junta e fissuras.	95
Imagem 29: Falha em junta.	96
Imagem 30: Junta no 3º pavimento.	96
Imagem 31: Junta no terceiro pavimento	97
Imagem 32: Junta no terceiro pavimento.	97
Imagem 33: Vazamento indo em direção a junta no terceiro pavimento.	97
Imagem 34: Equipamento da área de produção com vazamento	98
Imagem 35: Equipamento da área de produção.....	98
Imagem 36: Equipamentos da área de produção.	98
Imagem 37: Vazamento sobre a junta.	99
Imagem 38: Vazamento sobre a junta.	99
Imagem 39: Junta em pilar.	99
Imagem 40: Exposição de armação e corrosão no aço.	100
Imagem 41: Desagregação de concreto.	100
Imagem 42: Corredor da segunda laje.....	100
Imagem 43: Vista da segunda laje.....	101
Imagem 44: Laje primeiro pavimento	101
Imagem 45: Desagregação e corrosão do aço.	101
Imagem 46: Corrosão no aço em pilar no primeiro piso.	102
Imagem 47: Ralo mal vedado.....	102
Imagem 48: Fissura em pilar.	103
Imagem 49: Desagregação em laje e vigas.....	103
Imagem 50: Desagregação do concreto.....	104

Imagem 51: Corrosão no aço, desagregação e exposição de armação	104
Imagem 52: Falha em junta	105
Imagem 53: Fissuras.....	105
Imagem 54: Exposição de armação em laje.	105
Imagem 55: Exposição de armação em laje.	106
Imagem 56: Exposição de armação em laje.	106
Imagem 57: Exposição de armação em laje.	106
Imagem 58: Desagregação no concreto.....	107
Imagem 59: Exposição de armação.....	107
Imagem 60: Falha em junta.	107
Imagem 61: Corredor pavimento térreo.	108
Imagem 62: Falha em junta no primeiro pavimento.	108
Imagem 63: Fissura em viga e infiltração em laje.....	108
Imagem 64: Mancha em viga.	109
Imagem 65: Falha em junta e vazamento em laje.	109
Imagem 66: Corrosão no aço.....	109
Imagem 67: Vazamento de produto nas vigas.....	110
Imagem 68: Vazamento de produto químico	110
Imagem 69: Desagregação em vigas de concreto.....	111
Imagem 70: Desagregação de concreto.	112
Imagem 71: Fissura e exposição de armação em viga.....	112
Imagem 72: Desagregação do concreto.....	113
Imagem 73: Corrosão no aço em pilar.....	113

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Problema de pesquisa	10
1.2	Objetivos	10
1.2.1	Objetivo geral.....	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
1.3	Hipótese.....	11
1.4	Justificativas	11
1.4.1	Tecnológicas	11
1.4.2	Econômicas.....	12
1.4.3	Sociais	12
1.4.4	Ecológicas	13
1.5	Procedimentos metodológicos.....	13
1.6	Procedimentos metodológicos.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Patologia das construções.....	15
2.1.1	Sintomatologia	15
2.1.2	Mecanismos envolvidos nos fenômenos	16
2.1.3	Origens e Causas.....	17
2.1.4	Desempenho, vida útil e durabilidade	18
2.1.5	Diagnóstico e Prognóstico	19
2.1.6	Terapia.....	20
2.2	Estruturas de concreto armado	20
2.2.1	Mecanismos de deterioração e envelhecimento do concreto	22
2.2.1.1	Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto .	22
2.2.1.2	Mecanismos preponderantes de deterioração relativos a armadura.	23
2.3	Patologia no concreto armado	26
2.3.1	Diagnóstico em estruturas de concreto armado.....	26
2.3.2	Incorreção na consideração de juntas de dilatação	36
2.3.3	Cobrimento de armaduras.....	37
3	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO.....	41

3.2	Método de determinação da incidência e área de influência das manifestações patológicas.....	41
3.2.1	Vistoria da edificação	41
3.3	Determinação da área de influência das manifestações patológicas	42
4	ESTUDO DE CASO.....	44
4.1	Edificação estudada	44
4.2	Desenvolvimento da pesquisa de campo	46
4.3	Levantamento de dados.....	46
4.4	Levantamento fotográfico.	52
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	56
5.1	Manifestações patológicas na estrutura em geral	56
5.2	Manifestações patológicas por pavimentos.....	58
5.3	Manifestações patológicas por peça estrutural.....	64
5.3.2	Pilares	66
5.3.3	Vigas.....	67
5.3.4	Lajes.....	68
5.3.5	Beirais	69
5.3.6	Comparativo entre pavimentos	70
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
6.1	Considerações finais.	72
6.2	Recomendação para trabalhos futuros	74
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
8	ANEXOS.....	79
8.1	Croquis de localização das manifestações patológicas	79
8.2	Documentário fotográfico completo	86

1. INTRODUÇÃO

O foco principal deste trabalho é o levantamento de manifestações patológicas e a comparação entre elas, de um edifício industrial intitulado de Linha de fibras A e B presente na Suzano papel e celulose unidade de Limeira-SP.

O prédio da linha de fibras A e B é responsável pela fabricação de mais de 1000 toneladas de celulose por dia e está em operação a cerca de 40 anos. Ao longo do tempo foram realizadas reformas, ampliações e instalação de novos equipamentos como: bombas, tanques, tubulações e equipamentos diversos, trazendo novas solicitações e exigências as estruturas. A estrutura, também está inserido em uma área quimicamente agressiva, tendo contato continuo com vapores químicos e contaminantes. Por consequência, ao longo dos anos, houve uma deterioração em sua estrutura, visto que, a durabilidade e o alcance da vida útil projetada de uma estrutura de concreto armado estão intimamente ligados ao projeto, execução, proteção e manutenção da obra após o término da execução.

O prédio estudado é composto de 4 pavimentos e dois blocos, sendo duas construções, uma ao lado da outra, separados por uma junta de dilatação e sua estrutura é de concreto armado moldado in loco.

1.1 Problema de pesquisa

Em que estado se encontra a estrutura do prédio da linha A/B da Suzano unidade Limeira?

1.2 Objetivos

Aqui serão mencionados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar através da metodologia do grau de deterioração o estado atual do prédio da linha A/B na Suzano papel e celulose, unidade Limeira.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- i. Comparar as manifestações patológicas por andar e por peça estrutural;
- ii. Determinar a incidência recorrente de cada manifestação patológica encontrada (área de influência).

1.3 Hipótese

Suponha-se que a estrutura se encontra em estado regular de manutenção.

1.4 Justificativas

Apresentam-se neste tópico as justificativas tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas para realização do presente trabalho.

1.4.1 Tecnológicas

Decorrente das manifestações patológicas que se apresentaram no prédio da linha de fibras A/B na empresa Suzano Papel e Celulose, unidade de Limeira, constatou-se a necessidade de entender os tipos de manifestações, sua recorrência e abrangência no intuito de determinar a melhor forma de ação corretiva da construção.

Por se tratar de uma construção antiga, a obra possivelmente foi executada baseada na norma NB1 - Cálculo e execução de obras de concreto armado de 1940 - norma que hoje não está mais em vigor devido atualizações. De acordo com a norma NBR 6118/14 - Projeto de estruturas de concreto (Procedimento atual para elaboração do projeto da estrutura) - a durabilidade é a capacidade da estrutura em resistir às influências previstas e definidas, em conjunto, pelo autor do projeto estrutural e o contratante no início dos trabalhos de elaboração do mesmo.

Madeiros et al. (2011), diz que o concreto armado, assim como outros métodos construtivos, se deteriora com o passar dos anos, e que a ação do ambiente influencia em sua durabilidade.

A indústria sempre está à procura de novas soluções que atendam suas necessidades, em virtude das mudanças tecnológicas ou por evolução e melhoria dos processos. Nessa linha, as estruturas prediais precisam acompanhar esse processo de evolução e desenvolvimento. Deste modo, para a recuperação e adequação das estruturas de concreto se faz necessária a determinação das principais manifestações patológicas, na estrutura em questão, para que estas sejam analisadas, bem como, determinados seus

mecanismos de degradação da estrutura. Somente após a caracterização da patologia que originou o dano encontrado, se pode definir as técnicas e materiais adequados objetivando recuperação da estrutura.

1.4.2 Econômicas

Na indústria os recursos destinados a manutenção são de certo modo, restritos, sendo dispostos a partir de uma matriz de priorização, levando em consideração fatores como: segurança, meio ambiente e disponibilidade produtiva. Com isso é necessário que o direcionamento desses recursos sejam feitos de forma consciente priorizando atividades realmente importantes. Por conseguinte, esse trabalho visa quantificar as manifestações patológicas presentes na obra a fim de reduzir os custos com mapeamentos e levantamento na área estudada, bem como, formar um histórico das anomalias que ocorrem no local para conhecimento do caso pela empresa, como também, para contribuir com o processo de priorização de demandas de manutenção.

Conforme a NBR 5674 (Associação Brasileira de normas técnica, 1999, p.2), estudos realizados em diversos países, para diferentes tipos de edificações demonstram que os custos anuais envolvidos na operação e manutenção das edificações em uso variam entre 1% e 2% do seu custo inicial. Este valor pode parecer pequeno, porém, acumulado ao longo da vida útil das edificações chega a ser equivalente ou até superior ao seu custo de construção.

1.4.3 Sociais

Com o avanço do processo de deterioração do prédio estudado, no caso da linha de fibras A/B, o local de certo modo ficaria com seus acessos restritos aos ambientes de trabalho, por motivos de segurança, saúde e qualidade de vida dos trabalhadores, impactando diretamente no trabalho de inúmeros colaboradores. Sabemos que a companhia não deixará chegar a esse estágio sem antes realizar intervenções para assegurar a integridade de todos, pois é uma empresa que pressa em primeiro lugar pelas condições de segurança. Assim, o presente estudo visa contribuir com a conservação e integridade do local agindo no levantamento e quantificação das manifestações patológicas.

1.4.4 Ecológicas

Tavares (2006) explica que o panorama brasileiro no que tange aos insumos da Construção Civil para avaliações ambientais não são devidamente detalhado. Porém, quanto ao consumo energético sabe-se que os materiais de construção respondem por grande parte dos impactos ambientais relacionados a esse consumo, por exemplo: a fabricação de cimento gera grandes quantidades de dióxido de carbono - CO₂, já o aço é uma liga formada basicamente de ferro e carbono, é normalmente identificado como um material ‘amigo do ambiente’ devido essencialmente ao seu potencial de reciclagem, porém, a forma como são produzidos geram impactos ao meio ambiente.

A estrutura do prédio em estudo é construída de concreto e aço. O concreto constitui-se de cimento Portland, areia, brita e água. Nesta linha, é preferível reparar uma estrutura danificada a inutilizá-la. Segundo Tavares (2006), os três principais materiais consumidos em quantidades significativas nas edificações residenciais são: o cimento, o aço e a cerâmica, que consomem pelo menos 80% de energia não renovável.

1.5 Procedimentos metodológicos

O trabalho visa levantar as manifestações patológicas existentes na estrutura de concreto armado do prédio da linha de fibras A/B. Essa verificação será qualitativa e quantitativa e se desdobrará nas etapas descritas a seguir.

De início foi realizada pesquisas sobre estruturas em concreto armado e sua durabilidade, assim como, as principais manifestações patológicas em edificações.

Em seguida, o levantamento de dados diversos do prédio como: projetos, memoriais descritivos e fotos de manutenções realizadas no local.

Neste trabalho foi utilizado o método científico do tipo “estudo de caso” (GIL, 2002), e sua efetivação foi feita através de vistorias e inspeções visuais no prédio com base na norma do IBAPE – Inspeção Predial nível 1, contemplando: o mapeamento das manifestações patológicas encontradas; relatório fotográfico; croquis para identificação da distribuição das manifestações patológicas.

Finalmente, foi realizada uma compilação dos dados levantados em campo para a determinação das manifestações patológicas encontradas e sua incidência.

1.6 Procedimentos metodológicos

Apresenta-se o trabalho separados em seis capítulos, conforme demonstra-se na sequência.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como, as justificativas para a realização deste estudo e posteriormente os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a fundamentação teórica, teoria que discorre sucintamente sobre os materiais utilizados na construção da estrutura e os tipos de manifestações patológicas mais comumente verificados em estruturas de concreto armado expostas a intempéries.

No **Capítulo 3** está inserida a descrição da metodologia de avaliação utilizada para levantamento dos defeitos verificados na estrutura, incluindo a descrição dos métodos adotados para a determinação da área de influência das manifestações patológicas.

O **Capítulo 4** trata sobre o estudo de campo empregado neste trabalho, apresentando a descrição da estrutura e a vistoria, resumindo os principais defeitos encontrados.

O **Capítulo 5** apresenta a análise dos resultados deste estudo, indicando as principais manifestações patológicas encontradas na estrutura em geral, por pavimentos e tipo de peças estruturais.

O **Capítulo 6** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresentará a fundamentação teórica pertinente a este trabalho. Diante da bibliográfica pesquisada e estudada foram selecionados os autores que melhor expõem as teorias que tecem nosso trabalho em busca de atingir o objetivo traçado.

A edificação é conceituada por Zuchetti (2015), como qualquer tipo de instalação que tenha como propósito final servir de abrigo para o desempenho das mais variadas funções do homem.

Helene (2003) *apud* Zuchetti (2015) contribui dizendo que durante seu processo construtivo podem ocorrer falhas, gerando vícios e problemas nas etapas do mesmo. O gerenciamento de cada processo e a necessidade de uma constante melhoria através do controle da qualidade e do desenvolvimento de novas tecnologias retratam um dos grandes desafios da engenharia civil.

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica ao que concerne as definições de patologia das construções; concreto armado e sua durabilidade; e as principais manifestações patológicas.

2.1 Patologia das construções

Segundo Helene (1992), conceitua-se como Patologia a parte da Engenharia que examina os sintomas, o mecanismo, as origens e as causas das falhas das construções civis, ou seja, é o estudo de todos os componentes que formam o diagnóstico do problema.

Após o aparecimento de manifestações patológicas em uma edificação, o problema tende a se agravar rapidamente, acarretando em outros problemas secundários, afirma Hirt (2014). Por isso, é necessário o conhecimento de cada parte do problema para que o diagnóstico e o tratamento possam ser realizados de maneira rápida e adequada.

2.1.1 Sintomatologia

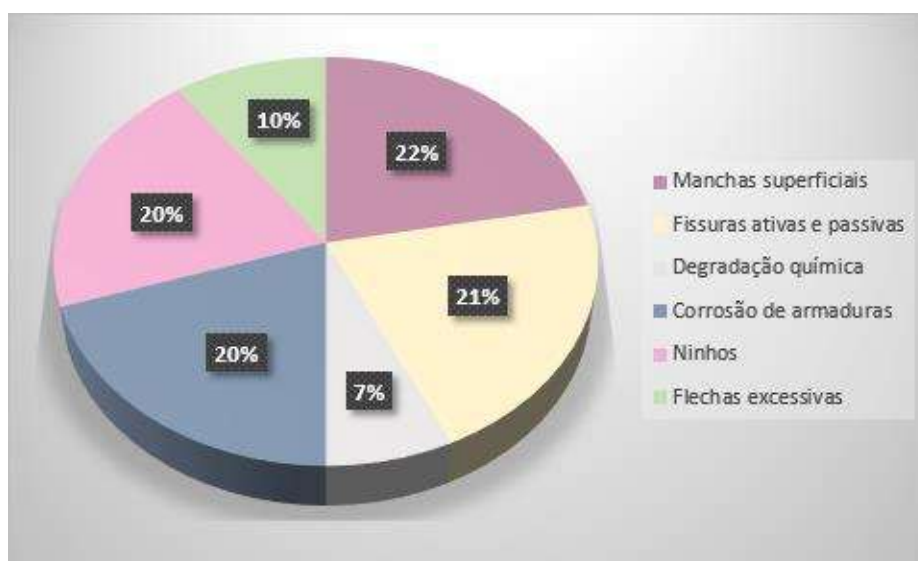
Para Helene (1992), na maioria das vezes, os problemas patológicos possuem manifestação externa com características peculiares, o que possibilita a dedução de sua natureza, sua origem, os mecanismos envolvidos no fenômeno e a suposição de suas prováveis consequências

Tutikian e Pacheco (2013) conceituam Sintomatologia como a área da Patologia das Construções que estuda esses sinais apresentados pela edificação, tendo como objetivo diagnosticar o problema patológico.

Ainda, conforme os mesmos autores, para obter um diagnóstico correto de uma manifestação patológica, é fundamental coletar dados, inicialmente, através de uma inspeção visual, de forma a identificar os sintomas observados, sua localização e sua intensidade.

Como se nota na Figura 1, algumas manifestações externas apresentam maior incidência, mas este fato não reflete diretamente no grau de significância do problema do ponto de vista das consequências quanto ao seu comprometimento estrutural e quanto ao seu custo de correção, segundo Helene (1992). A seguir se descreve a distribuição relativa da incidência da manifestação patológica.

Figura 1: Distribuição relativa da incidência das manifestações patológicas



Fonte: Helene, 1992.

2.1.2 Mecanismos envolvidos nos fenômenos

Tutikian e Pacheco (2013) dizem que, através de uma análise completa dos dados obtidos de uma determinada manifestação patológica em uma edificação, é possível identificar os mecanismos que originaram o seu aparecimento.

De acordo com Helene (1992), todo problema patológico ocorre a partir de um processo, de um mecanismo de alguma natureza, e que para escolher uma terapêutica adequada é de extrema importância conhecer o mecanismo do fenômeno envolvido.

2.1.3 Origens e Causas

Segundo Souza e Ripper (1998), o surgimento dos problemas patológicos indica, de maneira geral, a existência de falhas durante a execução e o controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil.

