

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Escola de Engenharia  
Curso de Especialização em Construção Civil

Vitor Miranda Mol

**LEVANTAMENTO, AVALIAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS APRESENTADAS EM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO DE  
BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte  
2021

Vitor Miranda Mol

**LEVANTAMENTO, AVALIAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES  
PATOLÓGICAS APRESENTADAS EM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO DE  
BELO HORIZONTE**

Monografia de Especialização apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título Especialista em Construção Civil. Ênfase em: Sustentabilidade e Gestão do Ambiente Construído.

Orientadora: Paula Bamberg

Belo Horizonte  
2021

M717I	<p>Mol, Vitor Miranda.  Levantamento, avaliação e recuperação de manifestações patológicas apresentadas em edifício de concreto armado de Belo Horizonte / Vitor Miranda Mol. – 2021.  1 recurso online (110 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientadora: Paula Bamberg.</p> <p>“Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais” .</p> <p>Bibliografia: f. 109-110.</p> <p>Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil. 2. Concreto armado. 3. Patologia de construção. I. Bamberg, Paula. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 69</p>
-------	--



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: VITOR MIRANDA MOL

MATRÍCULA: 2018718457

### RESULTADO

Aos 09 dias do mês de novembro de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:  
"LEVANTAMENTO, AVALIAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS APRESENTADAS EM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO DE BELO HORIZONTE"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 95

CONCEITO: A

### BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Paula Bamberg

Paula  
Bamberg:59  
962291615

Assinado de forma digital por Paula Bamberg:59962291615  
Dados: 2021.11.09 16:39:37 -03'00'

Prof. Dr. Eduardo Chahud

Eduardo  
Chahud

Assinado de forma digital por Eduardo Chahud  
Dados: 2021.11.13 09:44:22 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO"

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021

Antonio Neves de  
Carvalho  
Junior:78724104604

Assinado de forma digital por Antonio Neves de Carvalho Junior:78724104604  
Dados: 2021.11.23 22:45:31 -03'00'

Coordenador do Curso

À minha esposa, Sabrina Barroso, meu pai, Edésio Trindade Mol (in memorian) e minha mãe, Mariléia Silva Miranda.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar força e tranquilidade;

A minha esposa, minha grande incentivadora a cursar e concluir a pós graduação;

Aos meus pais, por sempre acreditarem em minha capacidade;

Aos colegas da pós graduação, que estarão sempre guardados na lembrança;

A minha orientadora Paula Bamberg, pelo apoio dado na elaboração da monografia;

Aos professores e a todo o Departamento de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da UFMG, pelos ensinamentos compartilhados e aprendidos ao longo deste curso de especialização.

## RESUMO

Uma área bastante importante da engenharia é o estudo das patologias das construções que possui como objetivo o melhor desempenho das estruturas de concreto armado ao longo de sua vida útil. Problemas de execução, de manutenção, projetos mal elaborados, seleção incorreta de materiais constituem nas principais causas de patologias nas construções de concreto armado. O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo sobre as manifestações patológicas em concreto armado de um edifício em Belo Horizonte, analisando a vistoria executada, as patologias presentes e o serviço de recuperação realizado. Foi analisado todo o procedimento referente ao laudo de avaliação das patologias e também o procedimento de recuperação executado.

Palavras-chave: Durabilidade. Manifestações patológicas. Patologia das Construções. Estruturas de Concreto Armado. Corrosão de Armaduras.

## **ABSTRACT**

An important subject in the civil engineer study is the pathologies on the concrete structures, which has as objective the best performance of the reinforced concrete along its life cycle. Execution and maintenance problems, poorly made designs and incorrect material selection constitute the main causes of the concrete structures pathologies. This monography has the objective to present a study about the pathologies on the concrete of a specific building in Belo Horizonte city, analyzing the survey, the pathologies and the recovery service that occurred.

Key-words: Pathology, structural recovery, reinforced concrete, corrosion, durability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Deterioração de estrutura de concreto armado.....	24
Figura 2: Vida útil das estruturas de concreto amado .....	25
Figura 3: Vida útil x Desempenho .....	26
Figura 4: Patologias nas etapas do processo de construção.....	29
Figura 5: Fissuras, trincas e Rachaduras .....	37
Figura 6 - Fissura no concreto por retração hidráulica.....	39
Figura 7 - Exemplo de caso de retração térmica do concreto.....	41
Figura 8- Trincas de flexão em elementos de concreto armado.....	42
Figura 9 - Trincas de cisalhamento em viga .....	42
Figura 10 - Esquema de fissura causada por torção .....	43
Figura 11 - Trincas de compressão. ....	44
Figura 12 - Fissuras por punção .....	45
Figura 13 - Processo eletroquímico da pilha de corrosão.....	47
Figura 14 - Reações que causam a carbonatação .....	49
Figura 15 - Grau de carbonatação em função da umidade relativa do ar.....	50
Figura 16 - Influência da relação água/cimento e da cura na profundidade de carbonatação.....	51
Figura 17 - Medição de carbonatação utilizando fenolftaleína.....	52
Figura 18: Pilar deteriorado devido aos efeitos da interação da carbonatação com íons cloretos .....	54
Figura 19 – Extração e análise de amostra para medição de cloretos.....	55
Figura 20: Mofo em parede de concreto.....	57
Figura 21: Fissuras e trincas causadas por infiltração e umidade.....	58
Figura 22: Segregação em estrutura de concreto armado .....	60
Figura 23: Desagregação da estrutura de concreto armado.....	61
Figura 24 - Adição de barras em viga corroída.....	70
Figura 25- Reforço com adição de armadura e concreto em pilares .....	70
Figura 26 – Inspeção em altura.....	73
Figura 27 – Inspeção em pontes.....	73
Figura 28 - Edifício objeto do estudo.....	82
Figura 29 – Detalhamento de cadeirinha suspensa.....	86

Figura 30 – Inspeção percussiva realizada na fachada .....	87
Figura 31 – Inspeção via percussão em peitoril .....	87
Figura 32 – Inspeção via percussão em piso cerâmico .....	88
Figura 33 – Inspeção via pacômetro na fachada do edifício .....	88
Figura 34 – Revestimento Desprendido do substrato .....	89
Figura 35 – Pilar da fachada lateral direita .....	90
Figura 36 - Pilar com rachaduras .....	90
Figura 37 – Trinca transversal em peitoril .....	91
Figura 38 – Medida da espessura da trinca .....	92
Figura 39 – Peitoril ao fundo próximo ao muro de divisa .....	93
Figura 40 – Armadura exposta em laje do pilotis .....	94
Figura 41 – Armadura exposta pintada em cor branca .....	95
Figura 42 - Rejunte em revestimento de piso .....	96
Figura 43– Pés e bases dos Pilares .....	96
Figura 44 – Infiltração causando estufamento na pintura .....	97
Figura 45 - Percussão investigativa e retirada material .....	100
Figura 46 - Inserção de malha metálica.....	100
Figura 47 - Plataforma de trabalho utilizada pelos trabalhadores .....	109
Figura 48 - Plataforma de trabalho utilizada pelos trabalhadores .....	109
Figura 49 – Concreto retirado .....	110
Figura 50 – Concreto retirado .....	111
Figura 51 - Argamassa polimérica aplicada.....	112
Figura 52 - Argamassa Polimérica aplicada .....	113
Figura 53 - Argamassa aplicada na fachada .....	113
Figura 54 – Utilização de formas para aplicação da argamassa .....	114
Figura 55 - Utilização de formas para a recuperação .....	115
Figura 56 - Fachada com argamassa estrutural após retirada das formas .....	115
Figura 57 - Fachada quase acabada, faltando apenas a pintura .....	116
Figura 58 - Fachada após a pintura .....	117
Figura 59 - Fachada acabada após pintura final.....	117
Figura 60 – Peitoril com trincas espaçadas a cada metro .....	118
Figura 61 – Presença de trinca com indícios de movimentação no peitoril em balanço .....	118

Figura 62 – Inspeção via percussão acústica no peitoril lateral interna .....	119
Figura 63 – Fechamento do Peitoril com argamassa .....	120
Figura 64 – Fechamento do Peitoril com argamassa .....	120
Figura 65 – Peitoril pintado e acabado.....	121
Figura 66 – Muro de divisa pintado e acabado .....	121
Figura 67 – Situação dos pilares e do piso antes da recuperação.....	122
Figura 68 – Pisos soltos demarcados com o "x" .....	122
Figura 69 – Base dos pilares após a recuperação .....	124

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Incidência de Manifestações Patológicas -----	36
Tabela 02 - Origem das fissuras nas estruturas -----	38
Tabela 03 - Teores de cloretos normativos -----	55
Tabela 04 - Procedimentos para preparo do substrato -----	62
Tabela 05 - Procedimentos de Limpeza -----	63
Tabela 06 - Exames Complementares -----	77
Tabela 07 - Considerações a respeito da edificação -----	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A	Área da seção transversal
a/c	Relação água/cimento
AgNO <sub>3</sub>	Nitrato de Prata
ASTM C	American Society for Testing and Materials
Ca(OH) <sup>2</sup>	Hidróxido de cálcio
Ca <sup>2+</sup>	Íon de cálcio
CAA	Classe de agressividade ambiental
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de cálcio
Cl	Íon cloreto
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CO <sub>3</sub>	Carbonato
CP	Corpo de prova
CPV-4	Semi-pilha
C-S-H	Silicato de cálcio hidratado
d	Dimensão básica
DDP	Diferença de potencial
e-	Elétron
fck	Resistência característica do material
Fe	Ferro
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Ferro
H <sub>2</sub> O	Água
ISO	Organização internacional de Padronização
kg/cm <sup>2</sup>	Kilograma por centímetro quadrado
kg/dm <sup>3</sup>	Kilograma por decímetro quadrado
kgf	Kilograma força
m	Metro
mm	Milímetro

MPa	Mega Pascal (10 <sup>6</sup> Pascal)
NB	Norma Brasileira
NBR	Norma regulamentadora brasileira
O <sub>2</sub>	Oxigênio
OH <sup>-</sup>	Íon hidróxila
Ph	Potencial Hidrogeniônico
rpm	Rotações por minuto
V	Volts

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Justificativa.....	19
2 OBJETIVOS.....	20
2.2 Objetivo Geral .....	20
2.3 Objetivos específicos:.....	20
3 METODOLOGIA .....	21
4 REVISÃO DA LITERATURA .....	22
4.1 Considerações iniciais .....	22
4.2 Durabilidade .....	23
4.3 Patologias na construção civil .....	27
4.4 Causas das patologias .....	28
4.4.1 <i>Falhas de Projeto</i> .....	30
4.4.2 <i>Uso de Materiais Inadequados</i> .....	31
4.4.3 <i>Erros na Execução</i> .....	32
4.4.4 <i>Utilização Indevida e Manutenção Ausente</i> .....	35
4.5 Principais patologias.....	35
4.5.1 <i>Fissuras, trincas e rachaduras</i> .....	36
4.5.1.1 <i>Fissuras devido à retração hidráulica</i> .....	39
4.5.1.2 <i>Fissuras devido à variação de temperatura</i> .....	39
4.5.1.3 <i>Fissuras devido à flexão</i> .....	41
4.5.1.4 <i>Fissuras devido à cisalhamento</i> .....	42
4.5.1.5 <i>Fissuras devido à torção</i> .....	42
4.5.1.6 <i>Fissuras devido à compressão</i> .....	44
4.5.1.7 <i>Fissuras devido à punção</i> .....	45
4.5.2 <i>Corrosão da armadura</i> .....	45
4.5.2.1 <i>Processo químico</i> .....	47
4.5.2.2 <i>Agentes causadores da corrosão das armaduras</i> .....	48
4.5.2.3 <i>Carbonatação</i> .....	48
4.5.2.4 <i>Ação dos íons cloretos nas estruturas de concreto</i> .....	53
4.5.3 <i>Infiltrações, manchas, bolor, mofo e eflorescência</i> .....	56
4.5.4 <i>Concreto segregado e concreto desagregado</i> .....	58

4.6 Reforço, reparo e recuperação das estruturas .....	61
4.6.1 <i>Procedimentos de preparo e limpeza do substrato</i> .....	62
4.6.1.1 <i>Saturação da superfície</i> .....	63
4.6.1.2 <i>Corte do concreto</i> .....	64
4.6.2 <i>Recuperação do concreto</i> .....	65
4.6.2.1 <i>Reparo com Graute</i> .....	65
4.6.2.2 <i>Reparo com concreto convencional</i> .....	66
4.6.2.3 <i>Concreto Projetado</i> .....	66
4.6.2.4 <i>Reparo com argamassas</i> .....	67
4.6.3 <i>Tratamento das armaduras</i> .....	68
4.7 Avaliação, levantamento, diagnóstico e definição da conduta .....	71
4.7.1 <i>Levantamento de subsídios</i> .....	71
4.7.1.1 <i>Vistoria do local</i> .....	72
4.7.1.2 <i>Anamnese do caso e coleta de informações</i> .....	74
4.7.1.3 <i>Exames complementares</i> .....	76
4.7.2 <i>Diagnóstico da situação</i> .....	77
4.7.3 <i>Definição da conduta a ser seguida.</i> .....	79
4.7.3.1 <i>Grau de Incerteza sobre os efeitos</i> .....	80
4.7.3.2 <i>Relação custo/benefício</i> .....	80
4.7.3.3 <i>Disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços</i> .....	81
5 ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO, LEVANTAMENTO, ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL.....	82
5.1 Histórico e descrição geral .....	82
5.1.1 <i>Diretrizes e filosofias gerais</i> .....	85
5.2 Metodologia de trabalho de inspeção .....	85
5.2.1 <i>Inspeção via Percussão</i> .....	86
5.2.2 <i>Inspeção via Pacometria</i> .....	88
5.3 Análises das não conformidades .....	89
5.3.1 <i>Patologias na fachada externa do edifício</i> .....	89
5.3.2 <i>Patologias no peitoril e paredes/muros de divisa</i> .....	91
5.3.3 <i>Patologias nas lajes/vigas do pilotis e da garagem</i> .....	93
5.3.4 <i>Patologias em pisos e rodapés</i> .....	95
5.4 Proposta de metodologia executiva de recuperação .....	97



5.4.1 <i>Proposta para correção das patologias em concreto armado</i> .....	99
5.4.1.1 <i>Procedimentos executivos</i> .....	99
5.4.2 <i>Proposta para Correção das Patologias em Piso com placas cerâmicas e rodapés</i> ....	106
5.4.2.2 <i>Procedimentos executivos</i> .....	106
5.5 <i>Execução das obras de recuperação no ed. continental</i> .....	108
5.5.1 <i>Recuperação da fachada no entorno do edifício</i> .....	108
5.5.2 <i>Recuperação do peitoril e dos muros de divisa</i> .....	118
5.5.3 <i>Recuperação da base dos pilares e dos pisos e seus rodapés</i> .....	122
6 <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	125
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	126

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as manifestações patológicas e a durabilidade de estruturas de concreto cada vez mais vem sendo estudadas na construção civil. Com o aumento da utilização de concreto armado em edificações e construções, percebe-se que os problemas se apresentam com grande frequência e variedade.

Segundo Ambrosio (2004), um grande salto científico e tecnológico foi promovido pelo acelerado ritmo de desenvolvimento da construção civil para atender à crescente demanda por edificações, sejam elas laborais, industriais ou habitacionais, devido à própria modernização da sociedade. Entretanto, devido a falhas, imperícias erros de projeto e vários outros fatores, apesar de desse crescimento da construção e salto científico, muitas estruturas apresentam desempenho nada satisfatório.

A durabilidade das estruturas necessita ser entendida por diversos setores desde o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e estruturais, processos de execução, manutenção, fiscalização, inspeção, entre outros. Neste contexto, diferentes setores envolvidos na área da construção civil, precisam aplicar a correta atuação na resolução dos problemas visando estender a vida útil das edificações novas e antigas.

Assim, é interessante entender como o projeto, os materiais utilizados, os processos envolvendo a construção e as manutenções, fazem parte do surgimento das patologias. Dentro deste contexto, essa pesquisa busca fazer uma análise a respeito das principais manifestações patológicas e apresentar as soluções adotadas para o tratamento de manifestações em um determinado edifício de Belo Horizonte, além de apresentar uma visão técnica da avaliação e do reparo executado na edificação.

## 1.1 Justificativa

Para Lichtenstein (1986), com a aplicação na Engenharia Civil do conceito de desempenho, os edifícios começam a ser analisados como um todo. Em virtude disso, os problemas de desempenho insatisfatório passam a ser compreendidos dentro de um contexto global e não de forma estanque, por defeito, como feito anteriormente.

Justifica-se o estudo das patologias pelo fato de que atualmente têm-se dado grande ênfase na normatização das construções e para qualquer projeto tem se tornado imprescindível a garantia da vida útil. Entretanto, para que seja possibilitada a garantia da vida útil e da qualidade das estruturas, a todos que fazem parte do processo e da tomada de decisões, é imprescindível conhecer as origens, os tipos de manifestações patológicas, os meios de deterioração, os meios de perícias, de averiguação, de levantamento e também de recuperação das patologias em estruturas de concreto armado.

Este trabalho se insere na procura de explicações para o desenvolvimento de patologias nas construções, porém, além de demonstrar os fenômenos físicos e químicos, tem o interesse de demonstrar um procedimento aplicável para a resolução destes problemas patológicos.

## **2 OBJETIVOS**

Nesta seção são apresentados os objetivos gerais e específicos deste estudo.

### **2.2 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é propor soluções para recuperação de algumas manifestações patológicas de um edifício residencial de Belo Horizonte.

### **2.3 Objetivos específicos:**

O trabalho tem como objetivos específicos:

- Avaliar as manifestações patológicas apresentadas no edifício em estudo;
- Apresentar proposta de recuperação.