Helene (1992) afirma que este processo pode ser dividido em cinco grandes etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes industrializados, execução propriamente dita e uso, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Etapas de produção e uso das obras civis



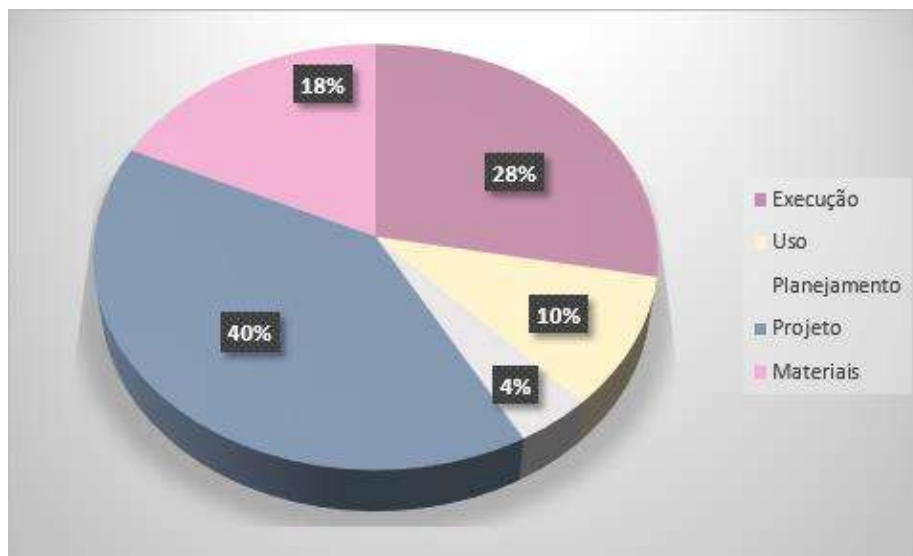
Fonte: Helene (1992).

De modo geral, Oliveira (2013) observa que as manifestações patológicas não são originadas por fatores isolados, mas por influência de um conjunto de variáveis que podem se classificar segundo o seu processo patológico, seus sintomas, a causa geradora do problema e a etapa do processo produtivo em que ocorrem.

Segundo Helene (1992), é importante ressaltar que a determinação da origem da patologia possibilita a identificação, para fins judiciais, do responsável pela falha.

Como se pode observar na Figura 3, a grande maioria dos problemas das origens das manifestações patológicas ocorrem nas primeiras etapas da obra, ou seja, na fase de projeto e planejamento. Isso se dá, segundo Vitório (2003), devido à falta de investimento dos proprietários em projetos mais elaborados, implicando na necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente em problemas funcionais e estruturais. A seguir a proporção da origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis, segundo Helene (1992).

Figura 3: Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Helene (1992).

De acordo com Oliveira (2013) para diminuir ou eliminar os problemas patológicos em uma construção é necessário desenvolver um maior controle de qualidade nas etapas do processo, além de abordar a manutenção do mesmo como um dos fatores relevantes a ser considerado.

Além de identificar as origens do problema patológico, também é necessário conhecer a sua causa. De acordo com Iantas (2010), os principais agentes causadores são as cargas, a variação de umidade, as variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, a ação de agentes biológicos, a incompatibilidade de materiais, os agentes atmosféricos, entre outros

Para Souza e Ripper (1998) o conhecimento das origens e causas do processo patológico é fundamental, não apenas para que se possa determinar a terapêutica adequada, mas também para garantir que, depois de reparada, a estrutura não volte a se deteriorar.

2.1.4 Desempenho, vida útil e durabilidade

Segundo a Norma Brasileira 6118/14 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – O Desempenho de uma edificação consiste na

capacidade da estrutura de manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.

Pode-se observar que o conceito de desempenho está intimamente relacionado com o conceito de vida útil de uma edificação. A Norma Brasileira 15575-5/13 – Edificações habitacionais - Desempenho – define Vida útil como o

período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Conforme Do Carmo (2003) *apud* Zuchetti (2015), os problemas patológicos apresentados por uma edificação normalmente estão relacionados à queda de desempenho da estrutura, que ocorre a partir dos danos e vícios construtivos que surgem no decorrer do seu tempo de uso.

Uma condição importante para que uma edificação possa alcançar a vida útil para a qual foi projetada é manter adequado o uso e manutenção da mesma, afirma Iantas (2010). Segundo Tutikian e Pacheco (2013), as edificações são constituídas de matérias que, ao serem expostas às condições de ambiente e serviço, envelhecem e se desgastam com o passar dos anos, podendo este processo ser agravado pela falta de manutenção da estrutura. Desta forma, pode-se concluir que a vida útil de uma estrutura está diretamente ligada a durabilidade da mesma.

A Norma Brasileira 6118/14 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento – conceitua que a durabilidade

consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

2.1.5 Diagnóstico e Prognóstico

Segundo Tutikian e Pacheco (2013), o diagnóstico de uma patologia não pode ser realizado de maneira imediatista, mas deve ser fruto de uma análise que considera todo o processo de evolução do caso, visto que uma manifestação pode se apresentar de maneiras distintas durante cada fase do mesmo.

2.1.5.1 Diagnóstico Preliminar

Conforme Mazer (2012), diagnosticar uma patologia é definir as causas do mecanismo de sua formação e da gravidade potencial da manifestação patológica, a partir da análise dos sintomas e na eventual realização de ensaios e estudos específicos.

Para que o diagnóstico seja adequado e completo, Helene (1992) diz que é necessário que cada aspecto do problema patológico seja esclarecido, a saber, dos sintomas, mecanismo, origem, causas e consequência do evento.

2.1.5.2 Prognóstico

Tutikian e Pacheco (2013), conceituam prognóstico como um levantamento das hipóteses de evolução do problema, necessário para a definição da conduta que deve ser seguida após o estabelecimento do diagnóstico da “enfermidade” em questão.

Oliveira (2013), explica que, para que se possa decidir a respeito de uma intervenção ou não de um problema patológico são levantadas hipóteses de evolução futura do problema a partir do seu diagnóstico, baseando-se em dados fornecidos pela tipologia do problema, seu estágio de desenvolvimento, as características gerais da edificação e as condições de exposição a que está submetido.

2.1.6 Terapia

Após as etapas de definição do diagnóstico e prognóstico, Lapa (2008) diz que se segue para a fase da elaboração de intervenções viáveis e da determinação da terapia que poderá ser seguida para a resolução do problema.

Segundo Helene (1992) cabe à terapia estudar a correção e a solução dos problemas patológicos. Para que essas medidas obtenham êxito, é necessário que o diagnóstico da questão tenha sido bem conduzido.

2.2 Estruturas de concreto armado

Historicamente, Couto et al. (2013), expõe que o concreto armado surgiu no século XIX na Europa, a fim de resolver um problema muito grave encontrado naquela época, que era a fraca resistência a tração do concreto como pedra artificial. Atualmente é o material mais utilizado na construção de estruturas de edifícios, grandes obras viárias e contenções. Seu emprego é conhecido em todo o mundo, sendo que a estrutura de concreto armado em ambientes não agressivos, dura mais de cem anos sem manutenção.

Mehta e Monteiro (2008), contribui dizendo que, o concreto armado é um

material de construção resultante da união do concreto e de barras de aço, envolvidos pelo concreto, com perfeita aderência entre os dois materiais, de tal maneira que resistem ambos solidariamente aos esforços a que são submetidos. A utilização de barras de aço juntamente com o concreto, só é possível devido as seguintes razões: trabalho conjunto do concreto e do aço, assegurado pela aderência entre os materiais; o coeficiente de dilatação térmica do aço e do concreto são praticamente iguais; o concreto protege de oxidação o aço da armadura garantindo a durabilidade da estrutura.

Segundo Helene (2005) o concreto de cimento Portland tem provado ser o material de construção mais adequado para estruturas, superando com grande vantagem, alternativas viáveis como a madeira, aço ou alvenaria.

O dimensionamento do concreto armado é regido pela ABNT NBR 6118/14 – Projeto de estruturas de concreto armado.

Segundo a NBR 6118/14 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – as estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas de forma a conservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante a sua vida útil.

Ainda segundo a NBR 6118/14 durabilidade é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, as condições ambientais e as condições de uso, de operação e de manutenção da mesma.

Lapa (2008), entende que, por se tratar de um material não inerte, o concreto armado está sujeito a sofrer mudanças ao longo do tempo devido a interações entre seus elementos construtivos (cimento, areia, brita, água e aço) com aditivos ou agentes externos (ácidos, gases, sais, entre outros).

As mudanças causadas por essas interações caracterizam anomalias, conhecidas como manifestações patológicas, que apresentam sintomas indicando que a estrutura está “doente”. Vitório (2003) afirma que um dos sintomas mais comuns são o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas, que correspondem a aberturas de espessuras distintas que podem aparecer de maneira expressiva ou em forma de linha na superfície de qualquer material sólido.

Para Olivari (2003), além dessas aberturas, estão entre os sintomas mais comuns dos problemas patológicos nas edificações o esmagamento do concreto, a corrosão de armadura, a ruptura do concreto, as manchas e sua desagregação.

2.2.1 Mecanismos de deterioração e envelhecimento do concreto

O conjunto de deterioração ao qual está exposta uma edificação gera diferentes tipos de anomalias. Essas anomalias podem ter diversas causas, como o envelhecimento natural da edificação, acidentes e irresponsabilidades profissionais, explica Vieira (2016).

As normas brasileiras ABNT NBR 6118/14 e ABNT NBR 12655/06 descrevem os mecanismos mais importantes e frequentes de deterioração das estruturas de concreto.

2.2.1.1 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto

Conforme a NBR 6118/14 a deterioração relativa ao concreto pode ser resultado de 03 (três) processos distintos: lixiviação, expansão por sulfato e reação álcali-agregado:

a) Lixiviação

A lixiviação trata de um processo físico-químico que ocorre por ação de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas, entre outras. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), em casos onde a pasta de cimento sofre a ação de águas puras da condensação de neblina ou vapor, estas tendem a hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio, visto que podem conter pouco ou nenhum íon de cálcio. Este processo acarreta na perda de resistência do concreto e no surgimento de crostas esbranquiçadas de carbonato de cálcio na superfície, fenômeno conhecido como eflorescência.

Em outros casos, Lapa (2008) diz que esses ataques podem ocorrer através da ação de ácidos e da água do mar, dissolvendo e removendo parte da pasta de cimento Portland endurecido.

b) Expansão por Sulfato

Consiste em um processo físico-químico que se dá pela expansão por ação de águas ou solos contaminados com sulfatos. Segundo Lapa (2008), esses compostos são potencialmente danosos ao concreto, sendo os sulfatos de sódio e cálcio mais comuns em solos, águas e processos industriais.

Geralmente o ataque por sulfatos ocorre em três fases: penetração dos íons sulfato na matriz do cimento, reação dos sulfatos com hidróxido de cálcio, formando gesso (gipsita) e na reação do gesso com os aluminatos, resultando em compostos expansivos como a etringita.

A Etringita possui um coeficiente de expansão de ordem de 300% e o seu mecanismo de ação química favorece o surgimento de fissuras na estrutura, pois acarreta na ocorrência de áreas com coeficientes distintos de expansão, explica Olivari (2003).

c) Reação álcali-agregado

Segundo Ribeiro e Cunha (2014) as reações álcalis-agregados (RAA) são reações químicas, que se desenvolvem entre constituintes reativos dos agregados e íons alcalinos e hidroxilos presentes na solução intersticial da pasta de cimento.

Complementa Olivari (2003) que, as reações químicas ocasionadas entre estes componentes provocam um aparecimento de um gel expansivo que fissa o concreto. Este mecanismo está condicionado ao contato do cimento e do agregado reativo com a água, simultaneamente.

Ainda, Souza e Ripper (1998) dizem que estas reações são expansivas, pela formação adicional de sólidos em meio confinado, provocando, de início, a fissuração da superfície do concreto, conferindo à mesma o aspecto de um mosaico, para posteriormente vir a desagregar a estrutura.

Devido ao acentuado quadro fissuratório, a RAA favorece a instalação de outros problemas como a carbonatação e a corrosão de armaduras.

2.2.1.2 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos a armadura

Ferreira (2000), discorre que o concreto confere ao aço duas formas de proteção, visto que atua como uma barreira física que o separa do meio ambiente e, devido a sua elevada alcalinidade, permite a formação da chamada camada de passivação. Esta camada protetora consiste em uma película fina de óxido de ferro na superfície do aço logo após o início da hidratação do cimento.

Quando ocorre a penetração de substâncias agressivas no concreto, modificando suas condições de serviço, a película passivante rompe e inicia-se o processo de corrosão das armaduras, complementa Lapa (2008).

Conforme a NBR 6118/14 a deterioração relativa à armadura corresponde ao processo de despassivação da mesma que pode ocorrer através de 02 (dois) processos distintos: a carbonatação e ação de cloretos. Contudo, ainda há a lixiviação do hidróxido

de cálcio presente na pasta de cimento e a exposição de armaduras por ausência de cobrimento, deixando a exposta ao contato direto com agentes oxidantes.

a) Despassivação por carbonatação

De acordo com Ribeiro e Cunha (2014), a alta alcalinidade do concreto é devido a presença de hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 na solução intersticial do concreto. Quando exposto ao dióxido de carbono CO_2 , juntamente com a umidade, há reação que transforma o hidróxido de cálcio em carbonatos. Tal mecanismo é conhecido como carbonatação.

Vitório (2003) explica que a formação do carbonato de cálcio a partir do hidróxido de cálcio é uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto, visto que trata da transformação de um elemento de pH alto em um elemento que possui um pH mais neutro. Essa perda de pH do concreto representa um grande risco, pois em seu ambiente alcalino – pH variando entre 12 e 13 -, as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, quando este PH se encontra abaixo de 9,5, inicia-se o processo de formação de células eletroquímicas de corrosão.

De acordo com Lapa (2008), quando o aço entra em processo de corrosão ocorre uma diminuição da sua seção ou o mesmo converte-se totalmente em óxido, acarretando na redução da aderência aço/concreto e, conseqüentemente, na perda da capacidade estrutural do elemento de concreto.

Ferreira (2000) contribui dizendo que a velocidade com a qual esse processo se desenvolve depende da estrutura, do teor de umidade e da umidade relativa nas imediações da estrutura. Desta forma, pode-se afirmar que a carbonatação é diretamente influenciada pela concentração de CO_2 no ar, pelo tipo de cimento utilizado e pela razão água/cimento utilizada na dosagem do concreto.

As medidas preventivas para este processo, segundo a NBR 6118/14, consistem em dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto. Para a norma, a utilização de um concreto de baixa porosidade, a realização de um cobrimento adequado das armaduras e o estabelecimento de um maior controle de fissuração, são medidas que podem minimizar este efeito.

b) Despassivação por cloretos

De acordo com Lapa (2008), a ação dos íons cloretos é apontada como uma das principais causas do processo de corrosão das armaduras de concreto. O contato desses

íons com o concreto pode ocorrer de diversas formas, como o uso de aceleradores de endurecimento que contêm Ca^{2+} , o contato com a água do mar ou maresia e através de processos industriais.

A NBR 6118/14 (p. 16) conceitua a despassivação por ação de cloretos como a “ruptura local da camada de passivação, causada por elevado teor de íon-cloro”. Segundo Souza e Ripper (1988), este íon tem a capacidade de romper a camada oxidada protetora da armadura e corroê-la. Por isso, a presença de Cl^- é limitada, na maioria dos regulamentos, a 0,4% do peso do cimento, tornando não recomendável a utilização de concretos com dosagens de cloretos superiores a esta.

A NBR 6118/14 recomenda o uso de concreto de pequena porosidade, o uso de cimento composto com adição de escória ou material pozzolânico, além do controle de fissuração e a realização do cobrimento adequado das armaduras, como alternativas de medidas preventivas para dificultar o ingresso destes agentes agressivos ao interior do concreto.

2.2.1.3 Mecanismos preponderantes de deterioração da estrutura propriamente dita

De acordo com a NBR 6118/14 – os mecanismos que provocam a deterioração da estrutura propriamente dita são “todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas (Fadiga), retração, fluência e relaxação, bem como as diversas ações que atuam sobre a estrutura”.

a) Movimentações térmicas

Olivari (2003) diz que as variações de temperaturas sofridas diariamente pelos componentes de uma edificação provocam alterações na sua volumetria, resultando em movimentos de dilatação e contração.

Se estas contrações e dilatações são restringidas, e a resistência do concreto for menor que as tensões de tração resultantes, poderão ocorrer fissuras. Isto ocorre, pois, ao sofrerem variações brusca de temperatura, a temperatura da superfície se ajusta rapidamente, enquanto a do interior se ajusta lentamente. Os efeitos visuais típicos deste processo são os destacamentos do concreto causado pelos choques térmicos e o levantamento dos cantos dos pavimentos, explica Ferreira (2000).

b) Deformação por retração e fluência

Para Olivari (2003), a retração provoca uma diminuição do volume de concreto e como as peças estruturais são impedidas de movimentarem-se, visto que estão interligadas entre si e com a fundação, ocorrem tensões de tração no concreto. Se estes esforços forem superiores à resistência à tração surgirão fissuras na estrutura.

Ainda de acordo com o mesmo autor, existem mais 02 (dois) tipos de retração: a retração química, provocada pela redução de volume da água quando reage com o cimento, e a retração térmica, ocasionada pelo aumento de temperatura do concreto na hidratação do cimento e posterior resfriamento do mesmo até atingir a temperatura ambiente.

c) Ondas de choque (Impactos)

Devido à natureza heterogênea do concreto, estar suscetível ao destacamento quando sujeito a ondas de choque. Esse destacamento, segundo Ferreira (2000), é ocasionado pelas diferentes velocidades de transmissão com que as ondas atravessam os diferentes materiais que o compõe.

2.3 Patologia no concreto armado

Para Souza e Ripper (2003), as Manifestações patológicas têm origem a partir de alguma anomalia ou falha durante uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades. Assim as causas podem ser decorrentes de falhas na concepção do projeto, falha de materiais, falha na execução ou na utilização.

2.3.1 Diagnóstico em estruturas de concreto armado

Em geral, os problemas patológicos são evolutivos, apresentando uma tendência a se agravar com o passar do tempo. Helene (1992) diz que é possível afirmar que quanto mais cedo as correções devidas forem executadas, mais baratas, fáceis e duráveis serão. Desta forma, é fundamental estabelecer um diagnóstico preciso, informando o tipo de manifestação patológica, o grau de periculosidade e a urgência dos reparos necessários.

Dentre todas as manifestações patológicas, exceto no caso de deformações muito acentuadas, as fissuras são as que, segundo Souza e Ripper (1998), mais chamam a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

A classificação de uma fissura pode ser feita através da espessura da sua ruptura, conforme especificado no Tabela 1.

Tabela 1 Classificação de fissuras

Classificação	Espessura
Fissura capilar	Menor que 0,2 mm
Fissura	0,2 mm a 0,5 mm
Trinca	0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	1,5 mm a 5 mm
Fenda	5 mm a 10 mm
Brecha	Maior que 10 mm

Tabela 1- Classificação de fissuras Fonte: Olivari (2003)

Fonte: Olivari (2013)

A norma para projetos de estruturas de concreto, NBR 6118/14, descreve os limites de abertura de fissuras segundo a classe de agressividade do meio onde a estrutura se encontra. A Tabela 2 relaciona o ambiente em que a estrutura irá atuar com a classe de agressividade ambiental.

Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT (2013)

A Tabela 3, relaciona o grau de agressividade com a abertura limite de fissura a adotar nos projetos de estruturas concreto armado.

Tabela 3: Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental.

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

Fonte: ABNT (2013)

Segundo Vitório (2003), tais aberturas também podem ser classificadas como ativas ou passivas, sendo as passivas aquelas que, ao chegarem à sua amplitude máxima, estabilizam-se devido ao equilíbrio dos esforços mecânicos, e as ativas aquelas que são produzidas por ações de magnitude variáveis, provocando deformações diárias e sazonais também variáveis no concreto.

Thomaz (1989), salienta que é importante compreender a fissuração em edificações, visto que o processo é, muitas vezes, um aviso de um eventual estado perigoso para estrutura, alertando quanto ao comprometimento do desempenho da obra em serviço.

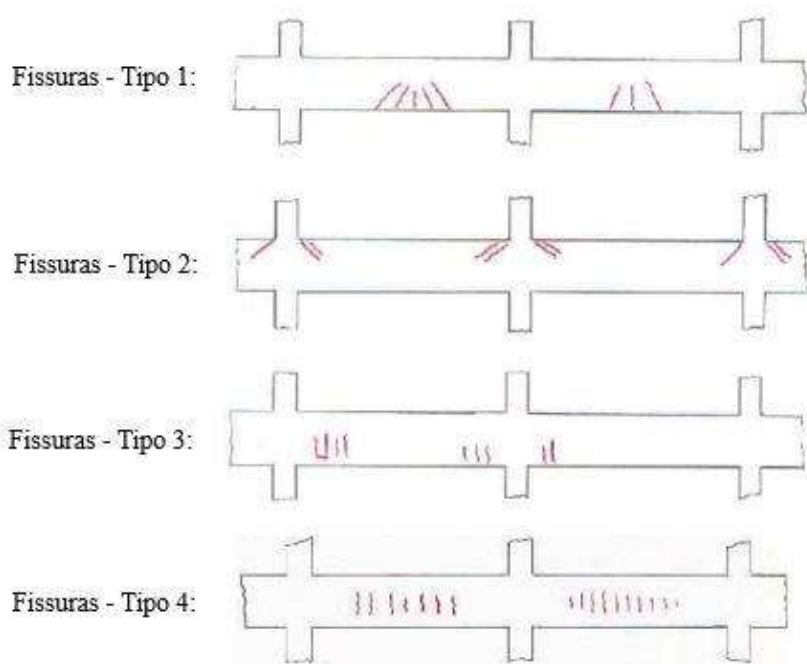
2.3.1.1 Fissuras em vigas

De acordo com Thomaz (1989), as fissuras ocasionadas pela flexão de vigas ocorrem perpendicularmente às trajetórias dos esforços principais de tração, sendo praticamente verticais no terço médio do vão e apresentando aberturas maiores em direção à face inferior da viga. A localização, número, extensão e abertura das fissuras

estão relacionadas às características geométricas da peça, às propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a constituem e ao estágio de solicitação da carga.

As manifestações típicas ocasionadas por este processo podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4: Fissuras de flexão de vigas.



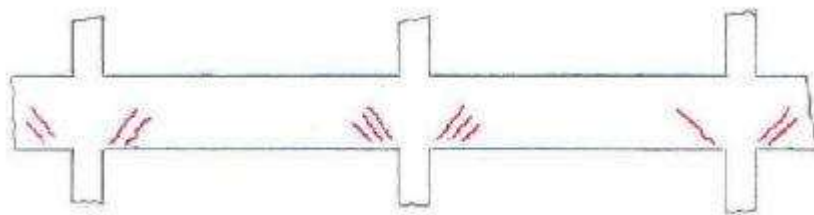
Fonte: Olivari (2003).

Olivari (2003) explica que as fissuras do tipo 1 podem ser ocasionadas por meio de sobrecargas não previstas no cálculo estrutural e pela insuficiência de armadura longitudinal positiva ou de ancoragem referente a ela. Já as fissuras do tipo 2 ocorrem por causas semelhantes às do tipo 1, mas estão relacionadas as armaduras longitudinais negativas.

Ainda de acordo com Olivari (2003), o aparecimento de fissuras do tipo 3 podem ocorrer após o deslizamento da armadura longitudinal por falta de aderência. Além disso, também podem ser causadas por sobrecargas não previstas, pela ancoragem insuficiente das armaduras e pelo uso de concreto de resistência inadequada. Já o surgimento das do tipo 4 podem estar relacionadas à secagem prematura do concreto (cura inadequada), à razão água/cimento inadequada, à contração térmica devido a diferenças de temperatura e ao adensamento inadequado.

Segundo Thomaz (1989), as fissuras também podem ocorrer em vigas solicitadas à flexão quando estiverem deficientemente armadas ao cisalhamento, provocando inicialmente o seu surgimento apenas nas proximidades dos apoios, conforme Figura 5.

Figura 5: Fissuras de cisalhamento



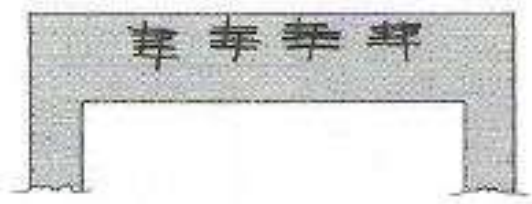
Fonte: Olivari (2003)

Outras causas apontadas por Helene (1992), como prováveis para este evento, são a insuficiência de estribos ou o seu mau posicionamento, o uso de concreto de resistência inadequada e a ação de sobrecargas não previstas.

2.3.1.2 Esmagamento do concreto em vigas

De acordo com Thomaz (1989), a execução de vigas super armadas pode acarretar no surgimento de trincas na zona comprimida da viga, caracterizando o esmagamento do concreto. A manifestação típica deste processo é ilustrada na figura 6.

Figura 6: Esmagamento do concreto



Fonte: Helene (1992)

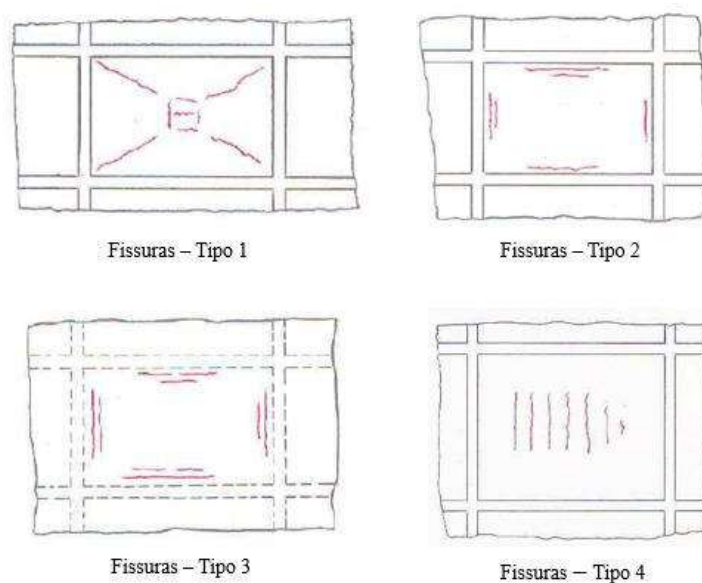
Além disso, Helene (1992) explica que o processo de esmagamento do concreto também pode ser ocasionado devido às sobrecargas não previstas no cálculo da estrutura e à utilização de concreto de resistência inadequada.

2.3.1.3 Fissuras em lajes

Para Thomaz (1989), o surgimento de fissuras em lajes pode apresentar aspectos que variam conforme as condições de contorno da laje (apoio livre ou engastado), a relação entre comprimento e largura, o tipo de armação e a natureza e intensidade da solicitação.

As manifestações típicas referentes a este processo podem ser observadas na Figura 7.

Figura 7: Fissuras em lajes



Fonte: Olivari (2003)

Helene (1992), discorre que as fissuras do tipo 1 podem ocorrer na face inferior da laje pela desforma precoce ou pela ação de sobrecargas não previstas. Além disso, essas fissuras também surgir devido ao comprimento de ancoragem insuficiente e a armadura insuficiente ou mal posicionada.

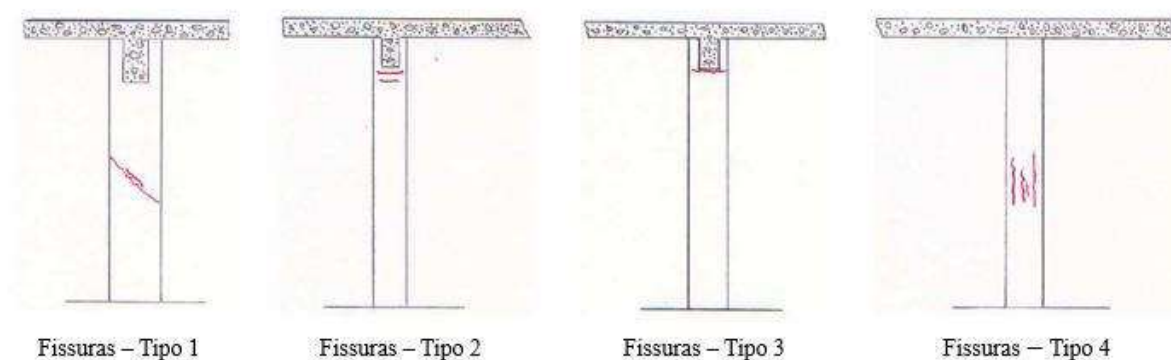
Outras manifestações que também podem ocorrer na face inferior da laje são às do tipo 2. De acordo com Olivari (2003), este processo pode ser ocasionado devido à espessura insuficiente do concreto ou à sobrecargas acima do previsto no cálculo estrutural. Já o surgimento das fissuras do tipo 3 ocorrem na face superior da laje, devido à sobrecargas não previstas ou à insuficiência ou mal posicionamento da armadura negativa.

Segundo Helene (1992), as fissuras do tipo 4 são relativas ao processo de retração hidráulica e contração térmica, cujas possíveis causas podem ser: a cura ineficiente do concreto, o excesso de água de amassamento, a proteção ineficiente ou o excesso de calor de hidratação.

2.3.1.4 Fissuras em pilar

De acordo com Thomaz (1989), o surgimento de fissuras nos pilares pode se manifestar nas direções vertical, horizontal ou, até, ligeiramente inclinadas. Essas manifestações podem ocorrer de diversas formas, conforme a Figura 8.

Figura 8: Fissuras em pilar



Fonte: Olivari (2003)

A manifestação de fissura em pilar do tipo 1 pode ser causada devido a recalques de fundação, a ação de cargas superiores a prevista e a utilização de concreto de resistência inadequada, explica Olivari (2003).

Conforme Helene (1992), o segundo tipo de fissura pode ser causado pela utilização de fôrmas não estanques, pelo uso de concreto muito fluido, pela realização de concretagem simultânea dos pilares, vigas e lajes e pelo mau adensamento do concreto. Já as fissuras do tipo 3 podem ser ocasionadas pelo excesso de cimento (exsudação) ou nata no topo do pilar.

Segundo Thomaz (1989), as fissuras do tipo 4 ocorrem aproximadamente no terço médio da altura do pilar, em função da diferença entre os módulos de deformação do agregado e da argamassa intersticial, acarretando na formação de superfícies de cisalhamento paralelas a direção do esforço de compressão, indicando a insuficiência dos estribos.

2.3.1.5 Corrosão das armaduras

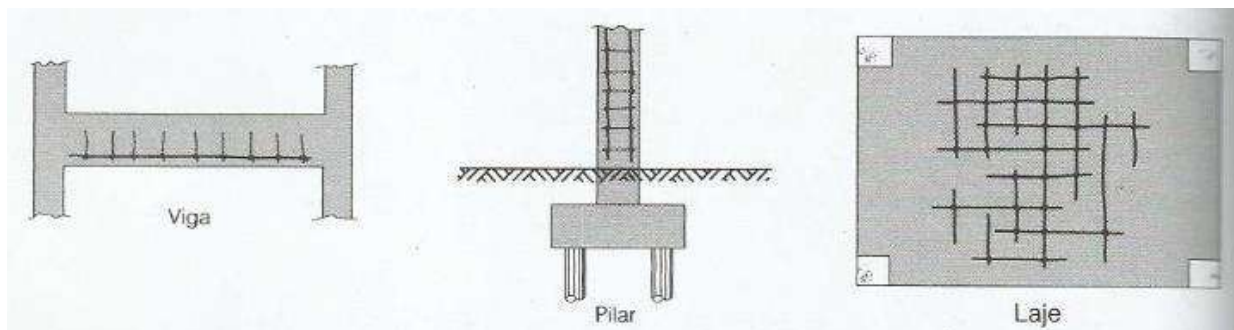
De maneira geral, para Souza *apud* Gentil (1998), a corrosão é a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a ações mecânicas.

No caso das barras de aço que estão imersas em concreto, a deterioração é caracterizada pela despassivação da superfície exterior das barras.

Thomaz (1989) diz que nas reações de corrosão ocorre um processo de expansão devido a produção de óxido de ferro, cujo volume é consideravelmente maior do que o do metal original, provocando o fissuramento do concreto nas áreas próximas às armaduras.

A manifestação típica ocasionada por este processo em vigas, pilares e lajes pode ser observada na Figura 9.

Figura 9: Manifestação típica de corrosão de armaduras em elementos estruturais



Fonte: Helene (1992).

Para Helene (1992), as causas prováveis referentes ao surgimento dessas fissuras podem estar relacionadas utilização de concreto com alta permeabilidade ou com porosidade elevada, à realização de cobrimento insuficiente da armadura e à má execução do serviço.

Segundo Timerman (2011) o processo é irreversível uma vez que iniciado, e ocorre pela interação eletroquímica do Ferro com o concreto, formando assim um efeito pilha.

Segundo Perdrix (1992) a velocidade de deterioração do aço é significativa após o processo de corrosão iniciar, e os fatores que a influenciam são: Teor de Umidade, a proporção de cloretos, a temperatura e a existência de macropores galvânicos.

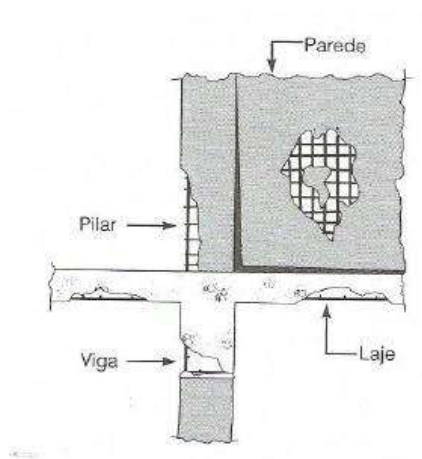
De acordo com Helene (1992) outra manifestação relacionada à corrosão de armaduras ocorre através do aparecimento de manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas na superfície. Neste caso, o diagnóstico pode estar relacionado a presença de agentes agressivos (cloretos) impregnados na estrutura ou incorporados involuntariamente ao concreto.

Para que a corrosão das armaduras não ocorra, Souza (1998) afirma que se faz necessário e suficiente que o pH do concreto seja uma solução básica, e que os agentes agressivos não atinjam as armaduras. Isso equivale a dizer que o concreto deve ser compacto, que a sua fissuração seja controlada e que o cobrimento das armaduras seja dimensionado corretamente, de acordo com o estado de tensão da peça e da agressividade do meio ambiente.

2.3.1.6 Ninhos de concretagem

Segundo Zuchetti (2015), a formação de ninhos de concretagem é ocasionada devido ao efeito da expansão volumétrica do aço, gerado por produtos químicos, como o óxido ferroso, decorrentes da corrosão das armaduras. Essa expansão das barras acarreta em um quadro de fissuração, resultando na desagregação do concreto, conforme demonstrado na Figura 10.

Figura 10: Ninhos de concretagem



Fonte: Helene (1992).

2.3.1.7 Eflorescências

Conforme explica Timerman (2011), a eflorescência é uma manifestação patológica causada por um problema sério chamado Lixiviação do concreto, que transporta os componentes alcalinos e passivastes do aço para a superfície do concreto, despassivando as armaduras e assim causando a corrosão das mesmas.

Ainda, segundo o autor, todos os concretos produzidos com cimento Portland normal conterão quantidades apreciáveis de hidróxido de cálcio, que é formado com o resultado de hidratação do C3S E C2S. O hidróxido de cálcio confere aos poros do concreto uma elevada alcalinidade, tendo-se um pH em torno de 12 (meio básico).

Em continuidade, Timerman (2011), explica que o Ca(OH)_2 é transportado pela água de amassamento, para a superfície do concreto, através de fissuras, juntas mal executadas ou por dispersão da água que penetra pelos poros do concreto. Quando está próximo à superfície reage com o anidrido carbônico, formando assim o carbonato de cálcio, que é esbranquiçado que abaixa o pH da solução para 9,4. Essa reação é chamada de carbonatação.