### 3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para esta pesquisa foram: estudo do referencial teórico que trata especificamente da questão-problema para elaboração de revisão bibliográfica, análise presencial da obra e visualização das patologias, análise das patologias e das soluções apresentadas para recuperação.

O estudo do referencial teórico foi feito através de consulta a capítulos de livros, artigos científicos, e acessos à internet, procurando temas relacionados à recuperação de estruturas de concreto armado. Então, de posse do material, foi feita a leitura e a seleção de capítulos de livros e artigos científicos, depois foram excluídos aqueles artigos que não apresentavam relevância e/ou não relacionavam ao objetivo desta pesquisa. Assim, foi possível então escrever a revisão bibliográfica.

Para o estudo de caso foi realizada uma análise presencial a um edifício residencial de Belo Horizonte que apresentava variadas patologias em concreto armado. Para a realização deste trabalho, foram então realizadas visitas antes da obra ser realizada para conhecimento das patologias. Depois, posteriormente, foi realizado o acompanhamento dos serviços de recuperação junto da empresa responsável pela execução, até a entrega final da obra.

Assim, através deste acompanhamento, foi possível analisar e descrever as soluções apresentadas para recuperação da edificação.

## **4 REVISÃO DA LITERATURA**

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica e reunidas as referências que vão fornecer embasamento teórico para o trabalho.

### **4.1 Considerações iniciais**

Segundo Thomaz (1989), a patologia das construções é definida como uma ciência que visa estudar os defeitos dos materiais, componentes, elementos ou da edificação como um todo, diagnosticando suas causas e determinando seus mecanismos de evolução, formas de manifestação, medidas de prevenção e recuperação.

Deutsch (2011) declara que as patologias e/ou vícios construtivos podem se manifestar imediatamente ou levar anos para que se façam presentes. Nestes casos, são conhecidos como vícios ocultos ou redibitórios, ou seja, a coisa torna-se inapropriada ao fim a que se destina, ou lhe diminui o valor.

Nesse contexto, sabemos que o concreto é um dos materiais mais utilizados na construção de estruturas em edifícios, sendo composto por cimento, areia, pedra e água. Utilizado na construção de estruturas, quando o concreto recebe uma armadura de aço, recebe o nome de concreto armado. São essas estruturas que através do seu projeto e execução, irão delimitar o possível surgimento de patologias e a intensidade das mesmas. (LOTTERMANN, 2013)

Segundo Lottermann (2013), até o final da década de 80, não se adotavam outros parâmetros, além da resistência à compressão, para avaliar a qualidade do concreto. Em função disto, está ocorrendo uma degradação mais acelerada nas estruturas de concreto armado, obrigando a comunidade que trabalha com este material a definir novos parâmetros, de forma a garantir seu desempenho.

Este trabalho visa apresentar as principais manifestações patológicas em edificações de concreto armado e suas causas, além de apresentar também meios de investigação, perícia e recuperação, visando aumentar a vida útil das construções. Ao final é apresenta-se o Edifício Continental quando será apresentado um estudo sobre os problemas encontrados e sobre como foi realizada a perícia e sua recuperação.

## 4.2 Durabilidade

Como preconiza a NBR 6118:2003 da ABNT, item 5.1.2.3, durabilidade “consiste na capacidade da 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”.

Segundo Lottermann (2013), quando se trata de patologia no concreto a durabilidade é um fator importante; ela é considerada o resultado da interação entre o ambiente, as condições de uso, de operação, de manutenção e a estrutura de concreto. Por isso não é considerada uma propriedade inerente à estrutura, à armadura ou ao concreto. Considera-se que uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos e diferentes funções de durabilidade no tempo, dependendo até da maneira como são utilizadas.

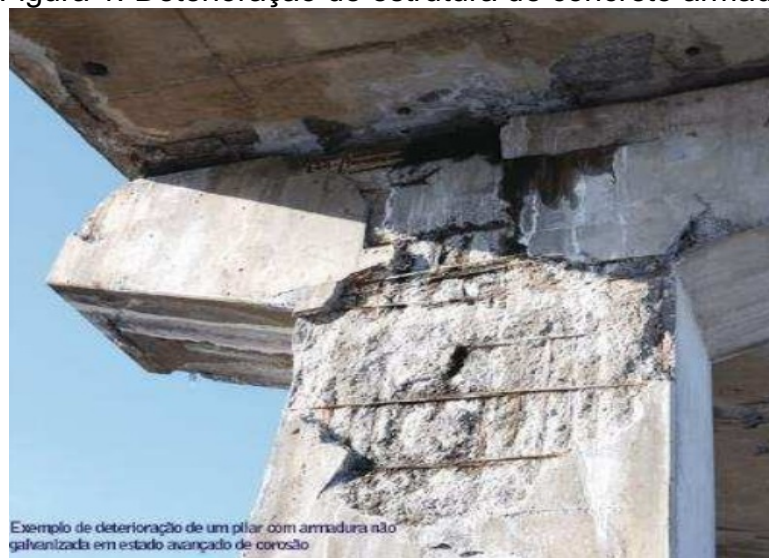
No item 6.1, a NBR 6118:2003 prescreve que

as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

De acordo com Loterrmann (2013), o problema atual da pouca durabilidade das construções é atribuído à carência de conhecimento quanto aos materiais e componentes das estruturas de concreto. No caso de materiais e componentes “tradicionais”, o conhecimento do seu uso constitui uma fonte preciosa de dados para a estimativa de vida útil destes produtos, no entanto, para materiais de características novas é necessário recorrer a métodos de ensaio que simulem o seu uso em obra.

De acordo com Sokolovicz (2013, apud Lotermann, 2013), a durabilidade do concreto é a capacidade que esse material/componente da construção possui de desempenhar as funções ao qual foi projetado, frente à desagregação e deterioração. Dizer que um concreto é durável, não significa dizer somente que o mesmo possui elevada resistência, mas sim que se mantenha estável até o cumprimento da sua vida útil.

Figura 1: Deterioração de estrutura de concreto armado



Fonte: Internet

A durabilidade do concreto está ligada diretamente a sua vida útil. Na figura 1 acima é apresentado um pilar que já ultrapassou a vida útil de serviço, mas não se pode afirmar apenas pela figura nada a respeito de sua durabilidade, pois teria que ser avaliado a quanto tempo ela já estava construída e se exerceu sua função de acordo com o previsto em projeto. De acordo com Helene (1992), pode-se classificar a vida útil de uma estrutura como vida útil de projeto, vida útil de serviço, vida útil última ou total e vida útil residual.

a) Vida útil de projeto: Período de tempo até o término do processo de despassivação da armadura, não significando que necessariamente haverá corrosão importante;

b) Vida útil de serviço: Período onde se começam a manifestar os efeitos dos agentes agressivos, desde o aparecimento de manchas na superfície do concreto até o destacamento do cobrimento;

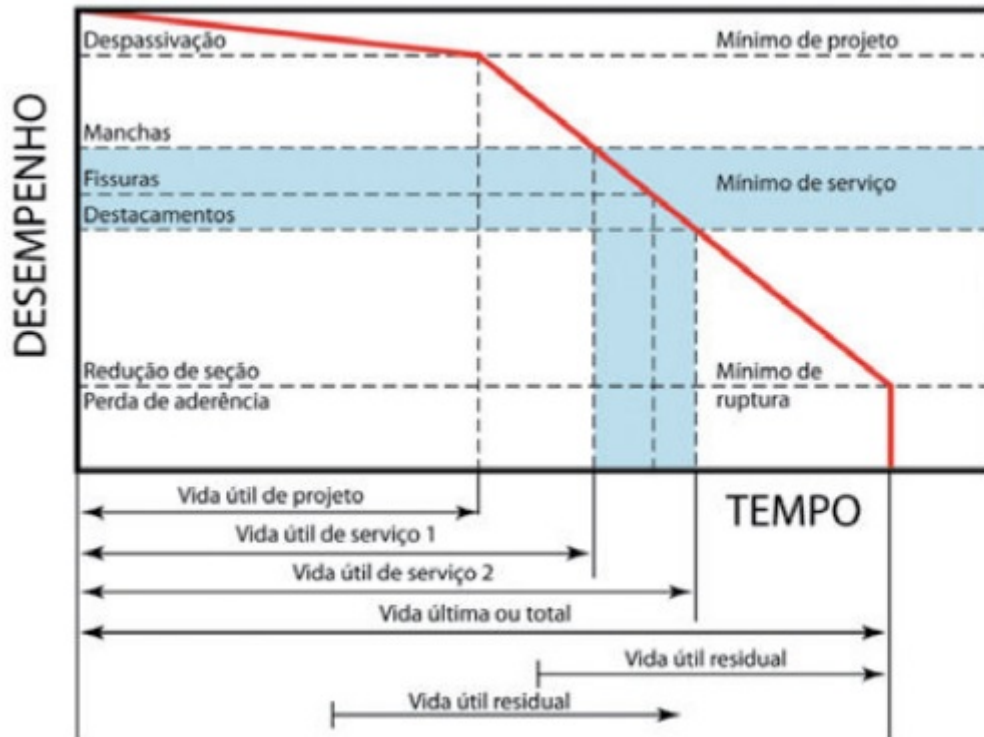
c) Vida útil última ou total: Período de tempo em que a estrutura entra em colapso parcial ou total.

d) Vida útil residual: Período em que, a partir de uma vistoria, a estrutura ainda será capaz de desempenhar as funções para a qual foi projetada.



Na Figura 2 são apresentadas as classificações de vida útil graficamente.

Figura 2: Vida útil das estruturas de concreto armado

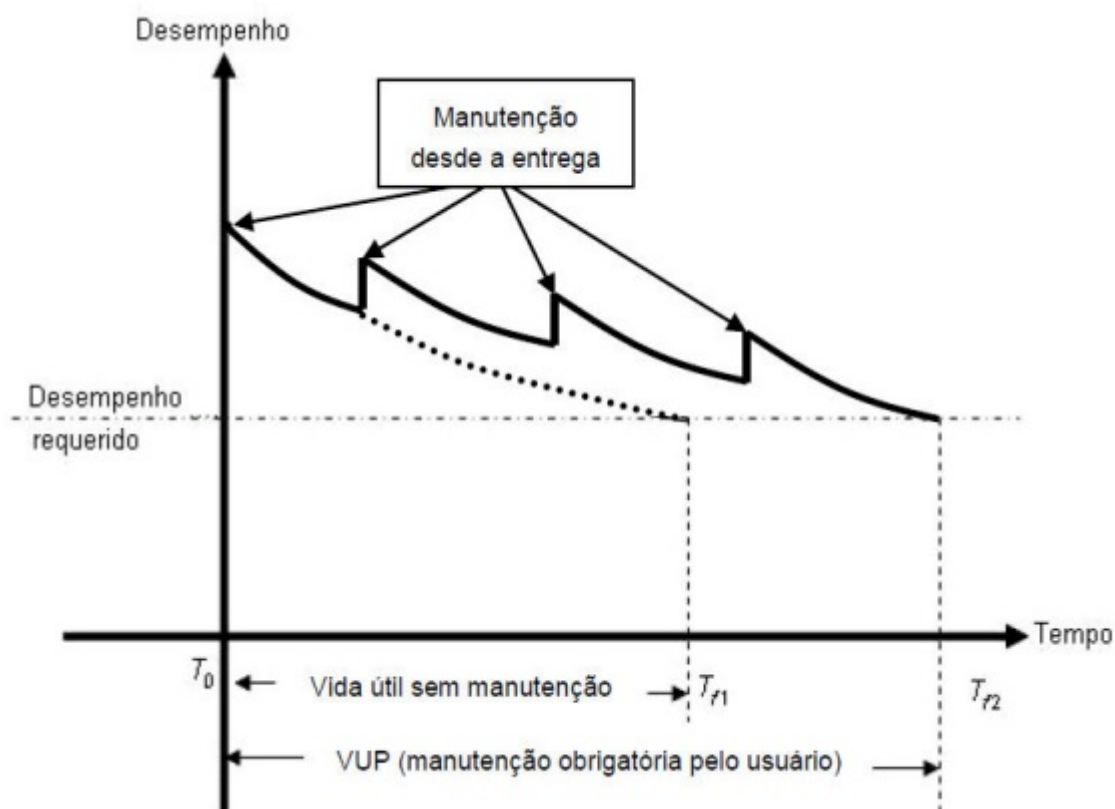


Fonte: Helene, 1997

De acordo com a ABNT NBR 15575:2013, a durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

A referida norma também ressalta que normalmente a vida útil da estrutura pode ser prolongada através de ações de manutenção, como é mostrado na Figura 3.

Figura 3: Vida útil x Desempenho



Fonte: NBR 15575:2013

Segundo Amorim (2010 apud Lottermann, 2013), graves problemas para a estrutura podem ser gerados devido à falta de manutenção e de conhecimento por parte dos usuários sobre elementos agressivos e sobre a estrutura de concreto como a exposição prolongada a umidades, aplicação de produtos agressivos ao concreto e às armaduras.

Na maior parte dos casos, a manutenção de um edifício não é feita com o devido cuidado e o que se sabe, é que com um programa de manutenção bem executado, é possível reduzir muito os custos com a recuperação.

### 4.3 Patologias na construção civil

Patologia é o "estudo da doença" e na construção civil é a parte da engenharia que estuda as falhas, origens, causas, sintomas e mecanismos dos defeitos das construções, ou seja, é o estudo dos elementos que fazem parte do problema.

Segundo Oliveira (2013), as patologias apresentam manifestações com características externas que só surgem após dado o início da construção, e a partir das perícias e avaliações é possível entender sua natureza, origem e os fenômenos envolvidos e com isso pode-se estimar suas prováveis consequências.

As causas de manifestações patológicas são inúmeras e engloba o envelhecimento natural, os acidentes, a utilização de materiais de má qualidade que estão fora das especificações necessárias, a falta de manutenção, falhas de execução, entre outras.

Segundo Piancastelli (1997 apud Gonçalves, 2015), por ser o concreto armado um material não inerte, ao longo do tempo ele está sujeito a alterações, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e também com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais).

As patologias podem se apresentar externamente, quando seu agente causador não é gerado por erro humano e sim por agentes nocivos do meio ambiente ou internamente, quando se origina durante o processo construtivo.

Na construção civil, a patologia pode ser vista como fim do comportamento estrutural ideal em relação a sua estabilidade, servicibilidade, estética e durabilidade frente às condições a que foi submetida (SCHÖNARDIE, 2009).

#### 4.4 Causas das patologias

As origens das manifestações patológicas que surgem nas estruturas de concreto armado durante sua vida útil são as mais variadas possíveis. Estudos mostram ainda que certos tipos de problemas são mais comuns em alguns países que em outros e que certas localidades conseguem evoluir satisfatoriamente algumas áreas do conhecimento sobre as estruturas de concreto armado.

Podem ser divididas em três causas:

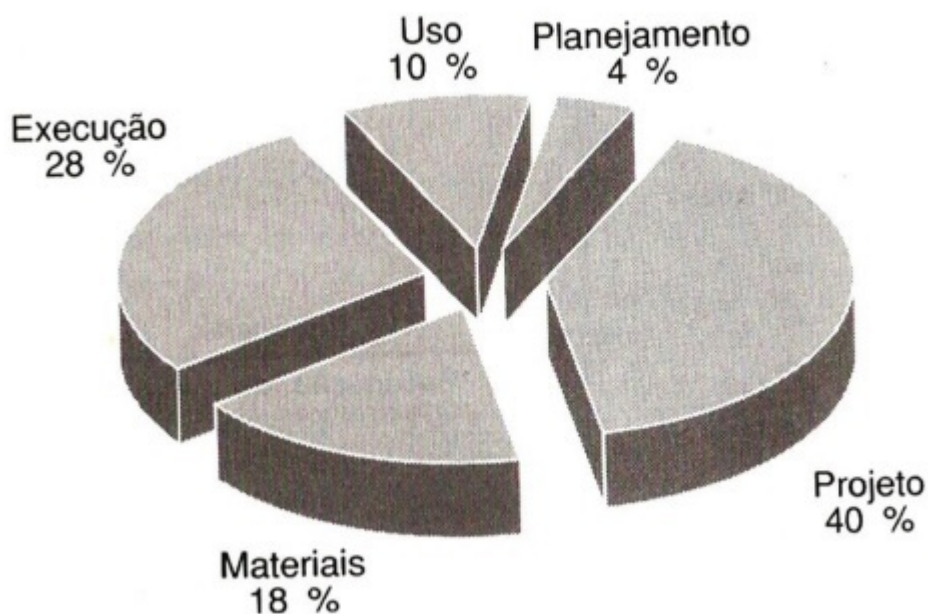
- Congênita: se originadas nas fases de planejamento e projeto;
- Construtivas: se originadas na fase de construção e empregados materiais de má qualidade e/ou com mão de obra não qualificada;
- Uso: se originadas no decorrer do uso inadequado da estrutura e pela falta de manutenção. (ZUCHETTI, 2015, *apud* FERREIRA, 2017).

Para Machado (2002 *apud* Lottermann, 2013), é de grande importância a identificação da etapa em que surgiram os vícios construtivos, até mesmo para que seja possível atribuir responsabilidade civil. De acordo com ele, as manifestações referentes às fases de planejamento, projeto e construção surgem no período inferior a dois anos, entretanto os problemas podem surgir após muitos anos ao longo da utilização.

Os processos de construção e uso podem ser divididos em etapas, sendo elas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e elementos fora da obra, execução propriamente dita e uso.