As eflorescências podem ser classificadas por:

- a) De origem primária: ocorre durante as primeiras horas de cura do concreto, pois a água de amassamento vai para a superfície transportando o Ca(OH)_2 ;
- b) De origem secundária: ocorre devido à dissolução do hidróxido de cálcio ao longo dos anos.

2.3.1.8 Desagregação do concreto

Consiste na desintegração do concreto, com este perdendo sua propriedade de aglomerante.

Souza e Ripper (1998) entendem a desagregação do concreto, como a separação física do mesmo em fatias, de modo que a estrutura acaba por perder a capacidade resistente a esforços na região desagregada.

Cánovas (1988) afirma que os componentes do concreto perdem sua coesão, reduzindo significativamente a resistência mecânica.

Vários são os fatores que podem ser causadores da desagregação: fissuração, movimentação das formas, corrosão do concreto, ataques biológicos, ataques químicos e o fenômeno da calcinação que consiste na perda de resistência e mudança de cor do concreto, que ocorre quando o mesmo se encontra na presença de fogo e começa a se desintegrar em uma temperatura próxima à 600°C . A Figura 11 ilustra uma viga em processo de desagregação.

Figura 11: Desagregação do concreto em viga



Fonte: Araldi, 2013.

2.3.2 Incorreção na consideração de juntas de dilatação

Segundo Thomaz (1989), os elementos estruturais que compõem uma construção estão expostos à variação de temperatura tanto sazonais como diárias, o que leva a uma variação dimensional dos mesmos (dilatação ou contração), sendo muitas vezes restringidos por vínculos que os envolvem e por consequência geram tensões que podem provocar fissuração.

Diante deste problema devem ser executadas juntas de dilatação, que são elementos que consistem em uma separação entre as partes de uma estrutura para que estas possam movimentar-se sem haver transmissão de esforços de uma para outra, agindo como corpos isolados. Podemos citar como exemplos de construções onde são aplicadas estas juntas, prédios grandes, pontes, placas de pavimentação entre outros.

Em casos de ausência de juntas ou de uma má execução da mesma, provavelmente irão ocorrer problemas. Como já citado, em caso onde há a ausência provavelmente irão ocorrer fissurações, como também em casos de má execução como, por exemplo, permitir a entrada de elementos rígidos em meio à junta, ligando as duas partes que deveriam estar separadas. A Figura 12 mostra um pilar no qual houve falha no momento da concretagem, de maneira que o concreto em certa porção uniu os dois pilares de modo que com o passar do tempo e a ocorrência de variação volumétrica, inevitavelmente ocorreu uma fissuração. Neste caso, outras anomalias que podem vir a ocorrer são os ataques por agentes nocivos, que poderão penetrar pela fissura e causar corrosões, conforme ilustrado na figura 12.

Figura 12: Falha em junta de dilatação



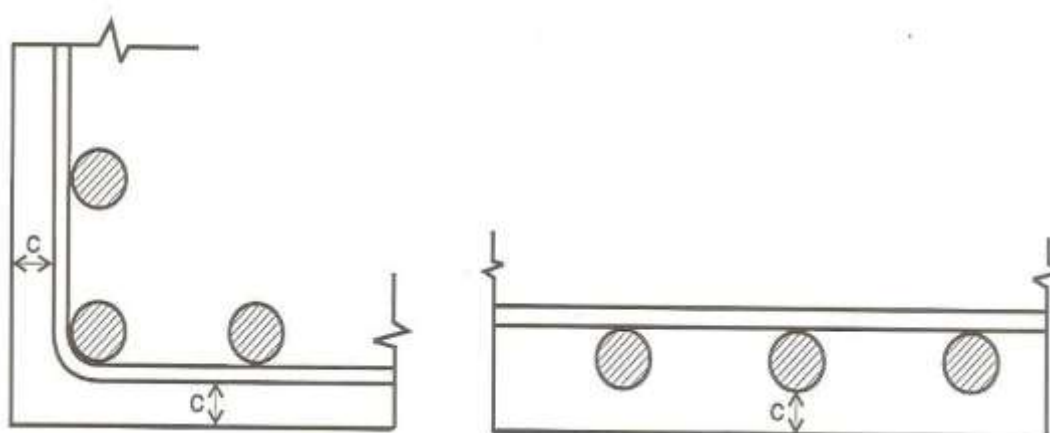
Os problemas quanto à deficiência de impermeabilização das juntas são frequentes, devendo-se torná-las estanques por meio de materiais adequados que formam uma película protetora. Segundo Helene (1992), as superfícies das estruturas podem ser protegidas através de pinturas impermeabilizantes que atuam como barreira de baixa permeabilidade não somente para a água ou vapor d'água, mas também para gases.

Essa medida preventiva aliada a métodos ou procedimentos de pintura adequados é cabível para toda e qualquer estrutura por protegê-las da incidência de umidade e de possíveis agentes de deterioração que a utilizam como meio e que podem ocasionar outros problemas patológicos.

2.3.3 Cobrimento de armaduras

O cobrimento de armadura é a espessura de concreto entre a armadura e o limite ao meio externo do elemento estrutural, conforme figura 13.

Figura 13: Camada de cobrimento de armadura.



Legenda: c = espessura de cobrimento

Fonte: Fusco (2007)

2.3.3.1 Função do cobrimento de armadura

A função do concreto de cobrimento, segundo Campos (2013), é propiciar proteção física, química e mecânica ao concreto armado. A barreira formada entre o meio ambiente externo e a armadura de aço é essencial para a durabilidade e bom desempenho da estrutura impedindo a formação de mecanismos que provocariam a corrosão.

Takata (2009), explica que a proteção física é propiciada pela impermeabilidade do concreto e é resultado da qualidade do concreto, de boa compactidade, homogeneidade e apropriado teor de argamassa. A proteção química é proporcionada a partir de uma

película protetora da armadura, formada em ambientes alcalinos. Como o cobrimento é a camada externa da estrutura também proporciona proteção mecânica contrachocos que a estrutura eventualmente possa sofrer.

A camada de cobrimento deve proteger todas as barras de armadura, assim deve ser medida a partir das barras mais próximas ao limite da superfície da peça, devendo ser incluído estribos e armaduras secundárias, afirma Fusco (2007). Segundo Menezes e Azevedo (2009), quando o concreto não for adequado ou não houver total cobertura das barras de armadura, ocasionando a corrosão das mesmas, as consequências patológicas são crônicas e evolutivas. Das fissuras, as estruturas podem chegar ao colapso.

Conforme, Freire (2005), a espessura do cobrimento da armadura contribui para o controle da movimentação dos íons agressivos ao interior da estrutura, de modo que, quanto maior a espessura, maior será o intervalo de tempo até que as concentrações dos íons atinjam a armadura. Desse modo, a qualidade do concreto quanto a baixa penetrabilidade e a espessura do concreto atuam em conjunto. Desse modo a NBR 6118/14, estipula o cobrimento da armadura conforme classe ambiental ao qual a edificação está inserida, conforme Tabela 4.

A Tabela 4 abaixo estipula o cobrimento da armadura conforme classe ambiental ao qual a edificação está inserida.

Tabela 4: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$

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

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

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

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

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

Fonte: NBR 6118/14

Quanto a causa de problemas patológicos causados por deficiência ou erros na colocação das armaduras, Souza e Ripper (2009) descreve que os espaçadores adequados são fundamentais para garantir o correto posicionamento das barras de armaduras.

2.3.3.2 Falha na pintura (Patologias e causas).

Os fatores que estão diretamente relacionados às patologias das tintas vão desde a escolha do produto e a preparação da superfície até as condições climáticas. Antes de começar a pintura, é necessário pesquisar qual a tinta mais adequada para a situação, pois no mercado existem produtos específicos para cada ambiente e superfície. Optar por uma tinta inadequada pode comprometer todo o trabalho. “A ausência de preparação da superfície ou sua realização de maneira insuficiente fará com que a pintura apresente pulverulência, contaminações, sujeiras, bolor, materiais soltos e substrato poroso” (Freire, AECweb).

Também ocorrem problemas em tintas aplicadas em paredes instáveis, como quando a argamassa ou o concreto ainda não curaram ou se a superfície está deteriorada ou friável. Para pintar um reboco novo, deve-se aguardar cerca de 28 dias para a cura.

Condições meteorológicas inadequadas como a exposição excessiva ao sol, a umidade e ventos fortes, também são fatores que influenciam no resultado final da pintura. “Por exemplo, após período chuvoso, é necessário aguardar pelo menos três dias de estiagem para que a umidade absorvida pela alvenaria evapore”. Já a incidência da luz solar na parede pode fazer com que o solvente evapore rapidamente, antes do necessário para a tinta curar, (Freire, AECweb):

“Eflorescência	são manchas esbranquiçadas que surgem na superfície pintada. Esse problema acontece quando a tinta é aplicada sobre o reboco úmido. A liberação de vapor deposita materiais alcalinos na parede, o que causa as manchas.
Saponificação	é o estágio seguinte da eflorescência. Se as manchas não forem tratadas, a superfície começa a apresentar aspecto pegajoso, o que provoca o retardamento da secagem dos esmaltes.
Descascamento de alvenaria	placas de tinta que se soltam da parede. Acontece quando a superfície a ser pintada está empoeirada ou com partes soltas, tais como: caiação e reboco novo não lixado.
Mofo	surgimento de manchas escurecidas e que exalam fortes odores. Aparece em ambientes úmidos ou com frequentes mudanças de temperatura. Outro fator que pode contribuir para a proliferação dos fungos é a pouca

	iluminação, pois favorece o desenvolvimento dos micro-organismos causadores do problema.
Bolhas	podem aparecer bolhas sobre a superfície pintada quando se utiliza massa corrida em ambientes externos, o que proporciona a absorção de umidade. Repinturas sobre paredes onde não se tenha extraído toda a poeira ou reaplicação de uma tinta sobre outra de má qualidade sem as devidas preparações também são fatores que podem influenciar no aparecimento das bolhas.
Enrugamento	a pintura apresenta aspecto enrugado devido a uma aplicação excessiva do produto, seja em uma ou em sucessivas demãos, em que a primeira não foi convenientemente seca. A superfície também pode ficar enrugada quando a secagem é feita sob intensa incidência do sol.
Crateras	o surgimento de crateras pode acontecer devido à presença de óleo, graxa ou água na superfície. Também ocorre quando a tinta é diluída com materiais não recomendados como gasolina ou querosene.
Desagregamento	destruição da pintura, que se esfarela e se destaca da superfície juntamente com partes do reboco. Este problema ocorre quando a tinta é aplicada antes da cura do reboco.”

3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Neste capítulo mostra-se o método de avaliação e classificação das manifestações patológicas identificadas no prédio estudado do presente trabalho.

Para a verificação da estrutura do prédio deste trabalho, foram realizadas visitas técnicas ao local, para inspeção e cadastramento das manifestações patológicas, lá presentes.

3.2 Método de determinação da incidência e área de influência das manifestações patológicas

A metodologia utilizada para classificação da incidência das manifestações patológicas do prédio estudado, foi classificado devido a sua área de influência.

Ressalto que o termo incidência deve ser entendido, no escopo deste trabalho como: a quantidade de vezes que determinada situação se repete na estrutura estudada, e ‘área de influência’ entende-se como: a área que teria que ser reparada para sanar o devido problema.

A correlação entre a incidência do defeito e as áreas de influência das manifestações patológicas encontradas com as análises e comparativos correspondentes denominamos de G.D grau de deterioração da estrutura visando ilustrar e facilitar o entendimento sobre as informações levantadas.

3.2.1 Vistoria da edificação

Para levantamento dos dados e consequentemente a área de influência e a incidência das manifestações patológicas fossem determinadas e cadastrado, foi necessário a inspeção da estrutura em campo.

Foram registrados todos os problemas encontrados na estrutura como fissuras, exposição de armaduras, desagregação do concreto etc.

Realizado inspeção criteriosa e detalhada, de todos os níveis do prédio, com relatório de fotos e mapeamento das manifestações.

Para a inspeção foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- Projeto impresso de todos os pavimentos;
- Trena de aço;

- Caneta;
- Prancheta

3.3 Determinação da área de influência das manifestações patológicas

Para que o levantamento da área de influência das manifestações patológicas da estrutura fosse realizado, um padrão foi criado para que todos os tipos de defeito pudessem ser classificados de um mesmo modo. Esse padrão de classificação foi feito com base no trabalho Calisto, Bonfim e Wood (2017) e também do trabalho de Tavares, Ávila e Almeida (2011).

Portanto, a área de influência de fissurações, desagregação do concreto e outros tipos de defeitos encontrados na estrutura foram medidas e calculadas conforme descrito abaixo e indicado em esquema da Tabela 5.

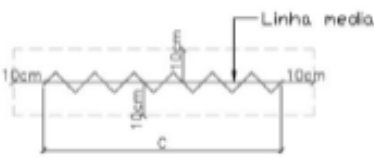
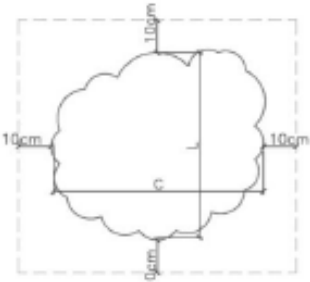
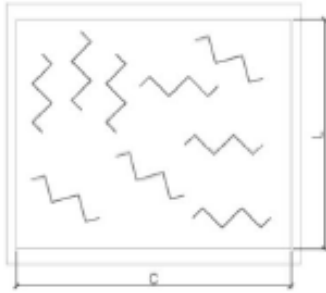
Pontual: Para manifestações patológicas pontuais, considera-se 10 cm para cada sentido e direção a partir do ponto afetado, resultando em uma área de influência de 0,04 m² (20x20cm). 0,04 em linha com a tabela 5.

Linear: Para manifestações patológicas lineares, considera-se o comprimento do mesmo acrescido de 10 cm para cada sentido e a largura sendo 10 cm para sentido transversalmente a mesma. $0,2 C + 0,04$ conforme ilustrado na tabela 5.

Área: Para manifestações patológicas com área qualquer se considera seu comprimento e largura aproximados de 2 eixos perpendiculares quaisquer acrescidos de 10 cm para cada direção e sentido, conforme ilustrado na tabela 5 abaixo.

Peça inteira: Para manifestações patológicas que acometem toda a face da peça estrutural (em diversos pontos), considera-se como área de influência toda a área da face em questão. conforme possível ver na tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Manifestações patológicas (M.P) identificadas em toda a estrutura e duas respectivas áreas

CROQUI	TIPO	CALCULO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA (m ²)	DESCRIÇÃO
	Pontual	0,04	Para M.P. pontuais, considera-se 10 cm para cada sentido e direção a partir do ponto afetado, resultando em uma área de influência de 0,04 m ² (20 x 20 cm).
	Linear	$0,2C + 0,04$	Para M.P. lineares, considera-se o comprimento da mesma, acrescido de 10cm para cada sentido e a largura sendo 10 cm para sentido transversalmente à mesma.
	Área qualquer	$(C + 0,20) \times (L + 0,20)$	Para M.P. com área qualquer, considera-se seu comprimento e largura aproximados de 2 eixos perpendiculares quaisquer acrescidos de 10 cm para cada direção e sentido.
	Peça inteira (face)	$C \times L$ (de acordo com projeto estrutural)	Para M.P. que acometem toda a face da peça estrutural (em diversos pontos), considera-se como área de influência toda a área da face em questão.

O acréscimo de 10 cm para cada sentido a partir da manifestação patológica para estimar a área de influência foi obtido com base no livro Trincas em Edifícios causas, prevenção e recuperação de Ercio Thomaz, com todo conteúdo ilustrativo, formulas e método de levantamento de campo baseados no estudo de caso Calisto, Bonfim e Wood (2017).

4 ESTUDO DE CASO

Neste estudo de caso a caracterização da estrutura estudada será apresentada, bem como uma breve descrição do desenvolvimento da pesquisa em campo e da coleta de dados realizada.

4.1 Edificação estudada

A estrutura em estudo deste trabalho, está situada na empresa Suzano papel e Celulose unidade Limeira - SP na Estrada do Lajeado, S/Nº - Bairro do Lajeado, Limeira – SP (Figura 14).

O prédio foi construído em 1978 sendo a primeira linha de produção de celulose construída na unidade. Na área existe diversos equipamentos e ocorre a manipulação de produtos quimicamente agressivo as estruturas de concreto como sulfato de magnésio, dessa forma expondo a estrutura a condições de que propicio o início do processo de degradação, grau de agressividade IV.

O prédio é uma estrutura de concreto armado, possui três pavimentos, em todos os pavimentos temos equipamentos instalados que influenciam nas estruturas de concreto armado de alguma forma sendo através de contato físico entre ambas as partes ou através da geração de vapor ou por queda de produtos armazenado, no terceiro pavimento fica o painel de operações (Figuras 15 a 20).

Para o levantamento ser assertivo, a divisão da estrutura foi elaborada da seguinte forma:

- Térreo – Pilares e piso
- 1º pavimento – Pilares, vigas e lajes.
- 2º pavimento – Pilares, vigas e lajes.
- 3º pavimento – Pilares, vigas e lajes.
- Mezanino – Pilares, vigas e lajes

A Figura 14. Trata-se de uma vista aérea da estrutura estudada, no caso, o prédio da linha de fibras A e B da Suzano papel e celulose. Nota-se um ambiente industrial no qual a mesma está inserida, próximo a tanques e tubulações do processo de produção de papel e celulose. É possível observar também sua dimensão e método construtivo.

Figura 14: Vista de cima do prédio



Em continuidade a caracterização e compreensão do espaço estudado, tem-se a Figura 15 a baixo demonstrando a vista frontal do prédio. Observa-se uma estrutura alta, sem paredes, especificamente adequado a atividade de produção. Pode ser notado também os equipamentos ali instalados que contribuem com a deterioração do prédio mediante a ataques químicos e exigências estruturais como transmissão de cargas e movimentações.

Figura 15: Vista da frente do prédio



Estrutura em concreto armada em vista dos fundos na Figura 16, onde é possível observar a junta de dilatação que divide os dois prédios, local onde foi observado a maior parte da anomalias identificadas na estrutura através de inspeções visual nível 1.

Figura 16: Vista do fundo



4.2 Desenvolvimento da pesquisa de campo

Definida a metodologia e a forma da elaboração do estudo de caso, iniciamos as atividades de inspeção e levantamento das manifestações patológicas da estrutura do prédio da linha de fibras A-B.

As visitas para mapeamento e levantamento de dados ocorreram em 5 oportunidades onde primeiramente foi realizado o registro fotográfico de toda a estrutura do prédio ficando para segunda e terceira oportunidade o levantamento de medidas e determinação das patologias presente na estrutura, a quarta e quinta visita foi reservada para confirmações e dúvidas. Identificamos nas inspeções 8 tipos distintos de anomalias consideradas manifestações patológicas: corrosão no aço, exposição de armação, desagregação de concreto, fissura, falha em vedação de juntas, falta de recobrimento do concreto e eflorescência.

Não foram cadastrados, medidos e considerados nesta análise os erros de execução, como desnível em lajes, e peças fora de esquadro.

4.3 Levantamento de dados.

Em inspeção foi detalhado todas as manifestações patológicas verificadas, foram catalogadas conforme as tabelas a seguir, com a localização no croqui, do tipo de peça

estrutural onde se encontrava e a área de influência de cada defeito, medida conforme a metodologia apresentada no item 3.2 do presente relatório.

O registro do levantamento quantitativo foi dividido por pavimento. As manifestações patológicas das lajes foram verificadas na face inferior de cada laje bem como na superfície de cima.

As manifestações patológicas encontradas em pisos correspondem ao pavimento térreo, quadro 1

Quadro 1: Mapeamento das manifestações patológicas

Térreo			
Nº Item	Peça estrutural	Tipo	Área de influência
1	Piso	Fissura	70,00 m²
2	Piso	Desagregação do concreto	6,00 m²
3	Piso	Falha na vedação	55,00 m²
4	Piso	Exposição de armação	0,00 m²
5	Piso	Corrosão no aço	0,00 m²
6	Piso	Falta de recobrimento	0,00 m²
7	Piso	Falha na pintura	0,00 m²
8	Piso	Eflorescência	0,00 m²
9	Pilar	Fissura	27,00 m²
10	Pilar	Desagregação do concreto	12,00 m²
11	Pilar	Falha na vedação	29,00 m²
12	Pilar	Exposição de armação	11,50 m²
13	Pilar	Corrosão no aço	11,50 m²
14	Pilar	Falta de recobrimento	0,00 m²
15	Pilar	Falha na pintura	16,00 m²
16	Pilar	Eflorescência	0,00 m²

Fonte: própria

Abaixo as manifestações patológicas encontradas no 1º pavimento, quadro 2.

Quadro 2: Mapeamento das manifestações patológicas

1º Pavimento			
18	Pilar	Fissura	18,50 m²
19	Pilar	Desagregação do concreto	7,00 m²
20	Pilar	Falha na vedação	29,00 m²
21	Pilar	Exposição de armação	5,50 m²
22	Pilar	Corrosão no aço	5,50 m²
23	Pilar	Falta de recobrimento	0,00 m²
24	Pilar	Falha na pintura	8,50 m²
25	Pilar	Eflorescência	0,00 m²
26	Viga	Fissura	16,00 m²
27	Viga	Desagregação do concreto	32,00 m²
28	Viga	Falha na vedação	12,00 m²
29	Viga	Exposição de armação	17,00 m²
30	Viga	Corrosão no aço	17,00 m²
31	Viga	Falta de recobrimento	2,50 m²
32	Viga	Falha na pintura	0,00 m²
33	Viga	Eflorescência	0,00 m²
34	Laje	Fissura	18,00 m²
35	Laje	Desagregação do concreto	9,00 m²
36	Laje	Falha na vedação	0,00 m²
37	Laje	Exposição de armação	6,00 m²
38	Laje	Corrosão no aço	6,00 m²
39	Laje	Falta de recobrimento	0,00 m²
40	Laje	Falha na pintura	0,00 m²
41	Laje	Eflorescência	2,00 m²

Fonte: própria

Na sequência do levantamento segue abaixo as manifestações patológicas encontradas no 2º pavimento, quadro 3.

Quadro 3: Mapeamento das manifestações patológicas

2º Pavimento			
43	Pilar	Fissura	23,00 m ²
44	Pilar	Desagregação do concreto	16,50 m ²
45	Pilar	Falha na vedação	29,00 m ²
46	Pilar	Exposição de armação	7,00 m ²
47	Pilar	Corrosão no aço	7,00 m ²
48	Pilar	Falta de recobrimento	0,00 m ²
49	Pilar	Falha na pintura	21,00 m ²
50	Pilar	Eflorescência	0,00 m ²
51	Viga	Fissura	11,00 m ²
52	Viga	Desagregação do concreto	26,00 m ²
53	Viga	Falha na vedação	12,00 m ²
54	Viga	Exposição de armação	21,00 m ²
55	Viga	Corrosão no aço	21,00 m ²
56	Viga	Falta de recobrimento	2,00 m ²
57	Viga	Falha na pintura	0,00 m ²
58	Viga	Eflorescência	0,00 m ²
59	Laje	Fissura	24,00 m ²
60	Laje	Desagregação do concreto	16,00 m ²
61	Laje	Falha na vedação	0,00 m ²
62	Laje	Exposição de armação	13,00 m ²
63	Laje	Corrosão no aço	13,00 m ²
64	Laje	Falta de recobrimento	4,00 m ²
65	Laje	Falha na pintura	0,00 m ²
66	Laje	Eflorescência	6,00 m ²

Fonte: própria

Abaixo as manifestações patológicas encontradas no 3º pavimento, Quadro 4.

Quadro 4: Mapeamento das manifestações patológicas

3º Pavimento			
68	Pilar	Fissura	34,00 m ²
69	Pilar	Desagregação do concreto	24,00 m ²
70	Pilar	Falha na vedação	4,50 m ²
71	Pilar	Exposição de armação	23,00 m ²
72	Pilar	Corrosão no aço	23,00 m ²
73	Pilar	Falta de recobrimento	0,00 m ²
74	Pilar	Falha na pintura	42,00 m ²
75	Pilar	Eflorescência	0,00 m ²
76	Viga	Fissura	41,70 m ²
77	Viga	Desagregação do concreto	27,50 m ²
78	Viga	Falha na vedação	0,00 m ²
79	Viga	Exposição de armação	25,00 m ²
80	Viga	Corrosão no aço	25,00 m ²
81	Viga	Falta de recobrimento	0,00 m ²
82	Viga	Falha na pintura	52,50 m ²
83	Viga	Eflorescência	0,00 m ²
84	Laje	Fissura	42,00 m ²
85	Laje	Desagregação do concreto	31,00 m ²
86	Laje	Falha na vedação	12,00 m ²
87	Laje	Exposição de armação	23,00 m ²
88	Laje	Corrosão no aço	23,00 m ²
89	Laje	Falta de recobrimento	5,00 m ²
90	Laje	Falha na pintura	4,50 m ²
91	Laje	Eflorescência	0,00 m ²
92	Beiral	Fissura	23,50 m ²
93	Beiral	Desagregação do concreto	33,00 m ²
94	Beiral	Falha na vedação	0,00 m ²
95	Beiral	Exposição de armação	25,00 m ²
96	Beiral	Corrosão no aço	25,00 m ²
97	Beiral	Falta de recobrimento	0,00 m ²
98	Beiral	Falha na pintura	12,50 m ²
99	Beiral	Eflorescência	0,00 m ²

Fonte: própria

Finalizando o levantamento segue abaixo as manifestações encontradas no Mezanino, Quadro 5.

Quadro 5: Mapeamento das manifestações patológicas

Mezanino			
101	Pilar	Fissura	11,00 m ²
102	Pilar	Desagregação do concreto	15,00 m ²
103	Pilar	Falha na vedação	3,00 m ²
104	Pilar	Exposição de armação	14,00 m ²
105	Pilar	Corrosão no aço	14,00 m ²
106	Pilar	Falta de recobrimento	0,00 m ²
107	Pilar	Falha na pintura	2,00 m ²
108	Pilar	Eflorescência	0,00 m ²
109	Viga	Fissura	7,50 m ²
110	Viga	Desagregação do concreto	5,50 m ²
111	Viga	Falha na vedação	0,00 m ²
112	Viga	Exposição de armação	5,00 m ²
113	Viga	Corrosão no aço	5,00 m ²
114	Viga	Falta de recobrimento	0,00 m ²
115	Viga	Falha na pintura	17,00 m ²
116	Viga	Eflorescência	0,00 m ²
117	Laje	Fissura	0,50 m ²
118	Laje	Desagregação do concreto	4,50 m ²
119	Laje	Falha na vedação	0,00 m ²
120	Laje	Exposição de armação	4,50 m ²
121	Laje	Corrosão no aço	4,50 m ²
122	Laje	Falta de recobrimento	6,00 m ²
123	Laje	Falha na pintura	0,00 m ²
124	Laje	Eflorescência	0,00 m ²

Fonte: própria

4.4 Levantamento fotográfico.

Apresentamos aqui algumas fotografias registradas durante as inspeções no local, para ilustrar as manifestações patológicas mais incidentes em cada pavimento. As fotos em sua totalidade encontram-se registradas encontram-se no anexo deste trabalho.

Abaixo segue tabela 6 com algumas das manifestações patológicas do pavimento térreo.

Tabela 6: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento térreo.

 <i>Figura 17: Desagregação e exposição do aço com corrosão em pilar</i>	 <i>Figura 18: Aço com corrosão severa em pilar</i>
 <i>Figura 19: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em pilar</i>	 <i>Figura 20: Corrosão com perda da seção do aço</i>

Fonte: própria

A tabela 7 apresenta algumas das manifestações patológicas do primeiro pavimento, ao qual demonstra patológicas específicas. Ilustrado através das fotos tiradas do local as manifestações presentes nesse pavimento da edificação demonstra a presença de manchas na estrutura, oriundas de vazamentos do processo de produção da área.

Tabela 7: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento 1º pavimento.



Figura 21: Desagregação do concreto da viga do 1º pavimento



Figura 22: Contato com produtos químicos na viga da 1ª laje



Figura 23: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em viga



Figura 24: Contato com produtos químicos

Fonte: própria

Na tabela 8 apresenta-se algumas das manifestações patológicas encontradas mais na parte interna do segundo pavimento. Nota-se bastante interferência, tais como: tubulações do processo, tubos de andaime e equipamentos. É possível observar também fissuras com percolação de produtos.

Tabela 8: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento 2º pavimento



Figura 25: Desagregação do concreto da viga do 1º pavimento.



Figura 26: Contato com produtos químicos na viga da 1ª laje



Figura 27: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em viga



Figura 28: Contato com produtos químicos

Fonte: própria

Em continuidade tem-se na tabela 9 algumas das manifestações patológicas encontradas no segundo pavimento, considerando mais a parte externa. Foi identificado, como consta na figura 32, vazamentos de um dos equipamentos da área, no caso, um filtro de celulose. O produto penetra na junta de dilatação dos prédios e cai as estruturas de concreto dos pavimentos inferiores.

Tabela 9: Fotografias ilustrando manifestações patológicas mais verificadas no pavimento 3º pavimento

 <i>Figura 29: Desagregação do concreto da viga do 1º pavimento.</i>	 <i>Figura 30: Contato com produtos químicos na viga da 1ª laje.</i>
 <i>Figura 31: Desagregação do concreto e exposição do aço com corrosão em viga</i>	 <i>Figura 32: Contato com produtos químicos</i>

Fonte: própria

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante dos esforços de compreensão teórica e da realização dos procedimentos metodológicos em busca de atingir os objetivos delimitados, foi possível produzir resultados advindos dos levantamentos realizados em campo, no qual proporcionou a determinação da incidência dos defeitos e quantidade de áreas influenciadas pelas manifestações patológicas, G.D Grau de Deterioração que é a correlação entre a incidência do defeito e as áreas de influência das manifestações patológicas encontradas com as análises e comparativos correspondentes.

5.1 Manifestações patológicas na estrutura em geral

O prédio inspecionado foi analisado em sua totalidade, sendo quantificado suas áreas de influência.

O prédio estudado apresenta 7.061,85 m² de área de concreto, destes, 1.419,00 m² possuem algum tipo de manifestação patológica, o que representa 20,09% da área total de superfície de concreto, Tabela 10.

Tabela 10: Área total de superfície de concreto e área afetada por manifestações patológicas

ÁREA TOTAL DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO (M ²)	ÁREA INFLUENCIADA POR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS. (M ²)	ÁREA INFLUENCIADA POR MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA G.D. (%)
7.061,85	1.419,00	20,09

Fonte: própria

É possível notar na Tabela 15 e no Gráfico 1, que a manifestação patológica mais frequente no prédio estudado (25,86% dos casos, 367,00 m²) foi fissuras, atingindo 5,20 % da área de superfície de concreto da estrutura do prédio.

A segunda manifestação patológica mais frequente na estrutura do prédio é a desagregação do concreto, que representa 18,46% das manifestações patológicas (262,00 m²) e 3,71% da área total de concreto, Tabela 11

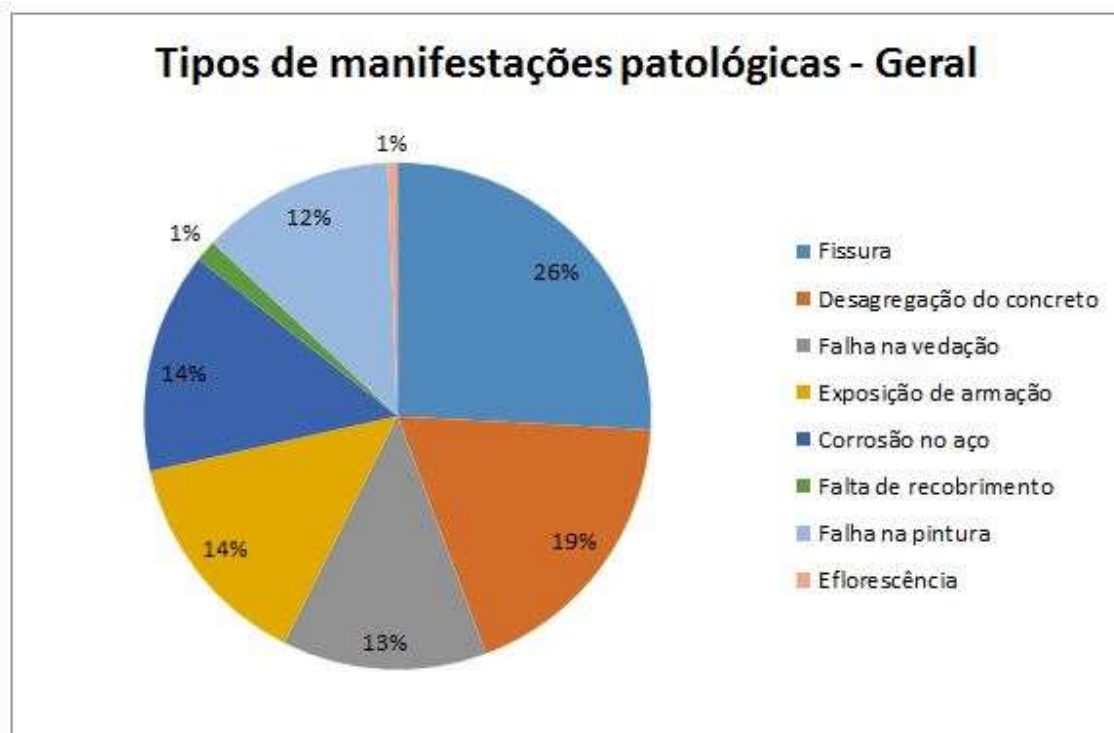
Tabela 11: Área total de superfície de concreto e área afetada por manifestações patológicas.

TIPO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	ÁREA DE INFLUÊNCIA (M²)	INCIDÊNCIA – em relação ao total de MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA (%)	INCIDÊNCIA – em relação a área total de superfície de concreto (%)
Fissura	367,00	25,86	5,20
Desagregação do concreto	262,00	18,46	3,71
Falha na vedação	185,50	13,07	2,62
Exposição de armação	200,50	14,12	2,84
Corrosão no aço	200,50	14,12	2,84
Falta de recobrimento	19,50	1,37	0,28
Falha na pintura	176,00	12,40	2,49
Eflorescência	8,00	0,60	0,11

Fonte: própria

O Gráfico 1 a seguir ilustra o percentual das manifestações patológicas encontradas em todo o prédio.

Gráfico 1: Manifestações patológicas identificadas em toda a estrutura e suas respectivas áreas de influência



5.2 Manifestações patológicas por pavimentos

Analizando os dados obtidos através das inspeções, constata-se que as manifestações patológicas encontradas são as mesmas em todo o pavimento, conforme apresentado abaixo.

5.2.1 Pavimento Térreo

No pavimento térreo foi encontrado principalmente fissuras no piso muito provavelmente causado por falta de juntas de dilatação e movimentação, as fissuras representam 40,75 % dos defeitos identificados nas estruturas (área de 97,00 m² de manifestações patológicas em uma área de concreto de 737,38 m²), conforme se observa Tabela 12.

Tabela 12: Manifestações patológicas identificadas no pavimento térreo

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m ²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica no pavimento G.D. (%)
Fissura	97,00	40,75
Desagregação do concreto	18,00	7,56
Falha na vedação	84,00	35,3
Exposição de armação	11,50	4,83
Corrosão no aço	11,50	4,83
Falta de recobrimento	0,00	0,00
Falha na pintura	16,00	6,72
Eflorescência	0,00	0,00

Fonte: própria

O Gráfico 2 ilustra o percentual das manifestações patológicas encontradas em pisos e pilares do pavimento térreo.