Nas fases de planejamento e projeto, é encontrada a maior parte da origem dos problemas, conforme é mostrado na Figura 4. As falhas de planejamento e projetos são, em geral, mais graves que as falhas da qualidade dos materiais e de má execução. Por isso, recomenda-se dedicar mais tempo em fazer projetos mais detalhados e completos.

Figura 4: Patologias nas etapas do processo de construção



Fonte: Helene, 1992

Não basta que as etapas de planejamento e projeto sejam de qualidade e executadas adequadamente. A utilização de maneira errada ou falta de manutenção também são causadores de problemas patológicos. Na maior parte das vezes, os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou pela ausência total de manutenção, têm sua origem ligada no desconhecimento técnico, na incompetência e em problemas econômicos. A manutenção periódica pode evitar problemas patológicos sérios e, em alguns casos, a própria ruína da estrutura.

Durante a utilização existem dois grupos de ações: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais. Nas ações previsíveis, podemos compreender o carregamento excessivo, devido à ausência de informações no projeto e/ou inexistência de manual de utilização. No caso das ações imprevisíveis temos alterações das condições de exposição das estruturas, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, choques acidentais, etc (LOTTERMANN, 2013).

Pode-se citar também as patologias motivadas por agentes externos como ação da umidade, variação de temperatura, instabilidade do solo, ação excessiva

dos ventos. Pode-se citar até situações mais graves e catastróficas como abalos sísmicos.

Segundo Gonçalves (2015), cada etapa citada: projeto, execução e utilização, possui sua significativa importância para entrega do produto final com a qualidade desejada, incluindo também nessas etapas a questão dos materiais empregados na obra. Obtendo-se a qualidade, consegue-se satisfazer o cliente. E assim, como consequência, menor incidência de patologias, ou ainda, um melhor controle sobre elas, já que nem sempre se pode evitá-las.

#### **4.4.1 Falhas de Projeto**

Durante o estudo preliminar, elaboração de anteprojeto, elaboração de projeto executivo, ou seja, durante a fase de concepção da estrutura, é possível que ocorram grande quantidade de falhas, que podem levar a transtornos relacionados a utilização da obra e ao surgimento de patologias nas estruturas (SILVA, 2011).

Couto (2007 apud SILVA, 2011) lista alguns exemplos de problemas originados na etapa de elaboração do projeto:

- a) Má definição das ações atuantes ou combinação mais desfavorável para a estrutura;
- b) Deficiência na avaliação de resistências do solo, podendo levar, por exemplo, a recalques inesperados ao longo da construção e nos primeiros anos de vida da edificação;
- c) Adoção de peças com espessura de cobrimento e relação água/cimento incompatíveis com tempo e as condições de exposição da estrutura;
- d) Especificação inadequada de materiais;
- e) Dimensionamento que leva a grandes deformações na estrutura, levando ao surgimento de fissuras (peças esbeltas e utilização de grandes vãos);
- f) Utilização de juntas estruturais sujeitas à infiltração de água, próximas aos elementos estruturais;

- g) Falta de compatibilização entre os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, entre outros);
- h) Detalhes construtivos impossíveis de serem executados;

#### **4.4.2 *Uso de Materiais Inadequados***

De acordo com a NBR 12655: 2015, deve-se controlar a aquisição dos insumos para a fabricação do concreto, com o objetivo de garantir a adequação às especificações do projeto. É de grande importância que os materiais utilizados para a fabricação do concreto estejam em conformidade com a norma.

Para os agregados o ideal é que se faça a análise química e mineralógica do material, com o intuito de detectar contaminantes reativos no agregado, cujas reações químicas expansivas com os álcalis do cimento podem ser bastante agressivas ao concreto.

É de grande importância também analisar as características físicas dos agregados, como o formato dos grãos e sua distribuição granulométrica, pois diferenças nessas propriedades podem levar a uma maior variabilidade nas propriedades do concreto fresco e endurecido (ANDRADE; SILVA, 2005 apud SILVA, 2011).

Em relação ao cimento indica-se o monitoramento de seus aspectos físicos, como finura, início e fim de pega, resistência à compressão, expansibilidade, calor de hidratação. Indica-se também o monitoramento de seus aspectos químicos, como resíduo insolúvel, perda ao fogo, teores de aluminato tricálcio e de álcalis (GONÇALVES, 2015).

Em relação água a ABNT NBR 12655: 2015 diz que “a água utilizada na preparação do concreto deve atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1. Está incluída nesta exigência a água utilizada sob a forma de gelo”. Como a água é um elemento do concreto de fundamental importância, logo, é necessário que seja analisado antes de sua utilização, pois aspectos como contaminação com cloretos,

sulfatos, álcalis, teor do pH, entre outros fatores, podem prejudicar o desempenho do concreto ao longo do tempo.

Quando se trata de concreto armado, é imprescindível que se faça o controle da armadura. Devem-se fazer ensaios e verificações para assegurar o patamar de escoamento, o limite de resistência, o alongamento mínimo, as tolerâncias de desbitolamento e dobramento.

De acordo com Gonçalves (2015), quando necessário o uso de aditivos no concreto, a análise quanto à possível contaminação com cloretos é de fundamental importância.

Ressalta-se que este controle de materiais e insumos do concreto armado mencionados, na grande maioria das obras, é deixado de lado.

#### **4.4.3 Erros na Execução**

Ao longo da etapa de execução da obra, as falhas construtivas podem causar grandes danos ao desempenho da estrutura de concreto.

Define-se como execução da estrutura de concreto todas as atividades desenvolvidas na sua execução, ou seja, sistema fôrmas, armaduras, concretagem, cura e outras, bem como as relativas à inspeção e documentação de como construído, incluindo a análise do controle de resistência do concreto (NBR 14931, ABNT 2004 apud GONÇALVES, 2015).

De acordo com Souza e Ripper (1998), por muitas vezes refletir os problemas socioeconômicos, que provocam a baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, o processo de produção é bastante prejudicado.

Também, outros fatores como a falta de uma fiscalização eficiente e um fraco comando de equipes, podem levar a falhas graves em determinadas atividades como, escoramentos, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, entre outras (COUTO, 2007 apud SILVA, 2015).

A ABNT NBR 12655: 2015 descreve como etapas de execução do concreto a seguinte sequência:



- a) Caracterização dos materiais componentes do concreto,
- b) Estudo de dosagem do concreto;
- c) Ajuste e comprovação do traço do concreto;
- d) Elaboração do concreto.

Em relação a elaboração do concreto, Silva (2011) lista os aspectos importantes e as principais fases relacionadas:

**Mistura:** Os componentes do concreto devem ser misturados até formar uma massa homogênea. Essa operação pode ser realizada em betoneiras ou em centrais dosadoras/misturadoras. É importante observar aspectos como a sequência de colocação dos materiais, o tempo de mistura, a correção da água arrastada pelos agregados e possíveis erros nas quantidades adicionadas dos materiais.

**Transporte:** após preparada a massa de concreto, ela deve ser transferida do local da mistura até o local de lançamento. Esse transporte pode ser feito de forma simples, por meio de carros de mão, jericas, entre outros, sendo os principais problemas, a segregação do concreto no transporte, à perda do material e o tempo necessário para fornecê-lo as frentes de trabalho, comprometendo, assim, a qualidade e a produtividade do serviço.

O transporte também pode ser realizado por caminhões betoneira, onde deve-se tomar cuidado com o tempo decorrido desde a saída do caminhão da usina até o descarregamento do concreto na obra, tempo este que deve ser ajustado de acordo com as características do concreto e as condições de temperatura, evitando a perda acentuada de abatimento.

**Lançamento:** consiste na colocação do concreto para moldagem da peça, pode ser realizado com pás, carros de mão, ou bombas para alcançar grandes distâncias. No caso do uso de bombas é muito importante verificar o estado de conservação do equipamento utilizado, prevenindo, assim, possíveis problemas durante a concretagem.

Outro aspecto importante a ser observado é a altura de lançamento do concreto, a concretagem de peças com altura superior a 2 metros deve ser realizada

de forma cuidadosa, a fim de evitar a segregação dos agregados graúdos nas regiões inferiores da peça, originando bicheiras ou vazios.

**Adensamento:** Trata-se da atividade de vibrar o concreto, em seu estado fresco, com o objetivo de retirar o ar aprisionado durante as etapas anteriores, proporcionando-lhe a máxima compactação. Falhas ocorridas durante essa etapa, como excesso ou deficiência de vibração, podem gerar problemas de exsudação, segregação ou bicheiras. Logo, a frequência e amplitude dos vibradores, assim como o tempo de utilização e a disposição desses equipamentos são algumas das escolhas essenciais para o sucesso da atividade.

**Cura:** É a atividade mediante a qual se mantêm o teor de umidade satisfatório, impedindo a evaporação de água da mistura, garantindo também, uma temperatura favorável ao concreto durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes, de modo que seja possível desenvolver as propriedades desejadas.

A atividade de cura se resume no cobrimento da peça concretada com água por um tempo mínimo, que será função da relação a/c e do tipo de cimento utilizado. As características superficiais são as mais afetadas por uma cura mal executada como a presença de fissuração, a permeabilidade e a carbonatação.

Quando as falhas de concretagem não são reparadas devidamente, acarretam sérias consequências à estrutura, principalmente em regiões agressivas ou de difícil acesso à inspeção.

Em relação à armação, são cuidados importantes: a correta disposição da ferragem, a conformidade da quantidade e diâmetro nominal das barras com o pedido no projeto estrutural.

Outro cuidado de bastante importância é a correta execução do cobrimento da armadura, que serve de barreira contra agentes de despassivação (cloretos e CO<sub>2</sub>). Quanto maior o cobrimento e melhor a qualidade do concreto maior será o intervalo de tempo, para que os agentes agressores cheguem à armadura acarretando o processo corrosivo na mesma (SILVA, 2011).

Quando não é observada a correta execução e não são atendidos os devidos parâmetros, pode-se levar ao colapso da estrutura.

#### **4.4.4 Utilização Indevida e Manutenção Ausente**

De acordo com a ABNT NBR 5674:2012 manutenção consiste no “conjunto de atividades a serem desempenhadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma edificação e de suas partes constituintes de forma a atender as necessidades e segurança dos usuários”.

Cabe ao usuário cuidar de utilizar a estrutura da maneira mais eficiente, com o objetivo de manter as características originais ao longo de sua vida útil. A eficiência relaciona-se tanto com as atividades de uso, como, por exemplo, garantir que não sejam ultrapassados os carregamentos previstos, quanto com as atividades de manutenção, já que o desempenho da estrutura tende a diminuir ao longo da sua vida útil (ANDRADE; SILVA, 2005 apud GONÇALVES, 2015).

Segundo Souza e Ripper (1998), a ausência de manutenção ou a manutenção inadequada que ocasiona os problemas patológicos, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e também em problemas econômicos.

Quando não se destina verbas para a adequada manutenção, pode resultar no surgimento de problemas estruturais de alta gravidade, gerando grandes gastos e, dependendo da situação, podendo até mesmo ser necessária a demolição da estrutura (GONÇALVES, 2015).

#### **4.5 Principais patologias**

Helene e Pereira (2007) declaram que as eflorescências, as fissuras, as flechas excessivas, a corrosão da armadura, as manchas no concreto aparente, os defeitos de aterro e compactação e problemas devido à segregação dos componentes do concreto, são os problemas comuns de maior efeito no concreto. Normalmente, as manifestações patológicas aparecem de forma muito característica e com ocorrência bem estabelecida estatisticamente. Ao se fazer a análise das patologias, é possível identificar a origem e natureza dos problemas, bem como suas consequências.

Na Tabela 1, Machado (2002 apud Lottermann, 2013) relaciona as principais manifestações patológicas:

Tabela 1: Incidência de Manifestações Patológicas

Manifestações Patológicas	Ocorrência %
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: Machado, 2002

#### 4.5.1 Fissuras, trincas e rachaduras

Fissuras são aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos à estrutura.

Segundo Oliveira (2012 apud Lottermann, 2013) fissuras, trincas e rachaduras são patologias observadas em pilares, vigas, lajes, alvenaria, pisos e outros elementos construtivos, causadas normalmente em função das tensões dos materiais. A falha ocorre caso os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência, o que acaba ocasionando uma abertura, que conforme sua espessura, será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha.

A fissura é uma das patologias mais comuns de ocorrer, ou pelo menos a que chama mais atenção dos proprietários (SOUZA; RIPPER, 1998).

São várias as causas destas fissuras e de difícil diagnóstico. As trincas podem iniciar, de forma congênita, logo no projeto arquitetônico da construção, podem surgir depois de anos, dias ou mesmo horas (THOMAZ, 1989).

Existe também uma diferenciação no conceito de “fissuras”, “trincas” e “rachaduras”. As trincas em relação ao tratamento são semelhantes às fissuras e se diferenciam destas apenas na dimensão, pois as trincas têm aberturas maiores que 0,5mm. As rachaduras já possuem características que as diferenciam das demais, possuem uma abertura acentuada e profunda, neste caso, a dimensão é superior a 1mm. A partir da espessura de 1,5 mm, pode-se chamar de fenda (GONÇALVES, 2015).

Exemplos de fissura, trinca e rachadura são evidenciados na figura 5.

Figura 5: Fissuras, trincas e Rachaduras



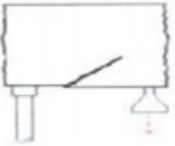



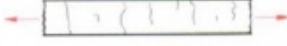
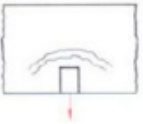
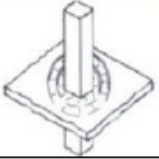
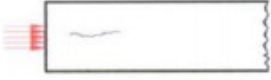
FISSURA, TRINCA E RACHADURA

Fonte: [www.blok.com.br](http://www.blok.com.br)

As fissuras, em sua maioria, são aberturas alongadas e estreitas, superficial e e pouca gravidade, como por exemplo, fissuras na massa corrida, fissura na pintura, que não implicam em problemas estruturais. Entretanto não se pode esquecer que toda rachadura inicia-se como um fissura, por isso é sempre importante saber sua causa.

Pode-se indicar as causas que motivaram as fissuras através da análise da posição nos elementos estruturais, sua abertura, sua trajetória e seu espaçamento. Ambrósio (2004 apud Lottermann, 2013) traz algumas origens de fissuras em estruturas:

Tabela 2 – Origem das fissuras nas estruturas

TIPO DE FISSURA	PEÇAS MAIS SUJEITAS	CONFIGURAÇÃO TÍPICA	EXEMPLO
Recalque Diferencial da fundação	Paredes / Vigas	→ Inclinação, se afastamento da região que menos recalçou; → Abertura variável.	
Cisalhamento	Qualquer elemento	→ Mais inclinadas junto ao apoio, verticalizando-se em direção ao meio do vão; → Abertura variável, desaparecendo ao atingir a região comprimida da peça.	
Flexão	Qualquer elemento;  Lajes, junto aos cantos.	→ Mais concentradas junto às regiões de máximo momento fletor e aumento gradativamente o espaçamento, ao se afastarem dessa região; → Abertura variável, desaparecendo ao atingirem a região comprimida; → Diagonal, formando um triângulo aproximadamente isósceles com os cantos.	
Torção	Peças lineares, com cargas não coincidentes com seu eixo longitudinal.	→ Em forma de hélice ao longo do eixo longitudinal	
Tração	Qualquer elemento tracionado longitudinalmente	→ Perpendiculares à direção da carga de tração, seccionando a seção transversal; → Mais fechadas junto as armaduras.	
Tração	Peças de suporte	→ Perpendiculares à direção da reação de apoio das peças apoiadas indiretamente.	
Punção	Lajes / Sapatas / Paredes, com cargas perpendiculares a seu plano	→ Tronco-crônicas, contornando a carga concentrada, em forma de "teia de aranha", em planta	
Fendilhamento	Qualquer peça protendida junto as ancoragens / Pilares / Paredes com cargas concentradas aplicadas segundo seu plano	→ Paralelas à direção de aplicação da carga; → Abertura variável, mais abertas aproximadamente à metade da maior dimensão da seção transversal da peça, a partir da face carregada.	

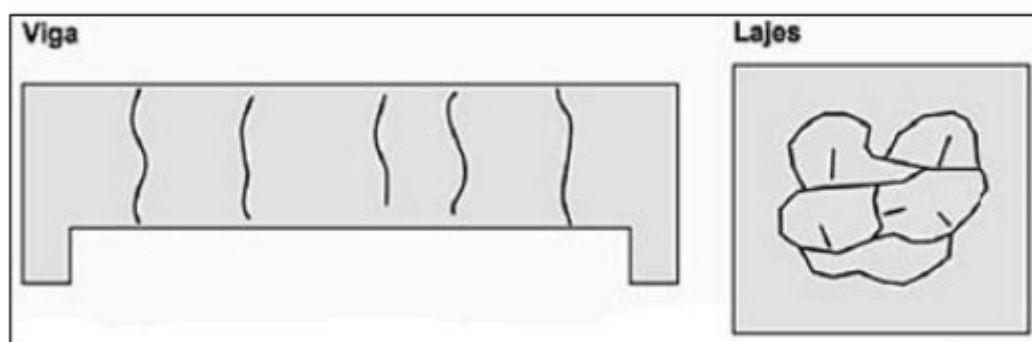
Fonte: Ambrosio, 2004

#### 4.5.1.1 Fissuras devido à retração hidráulica

Devido à cura malfeita do concreto é que este tipo de fissura acontece. A perda da água na peça junto ao alto calor de hidratação e ineficiente proteção térmica do elemento estrutural, criam tensões internas que causam retração, resultando em esforços de tração (HELENE, 1992).

O concreto não resiste a esses esforços gerados, e acaba por apresentar fissuras sem direção definida, como exemplificado na Figura 6.

Figura 6 - Fissura no concreto por retração hidráulica



Fonte: MARCELLI (2007 *apud* GONÇALVES, 2015)

É através da cura feita de maneira apropriada que se evita estas fissuras. Porém, caso a manifestação patológica já estiver ocorrendo no elemento estrutural, deve-se executar o selamento para a proteção das ferragens contra ataques de agentes externos. (THOMAZ, 2003 *apud* GONÇALVES, 2015).

#### 4.5.1.2 Fissuras devido à variação de temperatura

A variação de temperatura causa variações dimensionais no concreto, de modo que, se a estrutura for impedida de se movimentar, essa variação térmica gerará trincas devido às tensões elevadas.

Segundo Marcelli (2007), os elementos que mais sofrem com a variação de temperatura são as peças esbeltas e longas, como vigas contínuas de vários tramos

ou em grandes panos de lajes, ainda mais quando existem vínculos impedindo a livre movimentação da peça de concreto.

A variação térmica é algo que deve ser levado em conta pelo calculista estrutural, e normas vigentes como a NBR 6118 devem ser seguidas, mas muitos projetistas não a levam em conta na etapa de concepção. Para Marcelli (2007), “a solução do problema está na concepção do projeto, que se não for levada em consideração, via de regra, torna o problema crônico e de difícil solução posterior, obrigando o usuário muitas vezes a conviver com ele”.

Os materiais empregados na execução da obra possuem os mais diferentes coeficientes de dilatação térmica. Isso causa deformações nas mais diversas amplitudes.

A variação de temperatura causa nas faces interna e externa de uma laje um gradiente térmico devido à diferença de dilatação entre as faces. Esse é um tipo comum de ocorrência nas coberturas, com a laje superior exposta ao calor durante o dia, e por chuvas e queda de temperatura durante a noite, por exemplo (Gonçalves, 2015).

Marcelli (2007,) propõe o tratamento destas fissuras através do uso de selantes elásticos, sugerindo as seguintes recomendações:

- a) Em ambiente interno não-agressivo: dispensar tratamento para aberturas menores que 0,3mm, e tratar com selante aberturas maiores que esse valor;
- b) Em ambiente agressivo e úmido: dispensar tratamento em aberturas menores que 0,1mm, tratando com selante aberturas maiores que esse valor.

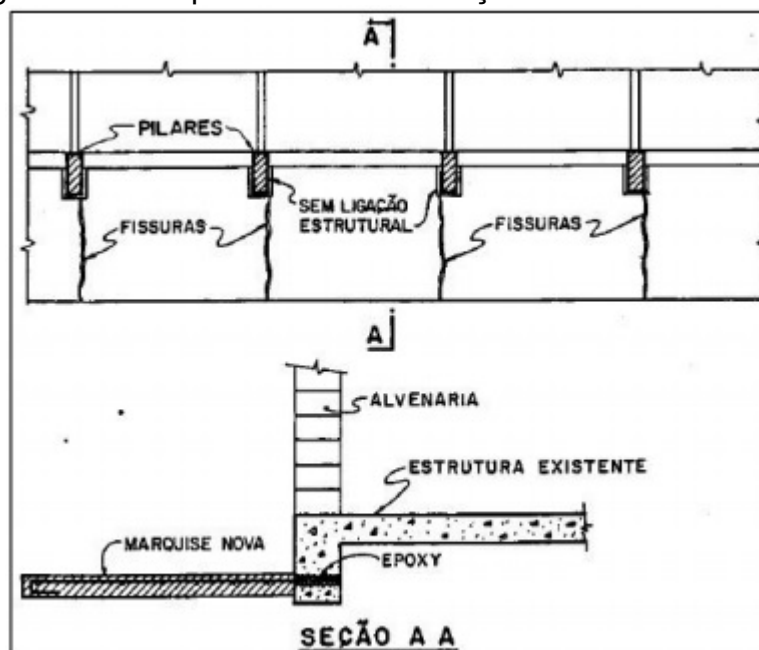
Thomaz (2003, apud Gonçalves, 2015) apresenta um exemplo de caso de retração térmica (figura 7). Neste caso, trata-se do engastamento de uma marquise de concreto armado a uma estrutura já existente. O que se observou foram fissuras ocorridas transversais à marquise, juntos aos pilares pré-existentes. Houve no conjunto a ocorrência da retração térmica do concreto, que nos primeiros dias após a concretagem, gerou tensões elevadas de tração.



A estrutura pré-existente impediu os deslocamentos da marquise nova. Junto aos pilares, onde a marquise foi cortada, e onde houve concentração de tensões, surgiram fissuras.

Segundo Thomaz (2003 apud Gonçalves, 2015), uma solução seria a proteção térmica adequada nos primeiros dias de cura, o que impede o resfriamento rápido do concreto e reduz as tensões nele sofridas.

Figura 7 - Exemplo de caso de retração térmica do concreto.



Fonte: THOMAZ (2003, apud Gonçalves, 2015).

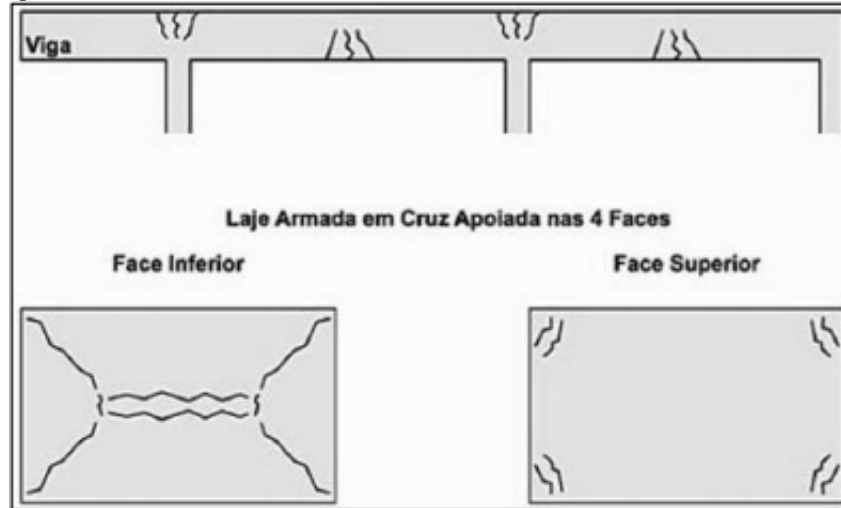
#### 4.5.1.3 Fissuras devido à flexão

Segundo Helene (1992), esta patologia ocorre muitas vezes quando a estrutura é subdimensionada, ou seja, quando não é feita uma avaliação correta da sobrecarga que atuará. Pode ocorrer também em consequência da deficiência dos materiais utilizados na execução e também quando acontece uma mudança no tipo de utilização da estrutura, causando cargas maiores que as previstas em projeto.

Na Figura 8 é apresentada uma configuração típica desta situação, com as lajes e vigas apresentando trincas. Nas lajes, as trincas têm uma apresentação mais

variada que dependem de vários fatores como: relação entre comprimento e largura da peça, esquematização da armadura e natureza da solicitação.

Figura 8- Trincas de flexão em elementos de concreto armado.

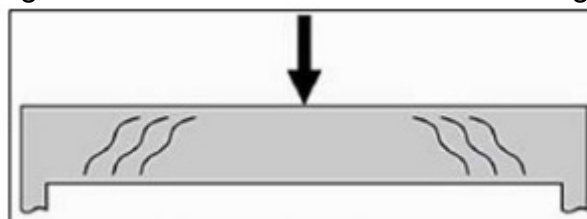


Fonte: MARCELLI (2007, apud Gonçalves, 2015)

#### 4.5.1.4 Fissuras devido à cisalhamento

Esse tipo de fissura pode ocorrer quando existe excesso de carga, armadura insuficiente ou disposta erroneamente. As trincas ocorrem normalmente nos pontos de cortante máxima (Figura 9).

Figura 9 - Trincas de cisalhamento em viga



Fonte: MARCELLI (2007)

#### 4.5.1.5 Fissuras devido à torção

Pode-se dizer que uma peça está sofrendo torção quando está submetida à rotação em relação à sua seção transversal. Este tipo de esforço é comum em sacadas de edifícios, em lajes com flecha excessiva apoiada sobre vigas causando

rotação nesta, ou em lajes de balanço como por exemplo, uma marquise (GONÇALVES, 2015).

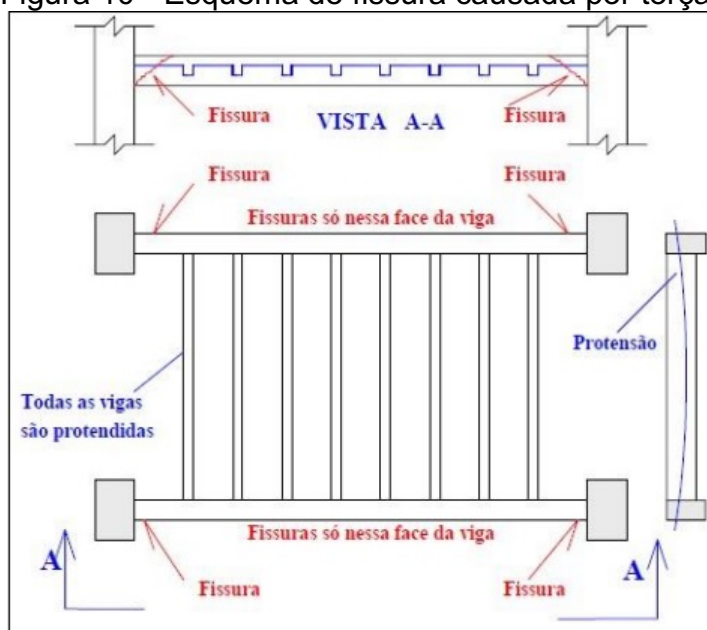
Todas essas situações provocam uma rotação no plano da seção transversal do elemento estrutural e, quando esse esforço gera deformações acima da capacidade de suporte da peça, surgem as fissuras características de torção.

De acordo com Marcelli (2007) as fissuras são inclinadas aproximadamente a  $45^\circ$  e surgem nas duas faces laterais da viga na forma de segmentos de retas reversas.

Um exemplo prático de fissura à torção pode ser visualizado na Figura 10, em que é apresentada uma grelha em concreto protendido, onde ocorrem fissuras inclinadas. A protensão das vigas da grelha impõe à viga principal, engastada nos pilares, uma rotação em torno do seu eixo, produzindo esforço de torção nessa viga. As tensões de cisalhamento devidas a essa torção se somam às tensões de cisalhamento devidas à força cortante. São formadas então as fissuras não esperadas pelo projetista. A causa das fissuras é exatamente a torção que não foi considerada no cálculo (THOMAZ 2003 apud GONÇALVES, 2015)

Neste caso, na etapa de cálculo, o projetista deve então considerar além das cargas permanentes e sobrecargas, também os esforços gerados pela protensão.

Figura 10 - Esquema de fissura causada por torção



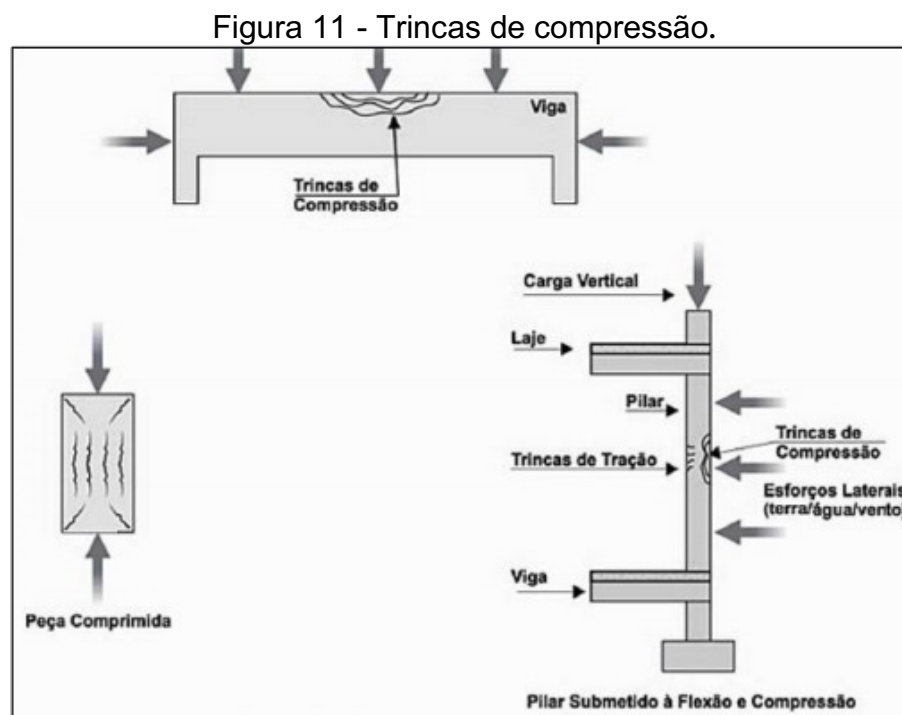
Fonte: Thomaz (2003 apud GONÇALVES 2015)

#### 4.5.1.6 Fissuras devido à compressão

Como em uma estrutura é o concreto que absorve a maior parcela dos esforços de compressão, as trincas causadas por compressão exigem muita atenção e rápidas providências. Neste caso, a fissura pode significar o colapso da estrutura, ou ainda indicar que a peça já perdeu a sua capacidade de carga original e desta maneira redistribuiu os esforços para os pilares vizinhos, que neste caso também ficam comprometidos (MARCELLI, 2007).

Através do cálculo correto e dimensionamento feito considerando corretamente os esforços atuantes, onde o uso seja compatível com o carregamento de projeto, é possível evitar a ocorrência dessas trincas. Mas no caso de já ter ocorrido o problema, o indicado é recorrer a reforços estruturais (MARCELLI, 2007)

Segundo Marcelli (2007), em algumas situações, vigas e pilares podem trabalhar sob flexão e compressão, num sistema duplo de solicitação. Pode haver, nessas condições, um acúmulo de tensões na região comprimida, surgindo algumas trincas características, como está indicado na Figura 11.

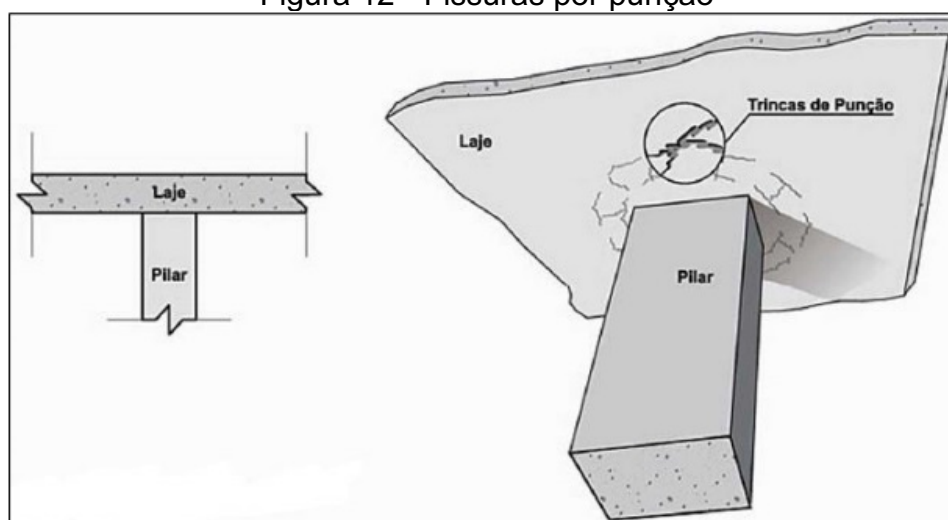


Fonte: MARCELLI (2007)

#### 4.5.1.7 Fissuras devido à punção

Este tipo de fissura ocorre quando lajes se apoiam diretamente em pilares ou vice-versa. É um esforço pontual, que pode ser causado por excesso de carga, concreto de resistência inadequada, erros na execução ou armadura insuficiente junto aos apoios (FIGURA 12).

Figura 12 - Fissuras por punção



Fonte: MARCELLI (2007)

#### 4.5.2 Corrosão da armadura

Segundo Santos (2015 apud Marques, 2016), a corrosão do metal é um processo químico, natural e inerente a barra de aço. No caso do concreto armado, a interação do concreto e do aço é benéfica pois evita a corrosão através de duas maneiras, fisicamente o concreto atua como barreira impedindo o contato do aço com o exterior, e quimicamente o elevado Ph do concreto promove a formação de uma fina camada de óxidos de ferro na superfície da barra chamada de película passivadora que protege o aço contra o início de corrosão.

Segundo Metha e Monteiro (2008 apud Marques, 2016), é atribuído à corrosão das armaduras, o efeito combinado de mais que uma causa. É considerada uma das manifestações patológicas de maior ocorrência por ser processo inerente do material, que ocorre mesmo quando executadas de maneira adequada. A

corrosão é também grande causadora de ruína em edifícios, dada a importância do aço na absorção de tensões de tração.

Vários são os danos causados à estrutura. Podemos citar a fissuração do concreto, perda de aderência aço-concreto e diminuição da seção transversal da barra ou ainda sua ruptura.

Segundo Marques (2016), a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, provoca a perda de seção das barras de aço e concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto as quais acabam fissurando o concreto e sequencialmente lascando-o e destacando-o.

São várias as causas da ocorrência da corrosão no concreto, entre elas estão a má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, ambiente agressivo, proteção insuficiente, manutenção inadequada ou inexistente e presença de cloretos.