Gráfico 2: Manifestações patológicas identificadas em piso e pilares do pavimento térreo



5.2.2 Primeiro Pavimento

No 1º pavimento (1ª laje, vigas e pilares que a sustentam) foi identificado principalmente fissuras e desagregação do concreto da estrutura, que representa 24,82% e 22,70% dos defeitos verificados neste andar (área de 100,50 m² de manifestações patológicas em uma área de concreto de 1.147,13 m²) conforma Tabela 13.

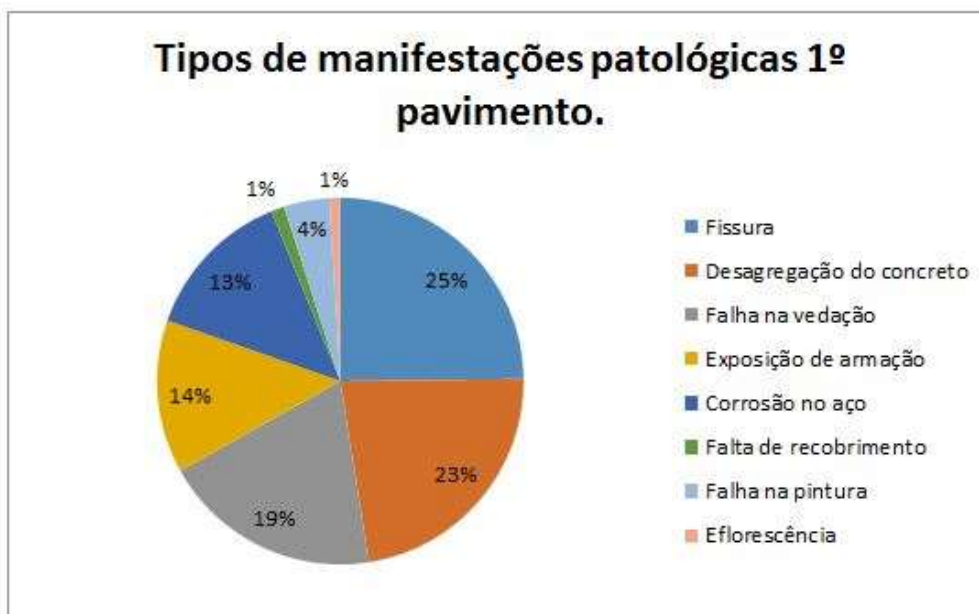
Tabela 13: Manifestações patológicas identificadas no 1º pavimento

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D. (%)
Fissura	52,50	24,82
Desagregação do concreto	48,00	22,7
Falha na vedação	41,00	19,4
Exposição de armação	28,50	13,50
Corrosão no aço	28,50	13,50
Falta de recobrimento	2,5	1,18
Falha na pintura	8,5	4,02
Eflorescência	2	0,94

Fonte: própria

Baseado na Tabela 13 apresenta-se gráfico 3.

Gráfico 3: Manifestações patológicas identificadas em pilares, vigas e lajes do 1º Pavimento.



5.2.3 Segundo Pavimento

No 2º pavimento (2ª laje, vigas e pilares que a sustentam), assim como no 1º pavimento, foi verificado principalmente desagregação do concreto da estrutura e fissuras, que representa 21,47% e 21,28% dos defeitos verificados neste andar (área de 116,50 m² de manifestações patológicas em uma área de concreto de 1.147,13 m²), conforme Tabela 14 e Gráfico 4.

Tabela 14: Manifestações patológicas identificadas no 2º pavimento

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica (%)
Fissura	58,00	21,28
Desagregação do concreto	58,50	21,47
Falha na vedação	41,00	15,05
Exposição de armação	41,00	15,05
Corrosão no aço	41,00	15,05
Falta de recobrimento	6,00	2,20
Falha na pintura	21,00	7,70
Eflorescência	6,00	2,21

Fonte: própria

O Gráfico 4 ilustra o percentual das manifestações patológicas encontradas no segundo pavimento.

Gráfico 4: Manifestações patológicas identificadas no 2º pavimento



5.2.4 Terceiro Pavimento

No 3º pavimento (Vigas, pilares e beiral) falha na pintura e fissuras foram as manifestações patológicas identificadas com maior quantidade na estrutura, que representa 24,29% e 22,40% dos defeitos verificados neste andar (área de 205,5 m² de manifestações patológicas em uma área de concreto de 3.590,18 m²), conforme Tabela 15.

Tabela 15: Manifestações patológicas identificadas no 3º pavimento.

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D. (%)
Fissura	140,50	24,18
Desagregação do concreto	115,50	19,87
Falha na vedação	16,50	2,83
Exposição de armação	96,00	16,52
Corrosão no aço	96,00	16,52
Falta de recobrimento	5,00	0,89
Falha na pintura	111,50	19,19
Eflorescência	0,00	0

Fonte: própria

O Gráfico 5 foi baseado na Tabela 15.

Gráfico 5: Manifestações patológicas identificadas no 3º pavimento



5.2.5 Mezanino

No Mezanino (Vigas, pilares e beiral), foi verificado principalmente falha na pintura e fissuras, que representam 31,94% dos defeitos verificados neste andar (área de 38,00 m² de manifestações patológicas em uma área de concreto de 440,43 m²), conforme Tabela 16.

Tabela 16: Manifestações patológicas identificadas no Mezanino

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D. (%)
Fissura	19,00	15,97
Desagregação do concreto	25,00	21,00
Falha na vedação	3,00	2,52
Exposição de armação	23,50	19,74
Corrosão no aço	23,50	19,74
Falta de recobrimento	6,00	5,04
Falha na pintura	19,00	15,97
Eflorescência	0,00	0,00

Fonte: própria

Gráfico 6 a seguir, está baseado na Tabela 16

Gráfico 6: Manifestações patológicas identificadas no Mezanino.



5.3 Manifestações patológicas por peça estrutural

Estratificando as manifestações patológicas por tipo de peça estrutural, identificou-se a maior ocorrência nos pilares, sendo que 34,74% dos defeitos ocorreram neste tipo de peça estrutural, conforme Tabela 17.

Tabela 17: Manifestações patológicas por peça estrutural.

Tipo de peça estrutural	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D. (%)
Pisos	131,00	9,21
Pilares	494,00	34,74
Vigas	400,50	28,16
Lajes	277,50	19,51
Beiral	119,00	8,37

Fonte: própria

A seguir no Gráfico 7 há ilustração do percentual das manifestações patológicas por peça estrutural.

Gráfico 7: Manifestações patológicas por peça estrutural



Sobre as manifestações patológicas identificadas em cada tipo de peça estrutural (pisos, pilares, vigas, lajes, beiral), foi visto que a ocorrência de defeitos diferentes de acordo com a peça, conforme apresentado a seguir.

5.3.1 Pisos

Em pisos identifica-se principalmente fissuras, muito provavelmente causadas devido falta de junta de dilatação, que representam 53% dos defeitos verificados nestas peças (área de 131,00 m² em uma área de concreto de 353,98 m²), conforme Tabela 18.

Tabela 18: Manifestações patológicas por peça estrutural

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D. (%)
Fissura	70	53,44
Desagregação do concreto	6	4,58
Falha na vedação	55	41,98
Exposição de armação	0	0,00
Corrosão no aço	0	0,00
Falta de recobrimento	0	0,00
Falha na pintura	0	0,00
Eflorescência	0	0,00

Fonte: própria

A seguir no Gráfico 8 há ilustração do percentual das manifestações patológicas por peça estrutural (pisos).

Gráfico 8: Manifestações patológicas identificadas nos pisos.



5.3.2 Pilares

Em pilares identificamos principalmente fissuras e desagregação do concreto. Estas manifestações patológicas representam 22,98% e 19,13% dos defeitos verificados em pilares (área de 208,00 m² em uma área de concreto de 1.650,28 m²), conforme Tabela 19.

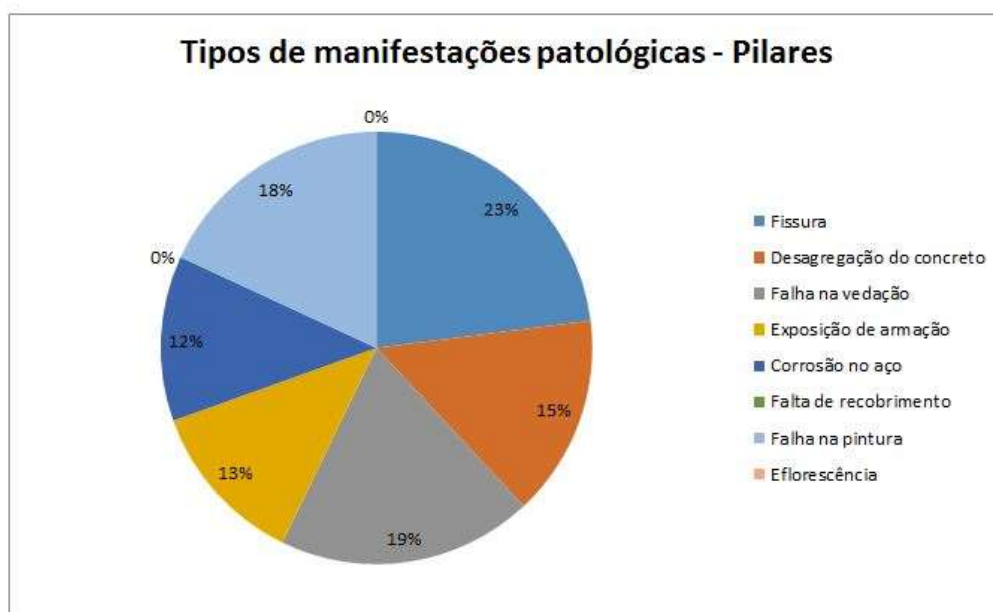
Tabela 19: Manifestações patológicas por peça estrutural

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D.
Fissura	113,50	22,98
Desagregação do concreto	74,50	15,08
Falha na vedação	94,50	19,13
Exposição de armação	61	12,35
Corrosão no aço	61	12,35
Falta de recobrimento	0,00	0,00
Falha na pintura	89,50	18,11
Eflorescência	0,00	0

Fonte: própria

A seguir no Gráfico 9 ilustra o percentual das manifestações patológicas encontradas nos pilares.

Gráfico 9: Manifestações patológicas pilares



5.3.3 Vigas

Nas vigas foi encontrado uma grande incidência de desagregação do concreto, que representam 22,72% dos defeitos verificados nestas peças (área de 91,00 m² em uma área de concreto de 2.674,38 m²) conforme Tabela 20.

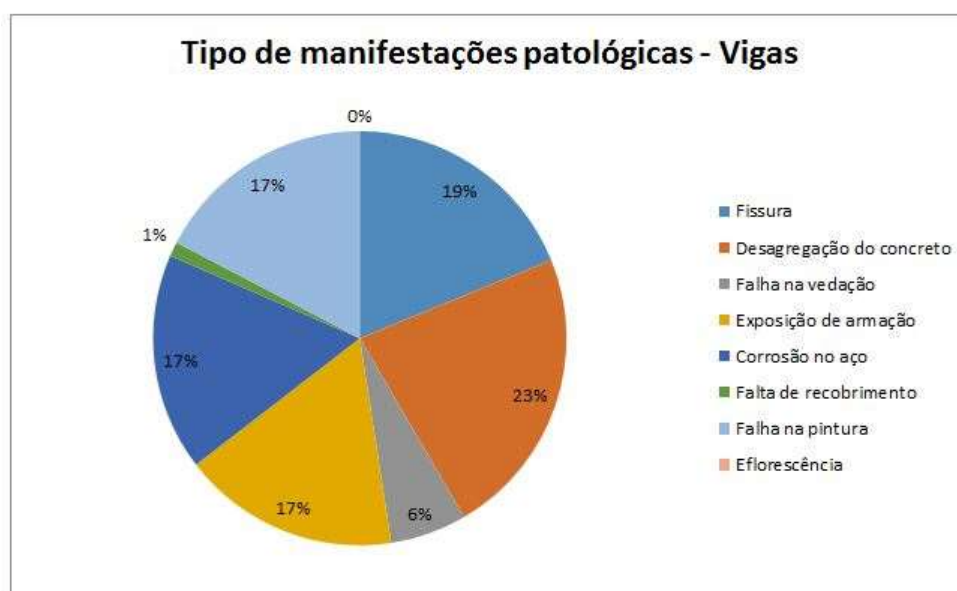
Tabela 20: Manifestações patológicas por peça estrutural.

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D.
Fissura	75,50	18,85
Desagregação do concreto	91,00	22,72
Falha na vedação	24,00	6,00
Exposição de armação	68,00	16,98
Corrosão no aço	68,00	16,98
Falta de recobrimento	4,50	1,12
Falha na pintura	69,50	17,35
Eflorescência	0	0

Fonte: própria

A seguir no Gráfico 10 há ilustração do percentual das manifestações patológicas encontradas nas vigas.

Gráfico 10: Manifestações patológicas vigas



5.3.4 Lajes

Em lajes identifica-se principalmente a ocorrência de fissuras e desagregação do concreto, que representam 52,25% dos defeitos verificados nestas peças (área de 145,00 m² em uma área de concreto de 2.383,21 m²), conforme Tabela 21.

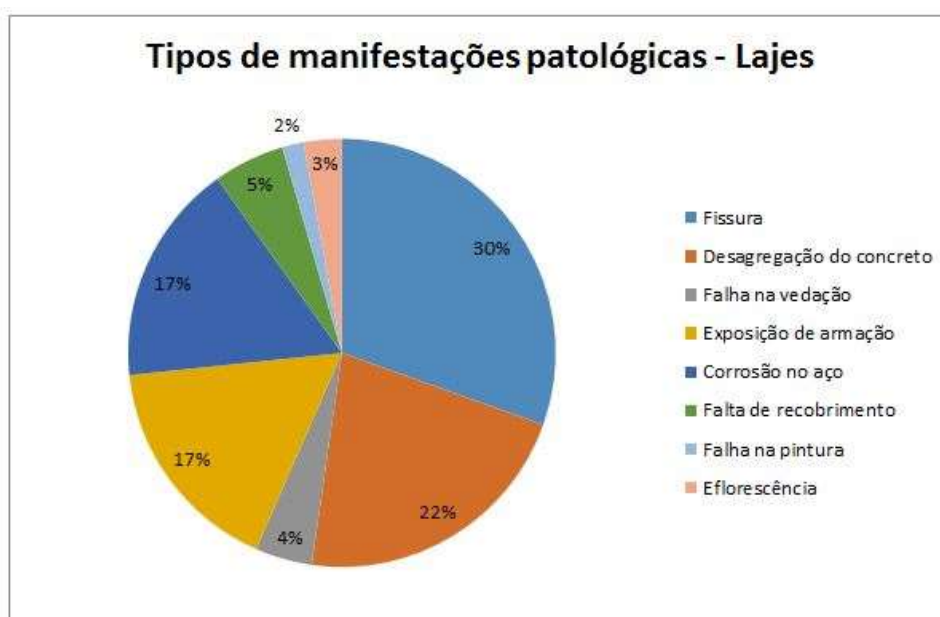
Tabela 21: Manifestações patológicas por peça estrutural.

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D.
Fissura	84,50	30,45
Desagregação do concreto	60,50	21,80
Falha na vedação	12,00	4,32
Exposição de armação	46,50	16,76
Corrosão no aço	46,50	16,76
Falta de recobrimento	15,00	5,40
Falha na pintura	4,50	1,62
Eflorescência	8,00	2,88

Fonte: própria

A seguir no Gráfico 11 há ilustração do percentual das manifestações patológicas encontradas nas lajes.

Gráfico 11: Manifestações patológicas lajes



5.3.5 Beirais

Nos beirais foi encontrado uma grande incidência de desagregação do concreto, exposição de armação e corrosão no aço, que representam 23,73%, 21,01% e 21,01% dos defeitos verificados nestas peças (área de 65,75 m² em uma área de concreto de 249,11 m²) conforme Tabela 22.

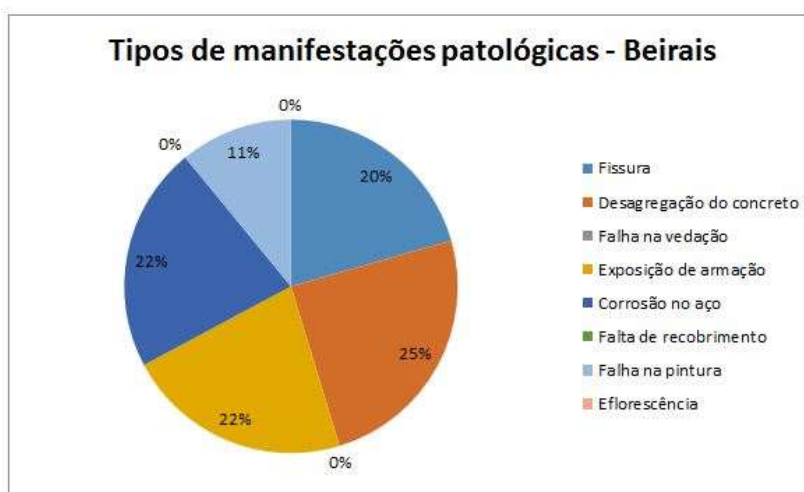
Tabela 22: Manifestações patológicas por peça estrutural

Tipos de manifestação patológica	Área de influência (m²)	Incidência em relação ao total de manifestação patológica G.D.
Fissura	23,50	19,75
Desagregação do concreto	33,00	23,73
Falha na vedação	0,00	0
Exposição de armação	25,00	21,01
Corrosão no aço	25,00	21,01
Falta de recobrimento	0	0
Falha na pintura	12,50	10,50
Eflorescência	0	0

Fonte: própria

A seguir no Gráfico 12 há ilustração do percentual das manifestações patológicas encontradas nas vigas.