Segundo Marques (2016), é importante evitar o fissuramento da peça e proteger onde for necessário porque na maioria dos casos de corrosão o meio externo é a fonte geradora. Os níveis de agressividade variam muito de ambiente para ambiente, e, por isso a ABNT NBR 6118 estabelece os níveis aceitáveis de espessura das fissuras, como:

- a) 0,1mm para peças não-protegidas em meio agressivo;
- b) 0,2mm para peças não-protegidas em meio não-agressivo;
- c) 0,3mm para peças protegida.

Desta forma, Marcelli (2007), pondera que de acordo com recomendações internacionais podemos tirar a conclusão que as aberturas das trincas na face do concreto, em casos não agressivos não devem superar 0,3mm e nas situações de grande agressividade não devem superar 0,1 mm.

#### 4.5.2.1 Processo químico

A corrosão acontece em função da diferença de concentração de íons dissolvidos (diferença de potencial – DDP) como álcalis do cimento ou cloretos livres, nada mais é que uma pilha eletroquímica.

Supõe-se uma reação de oxidação e uma de redução com circulação de íons por um eletrólito, gerando, então, na superfície do metal duas zonas: o ânodo, produz oxidação do metal liberando elétrons; e o cátodo, que recebem os elétrons reagindo para produzir a redução de alguma substância presente no eletrólito (LAPA 2008 apud MARQUES, 2016).

Na Figura 13 é apresentado o processo ilustrativo das seguintes reações que ocorrem na pilha:

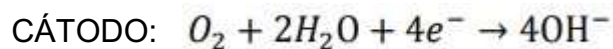
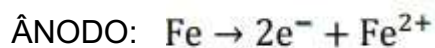
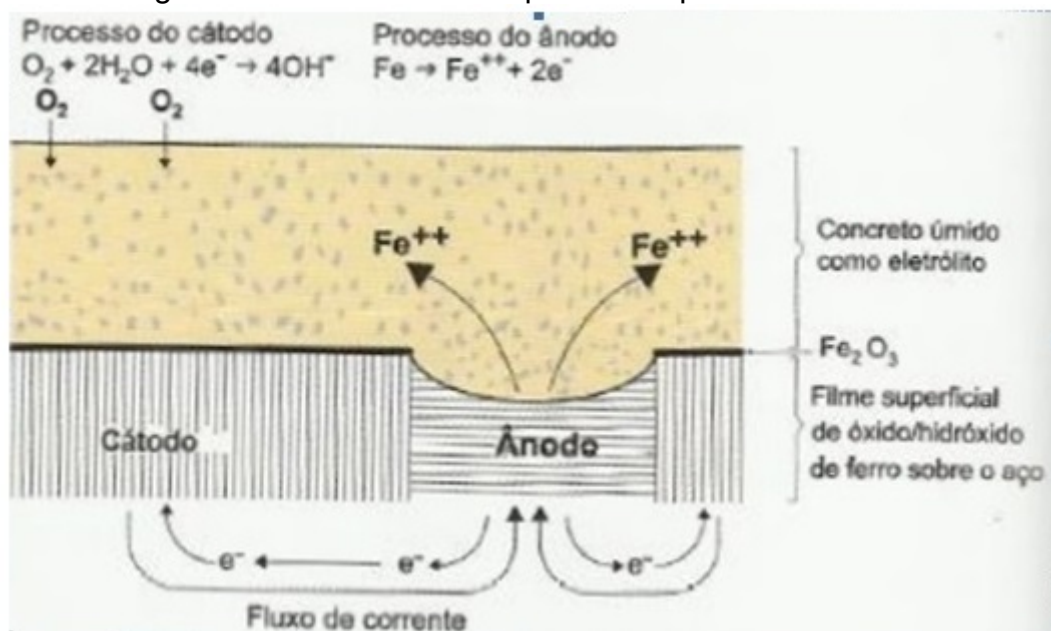


Figura 13 - Processo eletroquímico da pilha de corrosão.



Fonte: Metha e Monteiro, 2008.

Assim, para que haja a reação de corrosão, percebe-se que existe a necessidade da presença de oxigênio e água. E também são formados produtos (óxido de ferro – ferrugem) de maiores volumes, o que gera a expansão (até 600% em relação ao metal original) que causa a fissuração do concreto, fazendo que o aço fique ainda mais susceptível a agentes externos, aumentando a velocidade das reações.

#### **4.5.2.2 Agentes causadores da corrosão das armaduras**

O processo anódico apenas acontece caso o filme de óxido de ferro protetor seja removido em ambiente ácido – por exemplo, a carbonatação do concreto - ou se torne permeável pela ação de íons cloretos. Agora, é necessário água e oxigênio para o processo catódico, uma vez iniciado o processo de corrosão devido à quebra da película passivadora (METHA e MONTEIRO 2008, apud MARQUES, 2016).

Para Cascudo (1997, apud Marques, 2016), a ação dos íons cloretos (corrosão localizada por pite) e redução de PH do aço (corrosão generalizada → carbonatação) são considerados os principais agentes causadores da corrosão das armaduras localizada sobre tensão fraturante.

Assim, atribui-se como as principais causas da corrosão do aço aos processos de carbonatação do concreto e ao ataque dos íons cloretos, sendo necessário para o início do processo a presença de  $\text{CO}_2$  ou Cl, e necessária a água e o oxigênio para prolongação. E como a entrada destes agentes acontece quase sempre através dos poros, um concreto permeável é a principal fonte desta manifestação patológica.

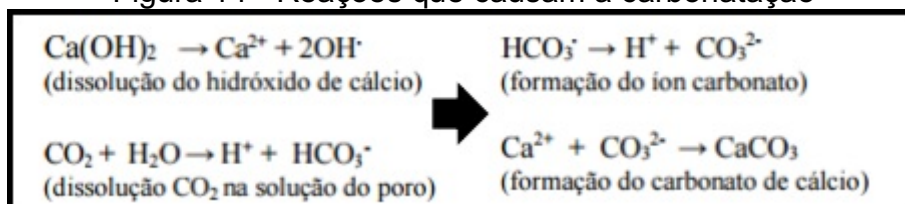
#### **4.5.2.3 Carbonatação**

De acordo com Isaia (2011, apud Marques, 2016) “a carbonatação é a reação que transforma íons alcalinos como cátions de sódio, potássio e cálcio em sais de carbonatos desses elementos, pela ação ácida do  $\text{CO}_2$  presente no ar”.



O hidróxido de cálcio e o gás carbônico são dissolvidos na solução aquosa dos poros do concreto e liberam  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , que reagem formando o carbonato de cálcio conforme as equações presentes na Figura 14.

Figura 14 - Reações que causam a carbonatação



Fonte: Adaptado de Santos (2015, apud Marques, 2016).

O carbonato, que é produzido nesta reação possui um volume maior que o hidróxido de cálcio consumido, o que faz com que haja uma diminuição dos poros e consequentemente, deixa a reação mais lenta ao passar do tempo, entretanto ocorre um aumento da porosidade capilar (ISAIA, 2011 apud MARQUES, 2016).

Segundo Neville (1997 apud Marques, 2016), a carbonatação é um dos agentes iniciadores de corrosão mais importantes pelo fato de que pode ocorrer até mesmo em ambientes com baixa concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera (0,03%), como por exemplo em ambientes rurais

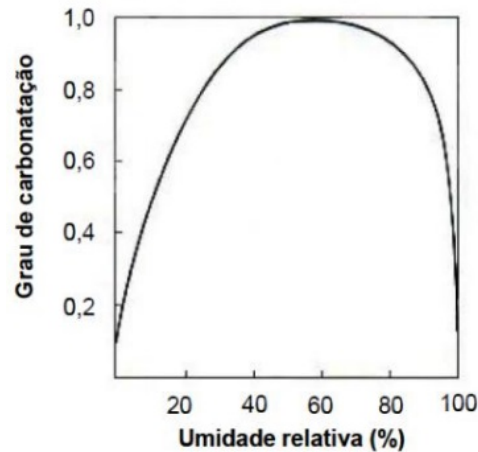
Segundo Aguiar (2014), principalmente por causa do  $\text{Ca(OH)}_2$ , o concreto possui um pH da ordem de 12,5. A diminuição do hidróxido de cálcio do interior dos poros da pasta de cimento hidratado e sua transformação em carbonato de cálcio faz o pH da solução baixar em equilíbrio de 12,5, para 9,4, fator importante para o início da corrosão das armaduras.

O  $\text{CO}_2$  penetra lentamente da superfície para o interior. Dependendo das condições de exposição ao meio ambiente e das características do concreto, a ocorrência e velocidade da reação podem variar. Em geral, em um concreto de mediana qualidade percebe-se que a velocidade da carbonatação é de aproximadamente 1 mm por ano, ou seja, 1cm a cada 10 anos. (AGUIAR, 2014).

Em relação ao ambiente, deve-se levar em consideração a concentração de  $\text{CO}_2$  da atmosfera, a temperatura e principalmente a umidade relativa.

A umidade relativa que possui valor ótimo entre 50-70%, como apresentado na Figura 15, já que os poros precisam estar parcialmente saturados para garantir a difusão do íon carbonato e entrada do gás carbônico.

Figura 15 - Grau de carbonatação em função da umidade relativa do ar

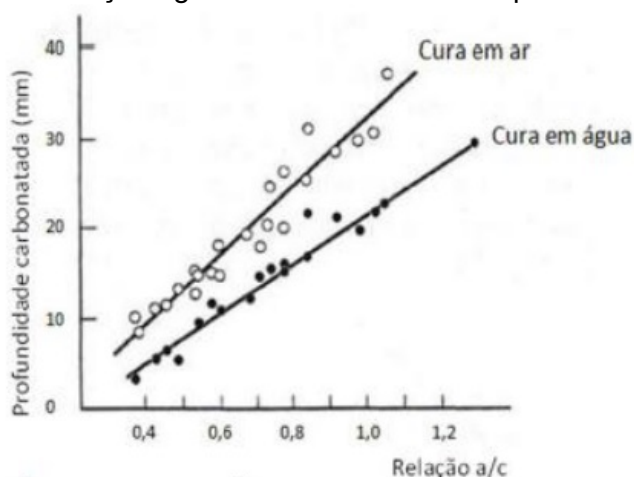


Fonte: Venuat e Alexandre, (1969 apud Marques, 2016)

Em relação às características do concreto, destaca-se o sistema de poros do concreto. São necessários que os agentes estejam presentes nos poros do concreto para que aconteçam as reações apresentadas, e também é de grande interferência a quantidade de poros e sua ligação.

Os fatores que influenciam no sistema de poros são a relação água/cimento, o tipo do cimento, o teor do cimento, as adições minerais e a cura. Com o aumento da relação água/cimento a difusão do  $\text{CO}_2$  é facilitada, devido ao aumento da permeabilidade, o que gera aumento da profundidade de carbonatação, conforme apresentado na Figura 16 (LAPA, 2008 apud MARQUES, 2016).

Figura 16 - Influência da relação água/cimento e da cura na profundidade de carbonatação.



Fonte: Pina (2009 apud MARQUES, 2016)

Segundo Isaia (2011 apud Marques, 2016), o teor de cimento, o tipo do cimento e as adições minerais além de influenciarem na formação dos poros têm papel primordial na composição da reserva alcalina do concreto. O cimento é necessário para formação do hidróxido de cálcio consumido na reação de carbonatação, portanto, maiores teores de hidróxido de cálcio significam mais produtos para reação desacelerando a frente de carbonatação levando a maiores tempos para atingir a armadura. No entanto, o cimento pode gerar retração e fissuração da pasta, favorecendo a entrada de gás carbônico e acelerando a carbonatação na peça (ISAIA, 2011).

Conforme Marques (2016), a carbonatação não é causadora da deterioração do concreto, porém por ser o agente despассивante da armadura, causa o início da corrosão. Por isso, para fins de durabilidade, conhecer a profundidade carbonatada do concreto é necessário, e desta forma é possível identificar sua proximidade com a armadura para assim impedir a despассивação.

Segundo Marques (2016), a implantação da EN 1504 (2009), norma europeia para reparos e proteção do concreto à reação de carbonatação vem trazendo uma nova abordagem. Dentre os métodos tem-se o aumento do cobrimento com um revestimento adicional antes de ocorrer a carbonatação (argamassa, tintas ou concreto), a substituição do concreto carbonatado (quando ainda não atingiu a armadura) e a realcalinização do concreto (eletroquímica ou por difusão). Todos estes métodos têm o intuito de preservar e restaurar a passividade da armadura.

A aplicação de barreiras espessas como rebocos, revestimentos com pedras ou cerâmicos, além de pinturas, evitam a entrada do  $\text{CO}_2$ , vale lembrar que as pinturas possuem uma vida útil reduzida, e necessitam de novas intervenções para garantir o bloqueio da carbonatação. Assim, as superfícies do concreto podem e devem ser protegidas para prevenir a carbonatação.

#### **- Ensaio de profundidade de carbonatação**

Segundo Isaia (2011, apud Marques, 2016) para detectar e avaliar a profundidade de carbonatação existem vários procedimentos, desde análise em microscópico eletrônico de varredura a densimetria por radiação gama. Porém o mais difundido é o de aspersão de indicadores de Ph, normatizado pela RILEM CPC-18 (1988), o ensaio que detecta a profundidade da carbonatação é altamente utilizado em laudos de perícias e avaliações.

Em contato com a solução alcalina do concreto os indicadores apresentam diferentes colorações para o concreto são e o carbonatado, é importante, então conhecer o ponto de virada do indicador, para identificar a variação no Ph prejudicial para a despassivação da armadura, no caso, cerca de 9 como já referenciado anteriormente. Quando do uso de fenolftaleína, as regiões mais alcalinas apresentam-se com cor violeta, enquanto as menos alcalinas são incolor, indicando então a presença da carbonatação, já que houve redução da alcalinidade.

#### **Figura 17 - Medição de carbonatação utilizando fenolftaleína**



Fonte: Material didático do Profº Aguiar

#### 4.5.2.4 Ação dos íons cloretos nas estruturas de concreto

Várias são as maneiras que os íons cloretos podem contaminar o concreto. O uso de aceleradores de pega que contêm  $\text{CaCl}_2$ , impureza na água de amassamento e nos agregados, água do mar e maresia, sais de degelo, processos industriais e produtos agressivos são alguns exemplos.

Segundo Andrade (1993 apud MARQUES, 2016), o cloreto é também um agente iniciador de corrosão, despassivante da armadura, sendo que a corrosão das armaduras devido aos íons cloretos ocorre quando o conteúdo de íons em contato com o aço ultrapassa um valor limite. A ação de íons cloretos difere da carbonatação uma vez que participa ativamente das reações de corrosão como catalizador acelerando o processo.

Como o cloreto não é consumido e permanece próximo a armadura, ele aumenta substancialmente a condutividade elétrica do eletrólito, potencializando o processo.

Segundo Marques (2016), quando se trata de ataques por íons cloretos, os ambientes com CAA IV são ainda mais agressivos. Respingos de maré iniciam um ciclo de umedecimento desencadeando uma sucção capilar, pois os poros que estavam secos são invadidos por água salgado devido à diferença de pressão, carregando cloretos. Quando a maré baixa o poro deixa de estar saturado, no entanto o cloreto permanece e o ambiente fica propício ao ataque.

As condições para a ocorrência da reação são semelhantes às condições da carbonatação, permeabilidade do concreto e poros parcialmente saturados, assim, os fatores que têm influência na velocidade da carbonatação como teor de cimento, adições minerais e relação água/cimento também alteram as reações com íons cloreto. Entretanto, o ataque por íons cloretos causa uma corrosão do tipo pite, puntiforme, ou seja, cavidade com elevada relação entre o comprimento e o diâmetro, o que resulta em um ataque bem mais agressivo (RIBEIRO 2014 apud MARQUES, 2016).

O ataque por íons cloretos como um dos principais causadores da corrosão das armaduras do concreto é frequentemente apontado na literatura sobre

durabilidade. É comum também a carbonatação e o ataque por íons cloretos ocorrerem em conjunto (FIGURA 18), e neste caso, um potencializa o outro.

Figura 18: Pilar deteriorado devido aos efeitos da interação da carbonatação com íons cloretos



Fonte: Material didático do Profº Aguiar

Segundo Marques (2016), sabe-se que é necessário um nível de 8.000 ppm de íons cloretos para iniciar o processo quando o pH é de 13,2, mas quando o pH cai para um patamar de 11,6, a corrosão se inicia com somente 71 ppm de íons cloretos, ou seja, o pH do concreto afeta diretamente a concentração de cloretos necessária para promover a corrosão.

Segundo Bauer (2005 apud Marques, 2016), em relação à concentração crítica de íons que provocam a despassivação, existe muita controvérsia. Apesar de algumas normas recomendarem alguns valores orientativos, não existe um valor fixo.

Instrumentos normativos internacionais fazem menção a porcentagem de cloretos em relação à massa de cimento, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Teores de cloretos normativos

NORMA PARA CONCRETO	TEOR DE CI (%)
EH – 88 (Espanhola)	0,4
PR EM – 206 (Espanhola)	0,4
BS – 8110/85 (Inglesa)	0,2-0,4*
ACI – 318/83 (Norte americano)	0,15-0,3-1,0**

\* O limite varia em função do tipo do cimento

Fonte: Botelho e Silva (2008 apud Marques, 2016)

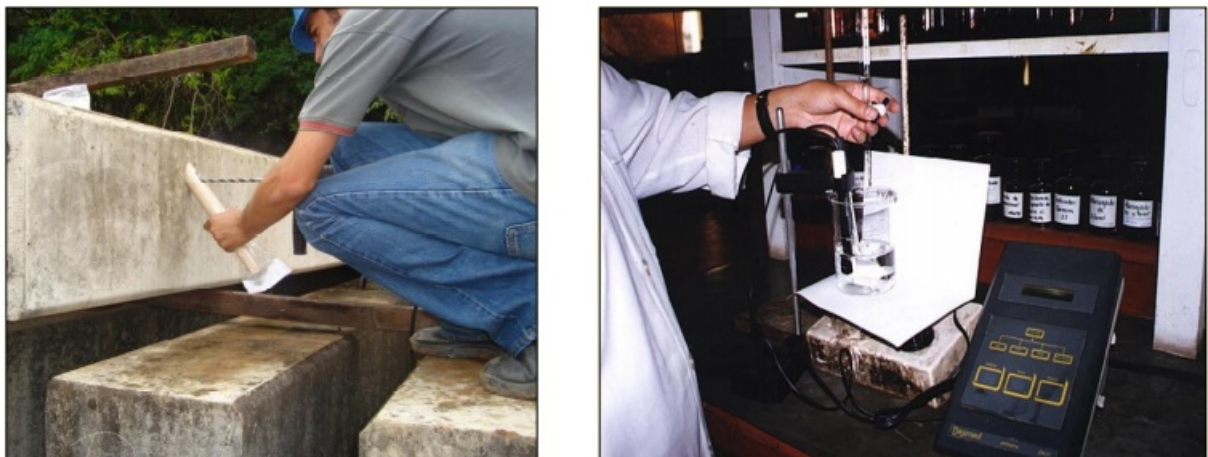
### - Ensaio de presença de cloretos no concreto

Com o objetivo de identificar a presença de cloretos livres no concreto é muito utilizado o método clorimétrico. Tal procedimento consiste na aspensão de solução de nitrato de prata em área superficial de concreto recém fraturado. Foi desenvolvido por Collepari et al. (1970) e posteriormente, normatizado na Itália.

É um método qualitativo, pois apenas informa a presença de cloretos por diferença de coloração e não indica a quantidade de íons, no entanto, é de grande auxílio para um teste inicial evitando de se realizar outros testes mais onerosos quantitativos.

Outro método muito utilizado é a medição de cloretos através de amostras de pó retiradas do concreto em diferentes profundidades da estrutura, onde a análise quantitativa é feita por via química.

Figura 19 – Extração e análise de amostra para medição de cloretos



Fonte: Cedido por Profº Aguiar

#### 4.5.3 Infiltrações, manchas, bolor, mofo e eflorescência

Diversos fatores distintos desencadeiam os danos por infiltração e umidade, vão desde problemas na fase de projeto, no processo de execução das edificações e até a ação da natureza, principalmente da água da chuva, que afetam os elementos estruturais de concreto armado. Pelo fato dos sinais de infiltração serem aparentes, isto ajuda a identificar o problema (DANSOLUÇÕES, 2018).

Falhas nas instalações hidráulicas estão entre as principais causas, ocasionando vazamentos e através da ação destes vazamentos causam infiltrações e acúmulo de umidade. Falhas na impermeabilização também é considerado um fator importante que contribuem para este tipo de patologia, que podem ser as grandes responsáveis na maioria dos casos, gerando muitos transtornos e que com grande complexidade.

Pode-se dizer que o dano pior não é na parte exterior, e sim os danos nos elementos estruturais, como lajes e vigas, o que afeta diretamente na conservação da edificação.

Outras falhas que podem ser consideradas são as fissuras e trincas, pois são responsáveis pela passagem de umidade e água, principalmente quando falamos da água da chuva, pois a água adentra nas pequenas fissuras e começam a danificar os materiais construtivos.

De acordo com Miotto (2010 apud Lottermann, 2013), as formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência.

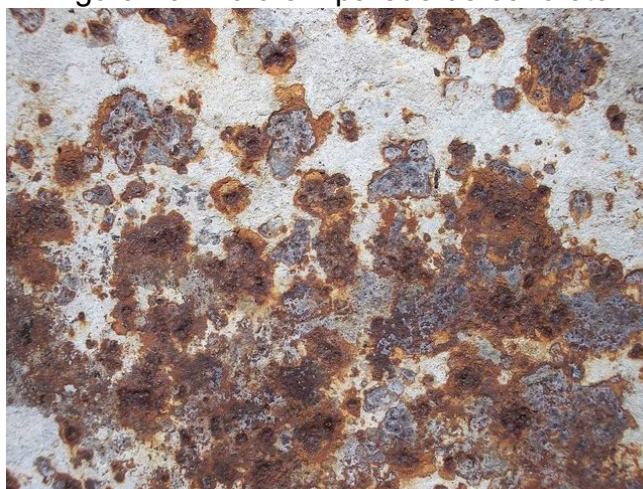
. Manchas: A água ao atravessar uma barreira fica aderente, resultando daí uma mancha. Bolhas, manchas e tinta descascada são os problemas mais comuns e mais evidentes causados por infiltração e umidade. Podem ser causadas por vazamentos de instalações hidráulicas, umidade do ar e infiltrações.

É muito comum que estes problemas estejam visíveis nas paredes da garagem, mas é importante ficar de olho no teto também. As infiltrações podem causar também problemas elétricos, associados a essas patologias, o que pode ajudar a identificar o problema



▪ Bolor ou mofo: O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas. O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras, conforme pode ser visto na Figura 20.

Figura 20: Mofo em parede de concreto



Fonte: [pt.freeimagens.com](http://pt.freeimagens.com)

Fonte: [pt.freeimagens.com](http://pt.freeimagens.com)

O mofo se espalha facilmente nas paredes úmidas e que, geralmente, possuem pouco contato com a luz. Pode aparecer por erros de construção, excesso de umidade pelo clima ou por problemas de impermeabilização, que trazem as infiltrações e a umidade para o local.

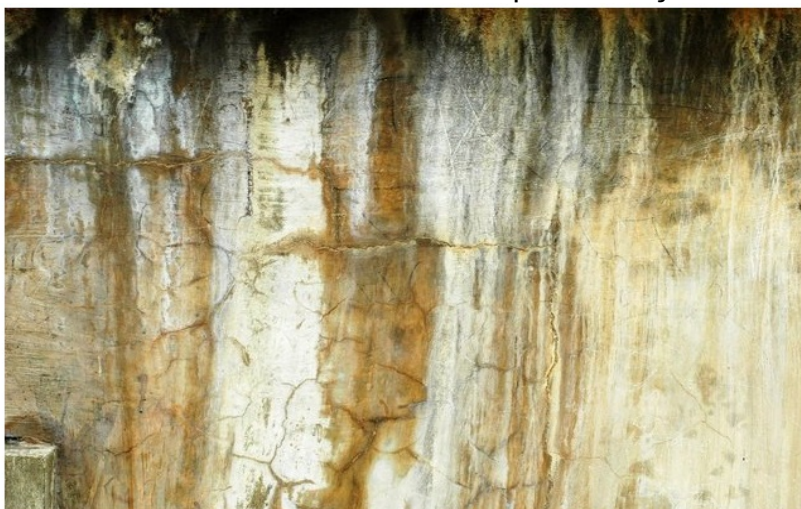
▪ Eflorescência: A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco.

Criptoflorescência: Formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais. Causam rachaduras e até a queda da parede; Gelividade: Ação

da água depositada nos poros e canais capilares dos materiais que ao se congelar podem causar a desagregação dos mesmos devido ao seu aumento de volume.

A infiltração também pode causar fissuras e trincas. As fissuras ou trincas causadas pela umidade podem aparecer em qualquer local, mas principalmente junto às bases das paredes e também nas formas verticais e são muito semelhantes às causadas pelas variações de temperatura.

Figura 21: Fissuras e trincas causadas por infiltração e umidade



Fonte: [pt.freeimagens.com](http://pt.freeimagens.com)

Fonte: [pt.freeimagens.com](http://pt.freeimagens.com)

#### **4.5.4** *Concreto segregado e concreto desagregado*

Apesar do concreto ser composto por areia, pedras (brita), água e cimento, quando é preparado e lançado e vibrado de maneira correta, torna-se uma mistura homogênea, onde as pedras são estão completamente envoltas pela pasta de cimento, areia e água. Entretanto, ocorrendo um erro de lançamento ou de vibração, as pedras se separam do resto da pasta, e a formação de um concreto cheio de vazios, permeável, que permite facilmente a passagem de água.

Piancastelli (1997 apud Lottermann, 2013) traz que esse processo de separação pode ser provocado, entre outras causas, por:

- Lançamento livre de grande altura;
- Concentração de armadura que impede a passagem da brita;
- Vazamento da pasta pela fôrma;
- Má dosagem do concreto;
- Uso inadequado de vibradores.

Ambrosio (2004 apud Lotermann, 2013), avalia o concreto segregado através do estado que se encontra a superfície:

- Superficial: com falhas apenas na argamassa superficial do concreto, sem aparecimento de agregados graúdos;
- Média: com grandes falhas na superfície do concreto, com aparecimento dos agregados graúdos;
- Profunda: com profundas imperfeições na superfície do concreto, com desprendimento do agregado graúdo; ou sem falhas na superfície, com argamassa de cobrimento dando conformação a peça, porem contendo vazios interiores.

Geralmente, ainda pela mesma autora, as anomalias do concreto segregado são aparecem com mais frequência em determinadas regiões dos elementos estruturais:

- Junto à base (de pilares, paredes e elementos estruturais verticais);
- Junto à face inferior (de vigas, lajes e elementos estruturais horizontais);
- Em junta de concretagem (elementos estruturais em geral);
- Em junta de dilatação (elementos estruturais em geral);
- Em junção de elementos;
- Concreto segregado geral.

Figura 22: Segregação em estrutura de concreto armado



Fonte: Block System, 2013

Já a desagregação, segundo Lotermann (2013) é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo e caracteriza-se por agregados soltos ou de fácil remoção.

Segundo Piancastelli (1997 apud Lotermann, 2013) a desagregação começa com a alteração da coloração do concreto e logo após surgem fissuras cruzadas em todas as direções, que devido à expansão da pasta de cimento, aumentam rapidamente de abertura. É muito comum também um abaulamento da superfície do concreto.

A desagregação do concreto pode ser provocada por:

- Ataques químicos, como o de sulfatos;
- Reação álcali-agregado;
- Águas puras (águas que evaporam e depois condensam) e as águas com pouco teor de sais (águas de chuva), que lhe arrancam sais pelos quais são ávidas;
- Águas servidas (esgotos e resíduos industriais) em dutos e canais, em função da formação, dentre outros, do gás sulfídrico ( $H_2S \Rightarrow$  bactérias  $\Rightarrow H_2SO_4$ );

- Micro-organismos, fungos, e outros, através de sua ação direta e suas excreções ácidas;
- Substâncias orgânicas como: gorduras animais, óleos e vinho;
- Produtos altamente alcalinos (mais raramente).

Figura 23: Desagregação da estrutura de concreto armado



Fonte: Pini Web, 2008

#### **4.6 Reforço, reparo e recuperação das estruturas**

Segundo Gonçalves (2015), para se ter qualidade nos serviços de recuperação ou de reforço de estruturas de concreto necessita-se uma boa análise das causas e o estudo detalhado dos efeitos produzidos. Após estes passos, passa-se à escolha da técnica adequada, que inclui uma cuidadosa escolha dos equipamentos e materiais necessários ao serviço e também da mão de obra mais adequada para a execução do serviço.

A técnica de correção a ser empregada e escolha dos materiais dependem de vários fatores, até mesmo características da região, exigências de funcionamento, entre outras. Como exemplo podemos utilizar argamassa a base de epóxi ou poliéster se o elemento estrutural necessitar de ser colocado em carga apenas algumas horas após a execução do serviço, mas em prazos mais dilatados pode ser mais interessante utilizar argamassa ou grout de base mineral, em condições normais de solicitação, pode ser utilizado o concreto com dosagem adequada (HELENE, 1992).

Existem diversas técnicas possíveis e muitos materiais que podem ser aplicados, assim, estará sendo mostrado neste trabalho alguns pontos mais

importantes e as técnicas mais usuais. Porém, poderia ser citado outros exemplos como a utilização de fibras de carbono como reforço de concreto, a utilização de injeção de massa para tratamento de fissuras, técnicas de recuperação de fundação e diversas outras.

#### 4.6.1 Procedimentos de preparo e limpeza do substrato

Segundo Helene (1982), “os procedimentos de preparo e limpeza do substrato são tão importantes que alguns autores os consideram responsáveis por 50 % ou mais do sucesso de uma recuperação ou reforço”. Particularmente o autor considera que a recuperação de uma estrutura pode ser comprometida integralmente, por mais adequados que sejam os materiais e os sistemas empregados caso esta etapa seja negligenciada.

Define-se o preparo do substrato como um conjunto de ações e procedimentos realizados antes de se realizar a limpeza superficial e de serem aplicados os materiais e demais produtos de correção. São os tratamentos prévios da superfície dos componentes estruturais e podem ser executados, dependendo das condições locais, de várias maneiras, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Procedimentos para preparo do substrato

Item	Procedimentos	Preparo do substrato	
		Concreto c/ superfície	
		Seca	Úmida
01	Escarificação manual	Adequado	Adequado
02	Disco de desbaste	Aceitável	Adequado
03	Escarificação mecânica	Adequado	Adequado
04	Demolição	Adequado	Adequado
05	Lixamento manual	Inadequado	Aceitável
06	Lixamento elétrico	Adequado	Aceitável
07	Escovamento manual	Adequado	Aceitável
08	Pistola de agulha	Inadequado	Inadequado
09	Jato de areia seca/úmida	Adequado	Adequado
10	Disco de corte	Aceitável	Adequado
11	Queima controlada	Adequado	Inadequado
12	Remoção de óleo/graxa	Inadequado	Adequado
13	Máquina de desbaste	Aceitável	Adequado

Fonte: Helene (1992)

Depois da preparação do substrato deve ser executada a limpeza da superfície, que é entendida como o conjunto dos procedimentos instantes antes da aplicação propriamente dita dos materiais de recuperação. Na Tabela 5 são apresentados os principais procedimentos de limpeza.

Tabela 5 – Procedimentos de Limpeza

Item	Procedimentos	limpeza	
		Concreto c/ superfície	
		Seca	Úmida
01	Jato de água fria	Inadequado	Adequado
02	Jato de água quente	Inadequado	Adequado
03	Vapor	Inadequado	Adequado
04	Soluções ácidas	Inadequado	Aceitável
05	Soluções alcalinas	Inadequado	Adequado
06	Remoção de óleos/graxas	Inadequado	Inadequado
07	Jato de ar comprimido	Adequado	Aceitável
08	Solventes voláteis (acetona)	Adequado	Adequado
09	Saturação de água	Inadequado	Inadequado
10	Aspiração a vácuo	Adequado	Inadequado

Fonte: Helene (1992)

Exemplos importantes de preparo a serem observados são a saturação da superfície e o corte de concreto.

#### 4.6.1.1 Saturação da superfície

Para aumentar a aderência do material de recuperação e evitar o aparecimento de fissuras, é utilizado o processo de saturação da superfície. Para Souza e Ripper (1998), é de aproximadamente 12 horas o tempo médio de saturação e pode ser feita aplicação de água por vertimento contínuo ou molhagem de outros elementos, como por exemplo, sacos de estopa aplicados sobre a superfície.

Utiliza-se muito também a molhagem através de mangueiras furadas, com furos espaçados de 15 cm por exemplo, que garante uma molhagem contínua.

É importante observar sempre que a superfície não precisa e nem pode ter poças d'água, ela deve estar apenas úmida.

#### **4.6.1.2 Corte do concreto**

A remoção de porções profundas de concreto degradado é chamada de corte. Esse processo utiliza-se normalmente de martelos demolidores com ponteiros. Para a correta execução deve-se extirpar todo e qualquer material nocivo às armaduras, promovendo um corte de pelo menos 2 cm ou o diâmetro da barra, de profundidade além das mesmas, a fim de se garantir que toda armadura estará imersa no novo material.

Segundo Andrade y Perdrix (1992 apud Gonçalves, 2015), “caso não haja o corte do concreto além das armaduras, limpando-se somente o lado exterior e deixando a parte posterior recoberta pelo concreto velho, isso dá início a uma pilha de corrosão eletroquímica por diferença de material”.

Ainda conforme Andrade y Perdrix (1992 apud Gonçalves, 2015), “isso ocorre, pois, a parte posterior atuará como ânodo e a parte recuperada e passivada fará o papel de cátodo, desencadeando assim um processo de corrosão ainda mais rápido que originalmente”.

Segundo Souza e Ripper (1998), “Para melhor aderência do novo concreto, a superfície interna do corte deve ter suas arestas arredondadas e na forma de um talude de 1:3”.

Terminado o corte da superfície do concreto, como dito anteriormente, após a preparação da superfície, deve-se seguir uma sequência de limpeza, que neste caso é indicado o jateamento de areia, jateamento de ar comprimido e jateamento de água.



#### **4.6.2 Recuperação do concreto**

É possível restaurar o elemento estrutural, mas somente após o correto tratamento da superfície do concreto, a limpeza, e eventuais reparos nas ferragens se necessário.

Segundo Souza e Ripper (1998), pode-se classificar os danos no concreto em danos superficiais, danos semiprofundos e danos profundos. Os danos superficiais possuem profundidade de até 2,0 cm, danos semiprofundos são aqueles de profundidade até 5,0 cm, e acima deste valor os danos são considerados profundos.

Para todos os danos citados, hoje em dia pode-se contar com diversos produtos industrializados com as mais diversificadas características podendo ser utilizados para atender vários tipos de situações. Podem-se citar os grautes, que vêm prontos para serem aplicados ou também compostos separados que são misturados na obra e formam excelentes argamassas para restauro.

Segundo Gonçalves (2015), para conferir plasticidade e boa aderência, é possível ainda usar aditivos químicos incorporados à argamassa. É de grande importância nessas argamassas que elas não sofram retração, além de terem alta resistência e boa aderência, para que se consiga preencher completamente o vazio e obturar o problema por definitivo.