Gráfico 12: Manifestações patológicas - beirais



5.3.6 Comparativo entre pavimentos

Na comparação entre os pavimentos foi possível observar que o pavimento com maior área de concreto é o 3º pavimento com 3590,18 m² de área de concreto totalizando 50,83 % da área de concreto da estrutura estudada. Com isso é natural que o pavimento citado seja o que tenha maior quantidade de manifestações patológicas por metro quadrado decorrente de sua extensa área.

Porém verificando a proporção entre área de patologia e área de concreto observa-se que os pavimentos com maiores quantidades são os pavimentos térreo e 2º pavimento, conforme é possível observar na Tabela 23 e Gráficos 13 e 14.

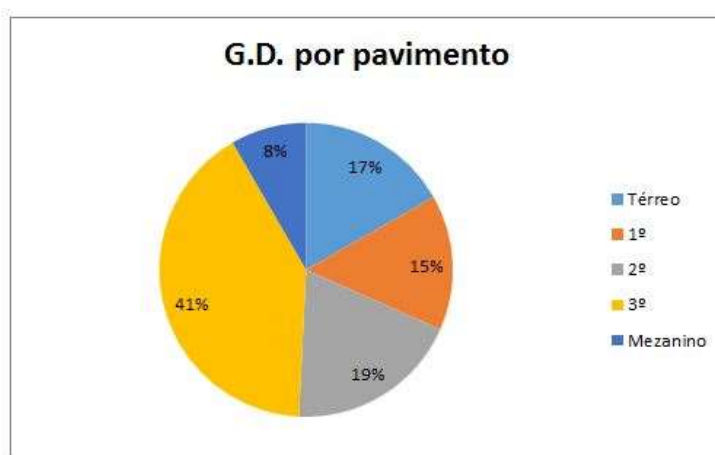
Tabela 23: Manifestações patológicas por peça estrutural.

Pavimento	Área de influência (m ²)	Área de concreto (m ²)	Incidência em ao total de manifestação patológica G.D.
Térreo	238,00	22,98	16,76
1º Pavimento	211,50	15,08	14,87
2º Pavimento	272,50	19,13	19,16
3º Pavimento	581,00	12,35	40,85
Mezanino	119,00	12,35	8,36

Fonte: própria

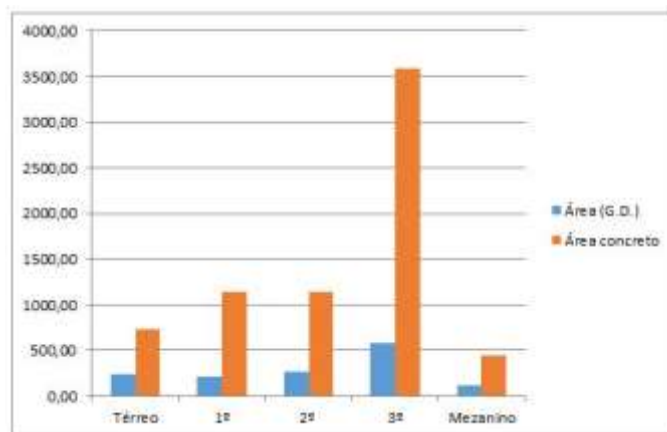
A seguir no Gráfico 13 há ilustração do percentual das manifestações patológicas totais encontradas por pavimento.

Gráfico 13: Manifestações patológicas por pavimento



A seguir no Gráfico 14 há ilustração do percentual das manifestações patológicas em relação a área de concreto da estrutura.

Gráfico 14: Manifestações patológicas



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Nesse capítulo apresentar se as considerações finais desse trabalho bem como sugestões futuras para novos estudos na área.

6.1 Considerações finais.

Considera-se que foram atingidos os objetivos propostos no início dessa pesquisa e a hipótese foi corroborada e pode se observar que:

O mapeamento das manifestações patológicas do prédio deste estudo foi realizado através de inspeção no local, após o cadastramento, foi comparado e quantificado as manifestações patológicas, e suas respectivas áreas de influência. Foram encontrados 8 tipos de manifestações patológicas, que estão presentes em 20,09% da área total de superfície de concreto. A manifestação patológica mais incidente no prédio é a fissuração em concreto representando 25,86% das manifestações patológicas encontradas, seguido por desagregação do concreto com 18,46% e falha em vedação 13,07%.

Verifica se que a hipótese dessa pesquisa foi corroborada pois o prédio mostra se estar em estado regular de manutenção, constatou se que as manifestações patológicas são pontuais localizadas em sua maioria no eixo da construção onde é possível observar uma junta de dilatação que divide dois conjuntos da estrutura, local esse que existem falhas em sua vedação ou seja o selante de poliuretano da junta já não está fazendo sua função de bloqueio de acesso dos contaminantes químicos e umidade presentes na área de produção que origina se de vazamentos de produtos químicos (licor) de equipamentos (filtro de celulose) quando em manutenção, e também da própria limpeza do piso com agua, esse contaminante penetra na junta sem vedação no terceiro pavimento fazendo contato com as estruturas dos demais pavimentos subsequentes. O produto que muitas vezes tem alta temperatura age como agente agressivo causando grande parte do percentual de desagregação do concreto, exposição da armação e corrosão no aço que identifica se na área conforme exposto na fundação teórica do presente estudo de caso, “vários são os fatores que podem ser causadores da desagregação: fissuração, movimentação das formas, corrosão do concreto, ataques biológicos, ataques químicos e o fenômeno da calcinação” Cánovas (1988). Já o processo de fissuração que foi visto em larga escala é de pressupor que origina se de movimentações constantes da estrutura

ocasionado pelo funcionamento dos equipamentos e periféricos como tubulação e suportações presentes na área produtiva e que tem contato direto com as estruturas de concreto, outra causa provável são falhas de execução quando da construção do prédio, em alinhamento com a fundamentação teórica do presente trabalho, Helene (2003) *apud* Zuchetti (2015) contribui dizendo que durante seu processo construtivo podem ocorrer falhas, gerando vícios e problemas nas etapas do mesmo. O gerenciamento de cada processo e a necessidade de uma constante melhoria através do controle da qualidade e do desenvolvimento de novas tecnologias retratam um dos grandes desafios da engenharia civil.

Foi possível notar muita dispersão nas anomalias seguintes (falta de recobrimento do concreto, falha na pintura e eflorescência) diferentemente da (desagregação do concreto, falha na vedação, exposição do aço e corrosão no aço) que são anomalias que foram identificadas de forma pontual originadas pelo mesmo processo de deterioração que são os vazamentos no 3º pavimento.

Pode se verificar que a peça estrutural com maior quantidade de problemas são os pilares representando 34,74% das recorrências, seguido por vigas 28,16% as com laje 19,51%, pisos 9,21% e beirais com 8,37%. Constatou se um cenário semelhante ao comparativo por pavimentos onde observou se que boa parte das anomalias mapeadas na estrutura originou se da falha na vedação da junta de dilatação da laje do terceiro pavimento onde existe escoamento de produtos químicos e umidade por pilares e vigas causando assim deterioração dos mesmos.

Finalizando, pode se observar que o 3º pavimento possui maior grau de deterioração, muito pelo fato de possuir maior área de concreto. No comparativo entre pavimentos foi visto que de forma geral existe uma equalização entre os módulos de falha e anomalias identificadas, a de se pressupor que seja devido as ações causadora das falhas que concentra se em sua maioria nos mesmos pontos como é possível observar nos vazamentos devido falha de vedação da junta de dilatação que vem do 3º pavimento ao 1º pavimento, já o pavimento térreo observou se muitas fissuras, resultado fortemente impactado pelos pisos devido falta de junta de movimentação, outro pavimento onde identificou fora do padrão mapeado foi o mezanino impactado pelos problemas com desagregação do concreto causadas pelo acúmulo de umidade das vigas calha. Contudo observa se que a causa da maior parte das patologias é decorrente da forma de uso e habitação da estrutura onde nota se muita interface de contato entre estruturas de concreto

e equipamento mais periféricos e frequentes vazamentos de produtos que acabam fazendo contato com as estruturas de concreto causando patologias. As falhas em vedações de juntas impactam negativamente nesse processo pois é caminho para a contaminação dos pavimentos inferiores, Segundo Tutikian e Pacheco (2013), as edificações são constituídas de matérias que, ao serem expostas às condições de ambiente e serviço, envelhecem e se desgastam com o passar dos anos, podendo este processo ser agravado pela falta de manutenção da estrutura. Recomenda-se que seja feito o tratamento das juntas de dilatação e que se crie um plano de manutenção para acompanhamento da vida útil da mesma evitando se assim percolações e contato direto com as estruturas de concreto.

6.2 Recomendação para trabalhos futuros

Sugere se, a seguir proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo de caso:

- I. Planilha indicativa do grau deterioração para concreto armado em ambientes industriais de outra fábrica produtora de papel e celulose.
- II. Planilha indicativa do grau de deterioração para concreto armado em ambientes industriais de outros processos produtivos.
- III. Planilha indicativa do grau de deterioração para concreto armado em ambientes que não sejam industriais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 – Manutenção de Edificações - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1999.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023 – Informação e Documentação: Referência- Elaboração.** Rio de Janeiro, 1982.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211 – Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.** Rio de Janeiro, 2007.

ALMEIDA, L. C. **Aços para Concreto Armado.** Notas de Aula da disciplina Estruturas IV – Concreto Armado da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

ALMEIDA, F. C. R; SALES, A. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise – Capítulo 4 – Efeitos da ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto.** São Paulo: Elsevier, 2014.

ALMEIDA, M. M. de; ÁVILA, L. O.; TAVARES, E. **Determinação da Frequência de Manifestações Patológicas na Edificação da Escola de Artes Fafi.** Vitória. IDD, 2011.

ARALDI, E. **Reforço de pilares por encamisamento de concreto armado: Eficiência de métodos de cálculo da capacidade resistente comparativamente a resultados experimentais.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

AZEVEDO, M. T de. **Concreto: Ciência e Tecnologia - Capítulo 31-Patologias das Estruturas de Concreto.** São Paulo. Ibracon, 2011.

BAUER *et al.*, F. **Materiais de Construção.** São Paulo: LTC, 2011.

BAUER E., **MATERIALS AND MATERIAIS**, 18 junho, 2013. Disponível em: <http://materialsandmateriais.blogspot.com/2013/06/artigo-tecnico-at-19-classificacao-de.html> Acesso em 08 agosto, 2018.

CALISTO, A.; BONFIM G. P.; WOOD L. B. **Levantamento das manifestações patológicas existentes na estrutura do prédio de educação física da UFPR**. Curitiba. IDD, 2017.

CAMPOS, D. **Cobrimento de armadura em estruturas de concreto armado: análise comparativa entre valores antes, durante e depois da concretagem**. Monografia de conclusão de curso. UFRGS, 2013.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988.

COUTO, J. A. S. et al. **O concreto como material de construção**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT, v. 1, n. 3, p. 49-58, 2013.

FERREIRA, R. M. **Avaliação dos ensaios de durabilidade**. Guimarães, 2000.

FREIRE, K. R. R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão em armaduras de concreto**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2005.

FREIRE, Adriana de Andrade. **Patologias da pintura: saiba evitá-las**. AECweb. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-da-pintura-saiba-evitalas_6272_10_0 acesso: 23/10/2019

FUSCO, P. B. **Técnica de Armar as Estruturas de Concreto**. São Paulo: PINI, 2007.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

HELENE *et al.*, P. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2005.

HELENE, P. R. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ED. São Paulo, 1992. Cap. 1, p. 18-26.

HELENE, Paulo R. L. **Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto – Reparo, Reforço e Proteção**. São Paulo: Red Rehabilitar, editores, 2003.

IBAPE - INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. São Paulo, 2012.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia – Capítulo 01 – A Evolução do Concreto Estrutural**. São Paulo: Ibracon, 2011.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Belo Horizonte, 2008.

LIMA, M. G. de. **Concreto: Ciência e Tecnologia – Capítulo 21 – Ações do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto**. São Paulo: Ibracon, 2011.

MANCIO, M. **Impacto Ambiental da Indústria Cimenteira e o Desenvolvimento de Novos Eco-Cimentos**. Ibracon, 2011. Disponível em: http://www.ibracon.org.br/eventos/53CBC/pdfs/IBRACON%202011_MM_Final.pdf (acesso em 20/05/2018 às 19:45).

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba, 2012.

MEDEIROS *et al*, M. H. F. de. **Concreto: Ciência e Tecnologia – Capítulo 22 – Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto**. São Paulo: Ibracon, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008.

MENEZES, L. F.; DE AZEVEDO, M. T. **Análise da influência do cobrimento das armaduras na durabilidade das estruturas de concreto armado**. São Paulo, 2009.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. São Paulo, 2003

OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro, 2013.

PERDRIX, M. del C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. Tradução e adaptação de CARMONA, A. e HELENE, P. R. L. São Paulo: PINI, 1992.

RIBEIRO, D. V; CUNHA, M. P. T. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise – Capítulo 6 – Deterioração das estruturas de concreto armado**. São Paulo: Elsevier, 2014.

SOUSA, C. A. C. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise – Capítulo 2 – Princípios da corrosão eletroquímica**. São Paulo: Elsevier, 2014.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e reforço de Estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

TAKATA, L. T. Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: Estudo de caso. 2009. 152p.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

TAVARES, S. F; GRIMME, F.W. Análise de Processos Produtivos em Cerâmica Vermelha – Estudo de Caso Comparativo entre Brasil e Alemanha. In IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. ENTAC, 2002.

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios - causas, prevenção e recuperação. São Paulo: PINI, 1989.

TIMERMAN, J. Concreto: Ciência e Tecnologia – Capítulo 33 – Reabilitação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Ibracon, 2011.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. Boletim Técnico - Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil. Merida, 2013.

VIEIRA, M. Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento. IPOG – Revista On-Line Especialize. Goiânia, v. 1, n. 12, dez. 2016.

VITÓRIO, A. Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia. Recife, 2003.

8 ANEXOS

8.1 Croquis de localização das manifestações patológicas

Figura 33: Legenda dos croquis de localização das manifestações patológicas e fotos