##### **4.6.2.1 Reparo com Graute**

O graute é muito utilizado quando precisamos fazer a desforma em um tempo mais curto para utilização da estrutura. Devido ao fato do graute atingir alta resistência de maneira rápida, podem-se retirar as formas depois de 24 horas de executado (SOUZA e RIPPER, 1998).

É um produto que possui boa fluidez, é auto adensável, possui compacidade, uniformidade e não apresenta retração. A cura deve ser úmida e por 3 dias. De acordo com a obra e com a situação é possível variar o tipo de graute a se usar. Pode-se classificar os tipos de graute em: grautes minerais (à base de cimento) e grautes poliméricos ou orgânicos (à base de resina).

#### **4.6.2.2 *Reparo com concreto convencional***

Quando há necessidade de grandes volumes, os reparos com grautes e argamassas poliméricas resultam em custos elevados para a obra. Há situações também que onde o concreto projetado não é aconselhável. Nestes casos, o reparo com concreto convencional é indicado, por ser baixo o seu custo. Entretanto, este método exige a execução de formas e alto conhecimento em tecnologia de concreto, e que sejam feitas dosagens adequadamente com baixo fator água/cimento. (GONÇALVES, 2015).

Segundo Souza e Ripper (1998), para garantir o total preenchimento do local a ser reparado, deve ser observado na execução a concretagem deve ser feita um nível acima. No caso dos pilares a concretagem é feita pelos “cachimbos”, abertura por onde o concreto passa.

É de grande importância para uma boa recuperação quando se utiliza o concreto convencional como material reparador garantir a sua cura. Para isso o ideal é manter a superfície constantemente úmida durante 7 dias.

#### **4.6.2.3 *Concreto Projetado***

De acordo com Souza e Ripper (1998), a técnica de reparo utilizando concreto projetado consiste em conduzir concreto ou argamassa, sob uma pressão contínua, através de uma mangueira ou mangote, projetando-o em alta velocidade, que pode ser acima de 120 m/s, sobre a base. Não tem necessidade de vibradores pois a força do jato comprime o material, e o deixa bem aderido à superfície, podendo o local ser reparado na posição horizontal, vertical ou inclinada.

O concreto projetado é vantajoso quando se trata de grandes áreas para reparar e também possui a vantagem de não ter necessidade de se usar formas. No entanto, ele tem um alto custo e gera grande perda de material, não valendo apenas para pequenas áreas.

Segundo Azevedo (2011 apud Gonçalves, 2015), o concreto projetado é durável, estruturalmente adequado, capaz de excelente aderência com o aço,

alvenaria, com outro concreto e outras matérias, porém sua aplicação necessita de operadores habilitados, atenção e supervisão contínua, e um correto planejamento.

#### **4.6.2.4 *Reparo com argamassas***

As argamassas são indicadas para pequenas áreas, em profundidades de até 5,0cm. Normalmente utilizadas em casos onde a camada de cobrimento das armaduras é que está deteriorada, assim, é grande a importância de não existir anomalias no interior dos elementos estruturais ou que tenham sido sanadas anteriormente.

As argamassas são também utilizadas na regularização de lajes, reconstituição de quinas quebradas dos elementos estruturais ou enchimento de pequenas falhas em geral. E como sempre é dito, a superfície a ser recuperada tem que estar limpa e livre de impurezas (GONÇALVES, 2015).

#### **Argamassa com polímeros**

Segundo Gonçalves (2015), “a adição de polímeros à argamassa de cimento e areia permite a redução da quantidade de água adicionada à mistura. Deste modo, reduz a permeabilidade do material e aumenta o seu grau de aderência”. As argamassas poliméricas promovem uma cristalização superficial e penetram nos poros do substrato. Assim, os poros do concreto são preenchidos, impedindo a penetração da água.

O emprego das argamassas poliméricas requer mão de obra especializada e muitas vezes as argamassas são caras. Para Marcelli (2007) as argamassas poliméricas “são argamassas à base de metilmetacrilato ou epóxi e apresentam as vantagens de fácil moldagem, têm boa aderência e resultado estético satisfatório”.

Segundo Aguiar (2014), atualmente é utilizada na sua grande maioria argamassa industrializada, adicionada principalmente de adesivo acrílico, pois este pode ser utilizado em ambiente externo.

### **Argamassa epoxídica**

A argamassa epoxídica, é uma argamassa em que se utiliza como aglomerante uma resina epoxídica. Possui resistência mecânica e química e elevada resistência como características principais. Segundo Souza e Ripper (1998), as argamassa epoxídicas possuem uma excelente aderência ao aço e ao concreto, são recomendadas para recuperar várias superfícies de concreto e elementos estruturais expostos a agentes agressivos, além de serem apropriadas para as situações de reparos nas quais haja a necessidade de liberar a estrutura poucas após a execução do serviço.

Para Johnson (1973 apud Gonçalves, 2015), argamassa tendo epóxi como aglomerante, deve ser utilizada em casos de recuperação de seções de espessura fina ou quando existe a necessidade de pôr em serviço a obra antes que a argamassa ou o concreto normal tenha tempo de endurecer. Entretanto, é mais econômico usar outro tipo de argamassa, nos demais casos.

#### **4.6.3 *Tratamento das armaduras***

No tratamento do aço, inicialmente é feita a limpeza da ferragem oxidada. Deve-se retirar graxas, óleos e qualquer sinal de oxidação através de escovação ou jato de areia. Há casos em que pode haver a necessidade de retirada de amostras para avaliação em laboratório de ensaios, como por exemplo, o tratamento de ferragem atingida por incêndio (GONÇALVES, 2015).

Depois que a armadura já estiver limpa, devido à possibilidade de redução na seção desta, avalia-se a necessidade de substituição de parte da ferragem afetada, ou então a complementação de armadura na área afetada. Neste caso um engenheiro estrutural deve ser consultado (MARCELLI, 2007).

Segundo Thomaz (2003 apud Gonçalves) o procedimento correto consiste em após delimitar a área danificada, escarificar a região manualmente e retirar materiais soltos até ser atingido o concreto sadio. Depois, remover a corrosão das armaduras e utilizar processo de jateamento com água para a limpeza.

Após a preparação acima, sugere-se aplicar adesivo à base mineral de maneira a criar uma ponte de aderência para receber a argamassa de restauração. Em áreas muito agressivas sugere-se manter cobrimentos de 4 a 5 cm de espessura. Com o intuito de reduzir a permeabilidade do concreto, ele deve ter de preferência um alto teor de cimento e ser bem adensado.

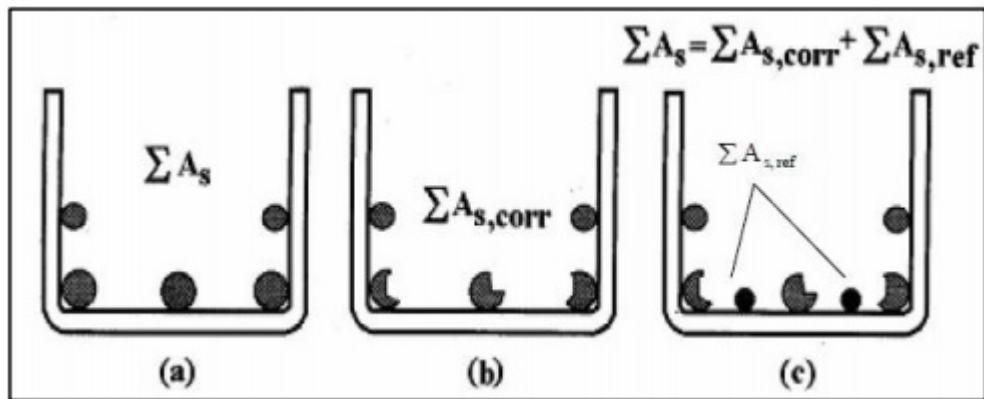
Granato (2002 apud Gonçalves, 2015) apresenta objetivamente as etapas de restauração de uma armadura:

- a) Corte do pedaço de barra danificado;
- b) Substituição deste pedaço por um complemento, através de solda ou amarrado por um arame ao pedaço sadio da barra, respeitando o transpasse, ou seja, o quanto a barra de complemento tem que se sobrepor à barra sã existente;
- c) Limpeza da superfície;
- d) Aplicação de resina epóxi, tanto nas armaduras quanto no concreto, que servirá de ponte de ligação do concreto existente com o concreto novo e também será uma barreira impermeável que isolará as armaduras do exterior;
- e) E por último, reconstrução do elemento estrutural com diversos tipos de materiais, como concreto, argamassa convencional ou argamassa epóxi.

Em algumas situações é considerada a complementação das armaduras, para Souza e Ripper (1998), esta complementação é indicada quando a parte que estiver corroída atingir 15% do total da seção original. Neste caso não se deve levar em consideração somente as barras isoladas, ou seja, deve-se considerar o conjunto como um todo.

Deve-se atentar que ao final processo, a somatória da área da seção corroída deve ser igual à área da seção original total. Na Figura 24 é mostrado um exemplo de adição de barras para armadura corroída que necessita de complementação.

Figura 24 - Adição de barras em viga corroída

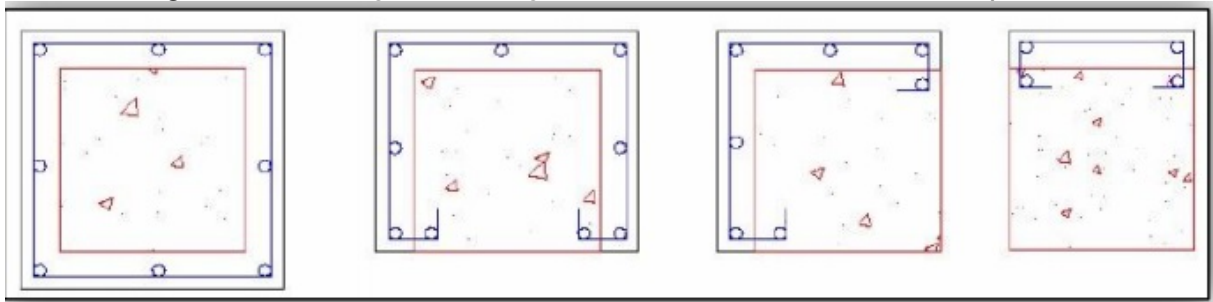


Fonte: Souza e Ripper (1998)

Temos também os casos onde surge a necessidade de reforço das armaduras. Segundo Gonçalves (2015), esta necessidade surge quando há algum erro de projeto, erro de execução ou quando se muda o tipo de utilização da estrutura e ocorre necessidade de aumentar a capacidade de carga da estrutura.

Dependendo do acesso que se tem para a execução do reforço ou algum motivo arquitetônico, o reforço pode ser realizado tanto nas quatro faces, quanto em três, duas, ou apenas uma delas. Na figura 25 tem-se algumas configurações de reforço por meio de adição de armadura e concreto.

Figura 25- Reforço com adição de armadura e concreto em pilares



Fonte: TAKEUTI (1999)

## 4.7 Avaliação, levantamento, diagnóstico e definição da conduta

Segundo Camargo (2015), não é seguida uma metodologia única para a identificação, tratamento e solução das patologias na construção civil que seja universalmente aceita e aplicada. Ocorre muito é o uso de metodologias individuais, que se baseiam nas experiências, intuições e habilidades pessoais de cada profissional, sem que um método específico seja aplicado.

Constatando-se que uma estrutura de concreto apresenta patologias, surge a necessidade de realizar uma vistoria detalhada e planejada com a finalidade de determinar as reais condições da estrutura, para avaliar as anomalias existentes, suas causas, providências a serem tomadas e métodos a serem adotados para a recuperação ou reforço (SOUZA; RIPPER, 1998).

Lichtenstein (1986) propõe uma metodologia genérica para a resolução das manifestações patológicas que pode se dividir em três etapas:

- Levantamento de subsídios,
- Diagnóstico da situação e
- Definição de conduta.

### 4.7.1 *Levantamento de subsídios.*

Segundo Lichtenstein (1986), “Levantar subsídios representa acumular e organizar as informações necessárias e suficientes para o entendimento completo dos fenômenos”.

Para ele, o problema patológico não deveria ser analisado apenas quando o desempenho já se apresentar insatisfatório. Ao imaginarmos um edifício com desempenho satisfatório, ainda assim não é possível saber se existem alterações enquadráveis no que se chama de período pré-patogênico do problema. Ocorre, no entanto, que pela ausência de manifestações perceptíveis, isto se torna na prática muito difícil.

Os sintomas dos problemas patológicos podem ser levantados por técnicos encarregados ou até mesmo pelos próprios usuários em inspeções periódicas. Inclusive, estas inspeções periódicas, num contexto de manutenção rotineira do

edifício, são altamente recomendáveis pois com elas o problema pode ser precisamente levantado.

Para Lichtenstein (1986), pode-se dizer que existem três fontes básicas de conseguir as informações: vistoria do local, levantamento da história do problema e do edifício (anamnese) e o resultado de análise de ensaios.

#### 4.7.1.1 *Vistoria do local*

A partir da queixa de um de usuário, insatisfeito com o desempenho do seu edifício, ou a partir de problemas apresentados por um técnico responsável por uma manutenção rotineira, ocorre a procura de um profissional para tentar resolver o problema.

Dentro da fase de levantamento de subsídios, Lichtenstein (1986) classifica a vistoria do local como um processo de aproximação física do profissional junto ao edifício e ao defeito específico, com o intuito de pesquisar, através de exame minucioso, o maior número de informações a partir desta possibilidade de contato físico.

O procedimento geral inicia-se pela fase de levantamento do maior número possível de informações que possam se mostrar úteis para o diagnóstico da situação e posterior resolução do problema

Neste contexto, o mesmo autor diz que alguns passos podem ser citados por constituírem esqueleto básico para a vistoria do problema patológico:

- Determinação da existência e da gravidade do problema patológico.
- Definição da extensão e do alcance do exame.
- Caracterização dos materiais e da patologia.
- Registro dos resultados.

Nesta fase também, partir da análise do ambiente e das condições de serviço da estrutura realizam-se as investigações visuais e de exploração onde são procurados problemas como fissuras, deslocamentos, vazamentos ou pontos de acumulação de água, movimentações excessivas, pontos de corrosão, armaduras expostas, manchas e descolorações (ROCHA, 2015).



Nas figuras 26 e 27 apresentam-se alguns métodos utilizados na realização de inspeções visuais.

Figura 26 – Inspeção em altura



Fonte: Aguiar (2014)

Figura 27 – Inspeção em pontes



Fonte: Aguiar (2014)

#### **4.7.1.2 Anamnese do caso e coleta de informações**

O termo anamnese tem origem grega e significa recordar. É entendida como a atividade de levantamento da história evolutiva do problema desde suas manifestações iniciais ou precursoras até o estágio de evolução do momento do exame.

Nesta fase do processo são levantadas informações a respeito da evolução do problema e também informações referentes à descrição do seu desempenho ao longo do tempo e descrição da vida do edifício. Além disso, quando for o caso, podem ser necessárias as informações referentes às condições a que o edifício esteve submetidos. (Lichtenstein, 1986).

Podem-se citar duas fontes básicas para a obtenção de informações: a investigação com pessoas envolvidas com a construção e a análise de documentos formalizados.

#### **Investigação com pessoas envolvidas com a construção**

Segundo Lichtenstein (1986), é necessário o desenvolvimento de uma certa técnica de interrogatório devido à necessidade de se entrevistar pessoas com diferentes envolvimento com a construção e conhecimentos técnicos os mais díspares. Sendo necessário também paciência, clareza e habilidade.

Apesar da entrevista não ser a mesma qualquer que seja o interlocutor, algumas perguntas podem se repetir. Reygaerts (1980 apud Lichtenstein), propõe as seguintes indagações básicas:

- Quando foram contactados os sintomas pela primeira vez e de que forma?
- Eles já foram objeto de intervenções? Se sim, quais e com que resultados?
- No decorrer da construção foram feitas modificações no projeto, na execução ou na escolha dos materiais?
- No decorrer da construção foram feitas modificações no projeto, na execução ou na escolha dos materiais?

Outras questões também importantes, além das indagações básicas, podem ser feitas aos usuários da edificação:

- Quando o usuário notou pela primeira vez o problema e quando resolveu intervir?
- O usuário se recorda de alguma fato que possa estar ligado ao aparecimento do problema?
- Ocorrem episódios de exacerbação ou remissão dos sintomas?
- Como eram as condições climáticas quando foi notado e quando o usuário resolveu intervir?

Estes são apenas alguns exemplos de perguntas bastante comuns, mas cada caso possui suas próprias características que determinam a condução do interrogatório.

### **Análise de documentos formalizados**

De acordo com Lichtenstein (1986), na maioria dos casos, informações obtidas oralmente não fornecem um quadro que seja suficientemente amplo e confiável para toda a anamnese do caso. Para se colocar a veracidade fora questão, é necessário normalmente a utilização de fonte documental.

Podemos citar alguns documentos que além do projeto propriamente dito também são fontes importantes e são encontrados em muitas obras:

- Diário de obra.
- Ensaio para recebimento de materiais e componentes.
- Notas fiscais de materiais e componentes.
- Contratos para execução de serviços.
- Cronograma físico-financeiro previsto e executado.

Também através de programas de manutenção rotineira, pode-se consultar os registros destas manutenções para se ter a história do uso da edificação. Entretanto, a aplicação destes programas não é amplamente disseminada. O que se

obtêm normalmente, são documentos a respeito do uso de máquinas e equipamentos como elevadores, sistema de aquecimento e outros (Lichtenstein, 1986).