Figura 35: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – 1º PAVIMENTO

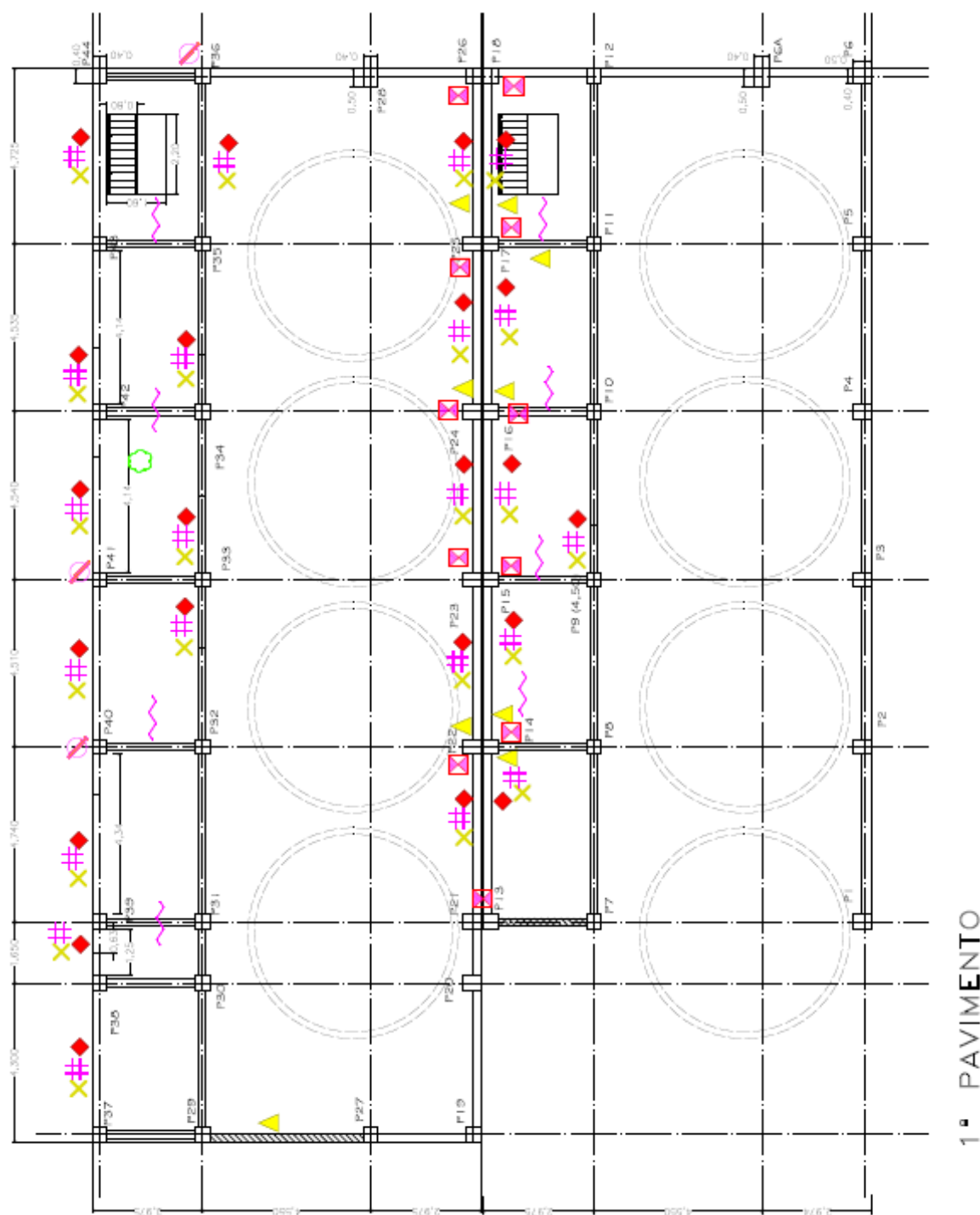


Figura 36: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – 2º PAVIMENTO

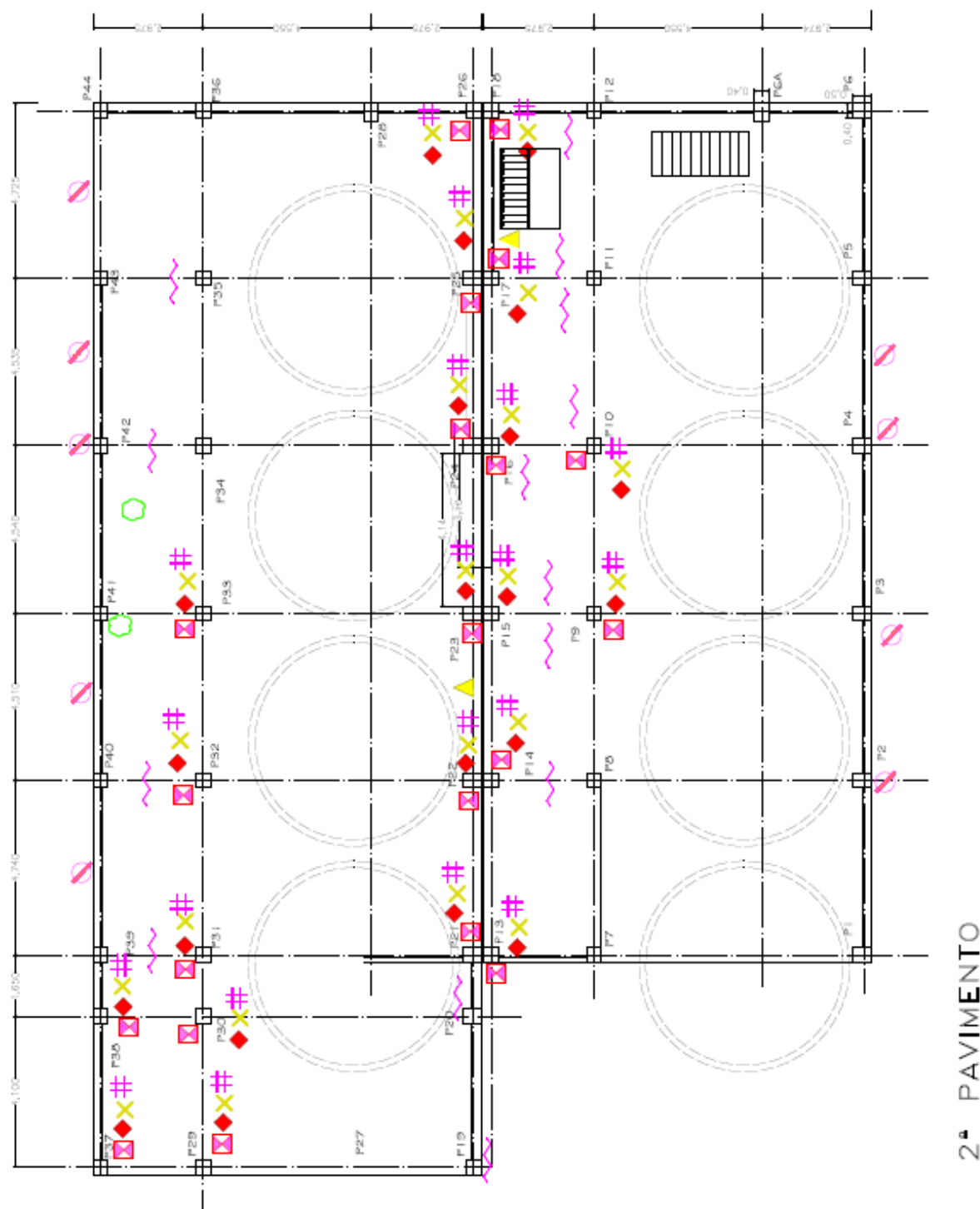


Figura 37: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – 3º PAVIMENTO

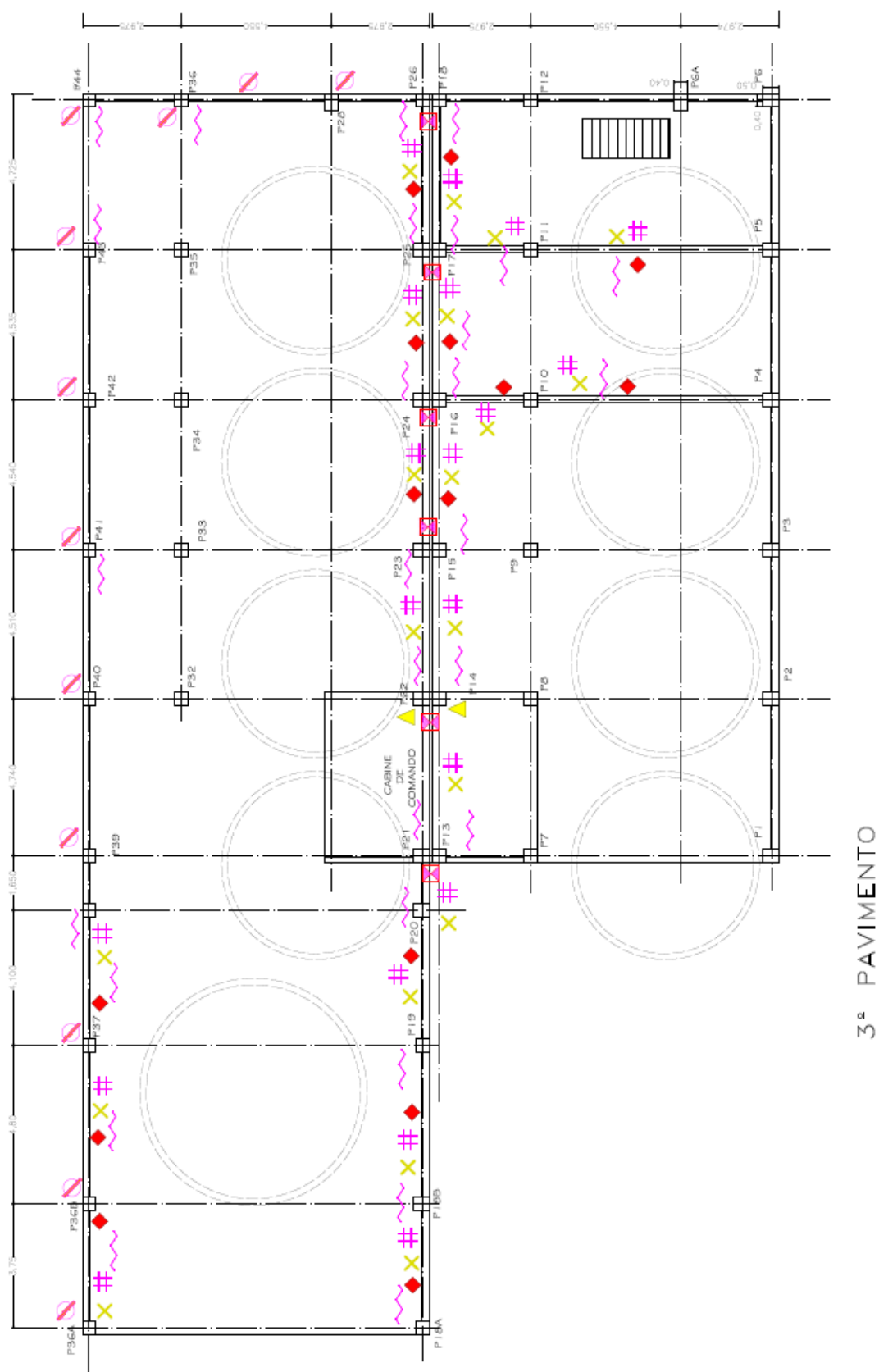
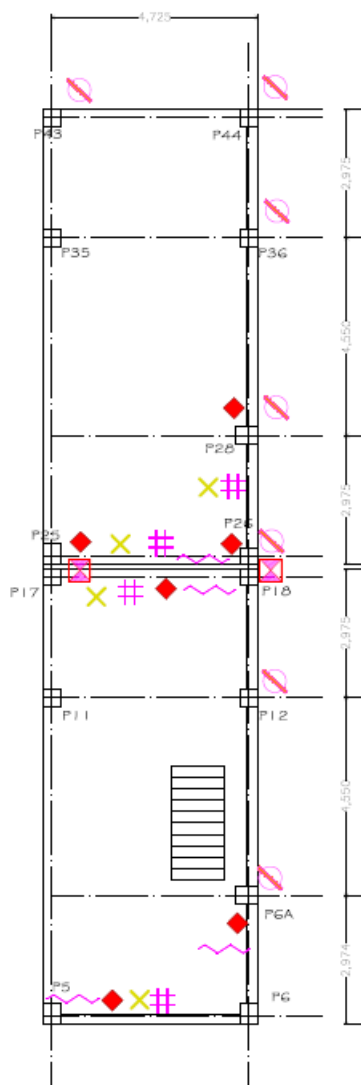
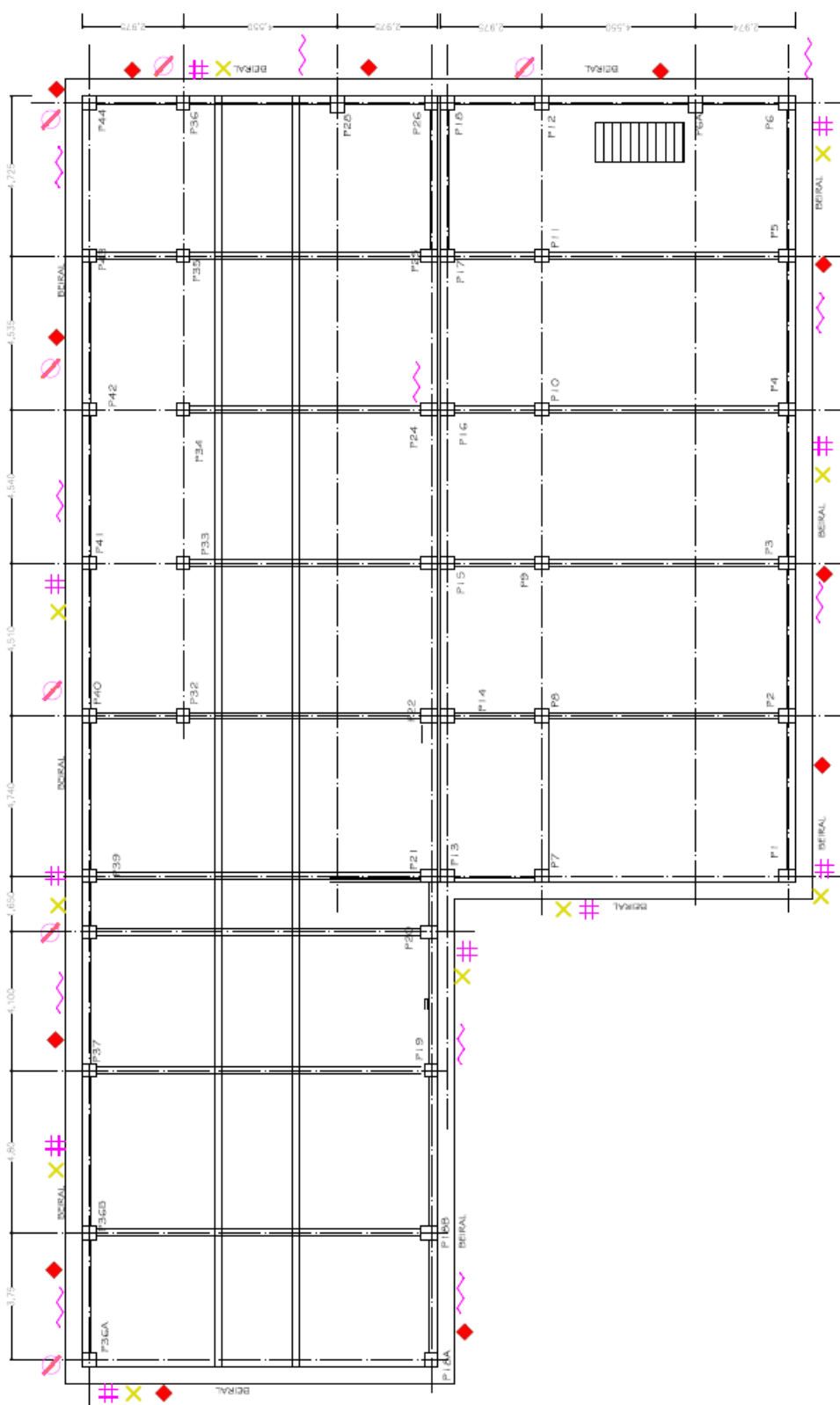


Figura 38: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – MEZANINO



MEZANINO

Figura 39: Croquis de localização das Manifestações Patológicas e fotos – VIGAS COBERTURA E BEIRAL



VIGAS COBERTURA E
BEIRAL

8.2 Documentário fotográfico completo



Imagem 1: Viga em processo de desagregação no pavimento térreo.



Imagem 2: Pilares separado por junta lado oeste do prédio



Imagem 3: Junta dos pilares pavimento Térreo



Imagem 4: Falha no selante da junta laje do 3º pavimento



Imagem 5: lado oeste do prédio



Imagem 6: Laje do 2º pavimento com pontos que estão em boas condições



Imagem 7: Laje do 3º pavimento com desagregação, exposição da armação e corrosão no aço.



Imagem 8: Pilar segundo pavimento com fissura



Imagem 9: Vigas central do prédio onde existe falha na junta, vista do pavimento térreo



Imagem 10: Lateral sul viga com desagregação do concreto



Imagem 11: Desagregação e falta de recobrimento no mezanino



Imagem 12: Desagregação no segundo piso.



Imagem 13: Corrosão e fissura acentuada na barra de aço.



Imagem 14: Falha em junta de dilatação



Imagem 15: Fissura e desagregação.



Imagem 16: Vigas dos três pavimentos.

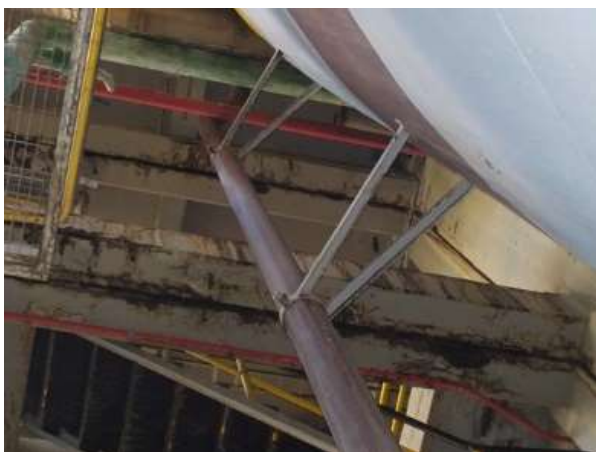


Imagem 17: Vazamento na junta das vigas.



Imagem 18: Falha na junta das vigas.



Imagem 19: Falha na junta das vigas e manchas de vazamento



Imagem 20: Desagregação em viga



Imagem 21: Estribo rompido



Imagem 22: Junta entre os pilares no pavimento térreo e exposição de armação.



Imagem 23: Fissura em pilar 3º pavimento.



Imagem 24: Fissuras em pilar 3º pavimento



Imagem 25: Desagregação na laje no mezanino.



Imagem 26: Desagregação



Imagem 27: Falha em junta no 2º piso.



Imagem 28: Falha em junta e fissuras.



Imagem 29: Falha em junta.



Imagem 30: Junta no 3º pavimento.



Imagem 31: Junta no terceiro pavimento



Imagem 32: Junta no terceiro pavimento.



Imagem 33: Vazamento indo em direção a junta no terceiro pavimento.



Imagem 34: Equipamento da área de produção com vazamento



Imagem 35: Equipamento da área de produção.



Imagem 36: Equipamentos da área de produção.



Imagem 37: Vazamento sobre a junta.



Imagem 38: Vazamento sobre a junta.



Imagem 39: Junta em pilar.



Imagem 40: Exposição de armadura e corrosão no aço.



Imagem 41: Desagregação de concreto.



Imagem 42: Corredor da segunda laje.



Imagem 43: Vista da segunda laje



Imagem 44: Laje primeiro pavimento



Imagem 45: Desagregação e corrosão do aço.



Imagem 46: Corrosão no aço em pilar no primeiro piso.



Imagem 47: Ralo mal vedado.



Imagem 48: Fissura em pilar.



Imagem 49: Desagregação em laje e vigas.



Imagem 50: Desagregação do concreto.



Imagem 51: Corrosão no aço, desagregação e exposição de armação



Imagem 52: Falha em junta



Imagem 53: Fissuras.



Imagem 54: Exposição de armação em laje.



Imagem 55: Exposição de armação em laje.



Imagem 56: Exposição de armação em laje.



Imagem 57: Exposição de armação em laje.

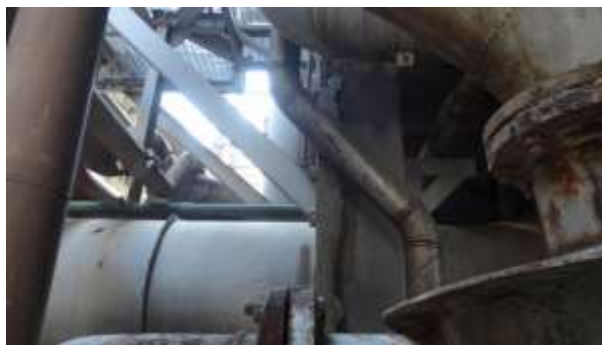


Imagem 58: Desagregação no concreto.



Imagem 59: Exposição de armação.



Imagem 60: Falha em junta.



Imagem 61: Corredor pavimento térreo.



Imagem 62: Falha em junta no primeiro pavimento.



Imagem 63: Fissura em viga e infiltração em laje.



Imagem 64: Mancha em viga.



Imagem 65: Falha em junta e vazamento em laje.



Imagem 66: Corrosão no aço.



Imagem 67: Vazamento de produto nas vigas



Imagem 68: Vazamento de produto químico



Imagem 69: Desagregação em vigas de concreto



Imagem 70: Desagregação de concreto.



Imagem 71: Fissura e exposição de armação em viga



Imagem 72: Desagregação do concreto.



Imagem 73: Corrosão no aço em pilar