Além de informações orais e informações formalizadas a respeito da história do edifício e do problema, Lichtenstein (1986) aponta que o levantamento da história das condições de exposição a que ficou submetido o edifício, se faz necessário. Com metodologias particulares para cada caso, podem ser respondidas questões como variações climáticas, de vizinhança, escavações, vibrações excessivas, rebaixamento do lençol freático, entre outras.

#### **4.7.1.3 Exames complementares**

A formulação imediata do diagnóstico final é possível na grande maioria dos casos pelo fato de um número considerável de problemas apresentarem sintomatologia bastante característica, entretanto, existem casos onde ocorre a necessidade de exames complementares.

Segundo Leichtenstein (1986), quando os dados coletados na anamnese e na vistoria se mostram insuficientes são necessários estes exames complementares. Algumas vezes, mesmo o diagnóstico já estando formulado, pode haver a necessidade de serem realizados com o intuito de garantir a sua correção, principalmente quando se mostrem catastróficas as consequências de um incorreto diagnóstico.

Estes exames complementares podem ser classificados em: análises e ensaios em laboratórios e ensaios "in loco". Na tabela 6, verifica-se os principais exames complementares e apresenta de forma sucinta os princípios e conceitos por trás de sua aplicação.

Tabela 6 – exames Complementares

In Loco	Não Destrutivos	- Avaliação da permeabilidade	Método IPT	• Aplicação de água sob pressão, impedindo-se sua saída que não seja através da peça; medida da quantidade de água que penetra.
		- Avaliação da resistência à compressão do material	Esclerometria	• Análise do choque de dois corpos, um fixo e outro em movimento.
			Ultrassonografia	• Velocidade de propagação de ondas de frequência superior a 20Hz.
		- Estrutura interna dos elementos de concreto	Ultrassonografia	
			Gamagrafia	• Passagem de irradiação que impressiona filme colocado no lado oposto do elemento.
			Raio-X	• Passagem de raio-X que impressiona filme colocado ao lado oposto do elemento.
		- Avaliação do comportamento tensão/deformação de estruturas	Prova de carga	• Aplicação de cargas à estrutura e medida das deformações correspondentes.
		- Avaliação da aderência revestimento-base	Sonometria	• Máquina percutando na parede, calibrada para uma frequência sonora correspondente a uma boa aderência.
		- Avaliação da corrosão interna e incrustações em tubulações	Endoscopia	• Passagem de sonda através das tubulações.
		- Avaliação do conforto higrotérmico	Termometria Higrimetria Anemometria	• Medida de temperatura ao longo do tempo. • Medida de umidade ao longo do tempo. • Medida de velocidade de ventos ao longo do tempo.
- Avaliação do conforto acústico.	Medidas acústicas			
- Avaliação do conforto luminoso	Medidas luminosas			
	Destrutivos	- Avaliação da aderência revestimento-base	Aplicação de força de arrancamento no revestimento até o seu descolamento.	
Em Laboratório	Ensaio de caracterização de amostras coletadas	- Determinação das propriedades físicas dos materiais e componentes.	• Levantamento da curva tensão-deformação, módulo de elasticidade, deformação residual. • Medida da resistência mecânica (flexão, compressão, tração, impacto, abrasão). • Medida de aderência. • Medida de permeabilidade, porosidade, absorção de água, densidade. • Determinação da condutibilidade térmica, do coeficiente de dilatação, da condutibilidade elétrica.	
		- Caracterização química dos materiais	Análise química elementar • Por via úmida - dissolução da amostra e determinação dos elementos (gravimetria, volumetria). • Por via instrumental - determinação por instrumentos com base em propriedades físicas dos elementos (raio-X fluorescentes, fotometria de chama, absorção atômica). Análise química dos compostos • Determinação por instrumentos com base em propriedades físicas das substâncias (difração raio-X, análises térmicas, espectroscopia no infra-vermelho) Análise da microestrutura • Determinação da microestrutura baseada na análise da morfologia da substância (lupa estereoscópica, microscópio óptico, microscópio eletrônico de varredura e de transmissão).	
	Ensaio de avaliação de desempenho a partir de materiais e componentes similares aos usados na obra.			

Fonte: Lichtenstein (1986)

Os exames complementares, além de muito úteis, são muitas vezes imprescindíveis, mas mesmo que tenhamos tecnologias bastante evoluídas, não se pode pensar nos exames como uma forma de substituir a vistoria local realizada por profissional competente.

#### 4.7.2 Diagnóstico da situação

O objetivo do diagnóstico é, a partir de dados conhecidos, entender o porquê e como surgiram os problemas patológicos. Para Lichtenstein (1986), "o diagnóstico da situação é o entendimento dos fenômenos em termos de identificação das

múltiplas relações de causa e efeito que normalmente caracterizam um problema patológico”.

A partir da formulação do diagnóstico, com o grau de incerteza o mais reduzido quanto possível, é que é possibilitada a tomada de decisão em relação à conduta a ser adotada para cada situação. O diagnóstico deve ser dado de maneira consistente e deve permanecer praticamente inalterado mesmo que sejam realizados exames complementares. (OLIVEIRA, 2013)

Segundo Lichtenstein (1986), devem ser diferenciados, no que diz respeito à extensão dos problemas, os problemas locais dos problemas gerais. Os locais são aqueles problemas que afetam apenas uma parte limitada do edifício, enquanto os gerais o afetam como um todo.

Deve-se também atentar para o caso de um problema que afeta o edifício localizadamente, mas que acaba afetando outras matérias e componentes. Estas manifestações constituem patologias de segunda ordem e podem, por sua vez, dar lugar a manifestações de terceira ordem e assim por diante, complicando mais ainda o quadro geral (LICHTENSTEIN, 1986).

Os problemas patológicos são processos dinâmicos, seu desenvolvimento pode ocorrer lentamente, de maneira crônica, ou pode ser rápido e atingir manifestações intensas em pouco tempo. Para Lichtenstein (1986), as manifestações podem numa fase do processo apresentar um aspecto bastante diferente do que se observava em um processo anterior. Assim, o diagnóstico deve alcançar não simplesmente a situação instantânea, deve ser dinâmico e alcançar o entendimento de todo o desenvolvimento.

Muitas vezes problemas patológicos diferentes apresentam manifestações semelhantes ou ocorrem de forma combinada, o que dificulta o diagnóstico e embora sejam conhecidos certos fenômenos, relações causais, conexões significativas, não podemos almejar classificar todos os problemas patológicos tão rigorosamente.

Segundo Lichtenstein (1986), existem casos onde apesar de se levantar todos os dados possíveis não se consegue chegar a um diagnóstico definitivo. Nestas

situações podem ser decididos diagnósticos provisórios e o diagnóstico definitivo pode ser elaborado a partir das respostas do edifício.

#### **4.7.3** *Definição da conduta a ser seguida.*

Qualquer tipo de intervenção para o tratamento de manifestações patológicas deve ser precedido de uma estratégia bem formulada e estruturada. Segundo Lichtenstein (1986), prescrever o trabalho a ser executado para resolver o problema é o objetivo genérico da definição da conduta. Na definição da conduta incluem-se a definição dos meios, material, mão de obra, equipamentos e também a previsão das consequências.

Segundo Lichtenstein (1986), antes de se definir a conduta a ser tomada a partir dos diagnósticos são levantadas as hipóteses de evolução futura do problema. Ao conjunto dessas hipóteses dá-se o nome de prognóstico e com ele se pretende chegar a alternativas possíveis de desenvolvimento do problema.

Para ele, no intuito de definir a conduta, inicialmente se faz o prognóstico da situação, ou seja, levanta-se hipóteses da tendência de evolução futura do problema e então levanta-se as alternativas de intervenção também acompanhadas dos respectivos prognósticos.

Dependendo das características do edifício, do tipo de problema e do seu estágio de evolução, existem casos que podem exigir a reformulação do objetivo inicial para que o problema simplesmente tenha sua progressão controlada. Em certos casos, e de acordo com o prognóstico, o que se pode desejar é que a situação não piore.

Após o diagnóstico e o prognóstico de um problema serem formulados, passa-se à fase de elaboração das alternativas de intervenção possíveis, segundo Lichtenstein (1986), a definição da conduta é feita levando-se em conta três parâmetros básicos que são associados a cada alternativa de intervenção: Grau de incerteza sobre os efeitos, Relação custo/benefício e Disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços.

#### **4.7.3.1 *Grau de Incerteza sobre os efeitos***

Segundo Lichtenstein (1986), em relação a seus efeitos, toda alternativa tem associada um grau de incerteza. A cada uma das possíveis intervenções, podemos associar uma probabilidade quanto à eficiência do resultado, que está diretamente relacionada com a incerteza do diagnóstico e também com a eficiência demonstrada em casos semelhantes.

Desta forma, é de grande importância, a retroalimentação do sistema a partir de casos reais, com o intuito de se ter uma base mais segura ao se decidir a conduta mais adequada para cada nova situação.

#### **4.7.3.2 *Relação custo/benefício***

É importante, no momento da definição da conduta, também a adoção de ações que visem o melhor custo-benefício, onde o resultado da ação possua o desempenho desejado, no menor custo. O emprego de uma tecnologia (técnica de execução, materiais, equipamentos e mão de obra) deve ser compatível para a resolução do problema para que não ocorram falhas (OLIVEIRA, 2013).

Uma constatação importante é que o custo da tarefa de resolver o problema, somado ao custo da construção com a falha original, qualquer que seja a origem ou natureza da patologia, é sempre maior que seria o custo se a construção tivesse desempenho satisfatório.

Segundo Lichtenstein (1986), as alternativas de intervenção devem ser comparadas levando em consideração, além dos custos envolvidos, o desempenho do edifício ao longo do tempo que cada alternativa propicia. Ou seja, se faz necessário o confronto dos benefícios em termos instantâneos como ao longo do restante da vida útil do edifício.



#### **4.7.3.3 Disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços**

Após levantados o grau de incerteza e a relação custo/benefício das alternativas, é necessário levantar os recursos tecnológicos envolvidos na execução dos serviços propostos. Considera-se recursos tecnológicos, os materiais e equipamentos necessários e também a técnica requerida dos responsáveis pela execução (Lichtenstein, 1986).

Em vista da carência da Indústria Brasileira da Construção, o nível necessário de qualificação da mão de obra e sofisticação dos materiais e equipamentos se torna um fator de hierarquização das alternativas.

Tudo o que deve ser feito para a correta execução das obras de engenharia, assim como todas as dificuldades envolvidas, vale também para os serviços de resolução de problemas patológicos, com o agravante que no caso de ocorrer falhas na execução de serviços de recuperação, podem ser geradas novas agressões que complicam, exacerbam ou mesmo eternizam o problema.

## 5 ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO, LEVANTAMENTO, ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Devido às patologias encontradas em edifício situado em Belo Horizonte, foi solicitada a realização de inspeção técnica/pericial geral e avaliação das condições. Este trabalho apresenta através de dados e fotografias um mapeamento das patologias observadas neste edifício como um todo e as soluções adotadas para a sua recuperação.

### 5.1 Histórico e descrição geral

A visita ao empreendimento contou com a recepção da síndica que, de uma forma geral, listou e apresentou os problemas e não conformidades, tais como: presença de trincas e armaduras expostas na fachada do prédio, trincas em paredes e peitoril e exposição de armaduras em lajes e vigas. Nesta ocasião já tinha ocorrido o deslocamento de revestimento de pilar e este havia caído no pilotis do prédio, que teve que ser interditado por conta do risco de cair em cima de algum morador e causar sérios ferimentos.

Na Figura 28 é apresentada a edificação inspecionada.

Figura 28 - Edifício objeto do estudo



Fonte: Google Maps

São apresentadas na Tabela 07, algumas considerações a respeito da edificação, como áreas, uso da edificação, redes e outras:

Tabela 07 – Considerações a respeito da edificação

Uso:	Comercial e residencial
Padrão de acabamento:	Médio
Estado de conservação:	Precário
Idade aproximada:	40 anos Habite-se em 11 de Nov. de 1977
Área de risco:	Pilotis
Motivo:	Desplacamento da fachada
Áreas úteis:	1° Pavimento loja: 700m <sup>2</sup> 2° Pavimento sobre-loja: 354,54 m <sup>2</sup> 3° Pavimento Pilotis: 700m <sup>2</sup> Sub-solo: 1.126,05 m <sup>2</sup> 4° ao 18° Pavimento: 305,54 m <sup>2</sup> Casa de Máquina: 41,18 m <sup>2</sup>
Interditado:	Não
Eminente:	Sim
Imóvel Recuperável:	Sim
Estrutura:	Concreto armado e alvenaria estrutural
Rede Elétrica	Antiga -Nunca trocada
Rede Hidráulica	Antiga -Nunca trocada

A vistoria realizada abrangeu procedimentos técnicos, não destrutivos, focado na elaboração de um parecer técnico que envolveu registro fotográfico das patologias, análise das condições gerais em que se encontrava o imóvel, identificação detalhada dos agentes causais das patologias, soluções gerais de reparo e outras condições gerais necessárias à garantia da qualidade, vida útil, durabilidade e segurança da edificação e dos elementos que o compõem.

A vistoria sustentou a elaboração de um diagnóstico da situação do edifício em que foram identificadas as patologias e suas classificações de risco, as quais envolveram uma ordenação em ações, em ordem decrescente, por nível de gravidade, que se iniciou pela ações imediatas e emergenciais, seguidas das ações de médio prazo (as que pudessem aguardar até 1 (um) ano para a sua

execução) e finalmente, e ações ditas leves (via de regra de conservação básica) e que pudessem ser executadas paulatinamente nos 2 (dois) anos seguintes.

De uma forma geral foram observadas as seguintes não conformidades (patologias):

- Deslocamento do revestimento da fachada, com sinais visíveis de exposição e corrosão das armaduras dos pilares externos de concreto armado, com indicação de deslocamento parcial e/ou total do cobrimento da armadura;
- Trincas, vazios, ocos e socos do revestimento externo e interno (reboco com textura e pintura) das platibandas, peitoris de entorno do prédio, localizado no pilotis/balanço da construção, bem como nos muros de divisa (fundos);
- Ausência de rejuntas das cerâmicas de piso e rodapés, localizadas no pilotis, com a presença inclusive de placas cerâmicas mal aderidas, e estufadas, fato que facilita a infiltração de água de limpeza do piso e de chuva, que é um agente causal da deterioração dos materiais de construção, tal como observada na junção platibanda/peitoral x piso x laje de concreto do pilotis;
- Pé e base dos pilares existentes no pilotis, com sinais de manchas indicando já terem sido recuperados, que já apresentavam som cavo quando percutido (sinalizando descolamento do reparo realizado no passado recente) manchas e imperfeições visíveis à olho nu;
- Vigas e lajes internas existentes no pilotis, apresentam concreto trincado ou deslocado, inclusive com exposição de armaduras, motivada pela percolação de água do pavimento imediatamente superior e pelas tubulações de esgoto e água pluvial que chega ao pilotis.

### 5.1.1 Diretrizes e filosofias gerais

A solução definitiva para os problemas observados na edificação deveria ser suportada pelas seguintes diretrizes e filosofias gerais:

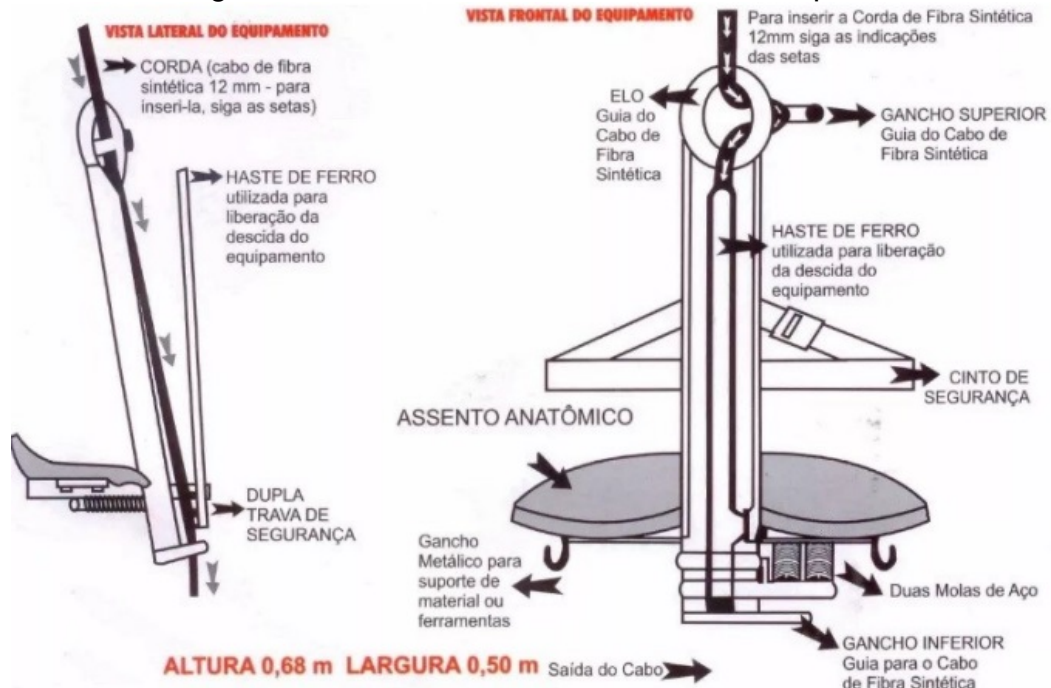
- A Recuperação das fachadas, peitoris, platibandas, pilares, vigas e lajes de concreto armado deveriam ser realizadas de acordo com as especificações correntes de recuperação, balizadas pelo princípio da economicidade x qualidade x durabilidade e regidas pelas normas técnicas propostas pela ABNT e na ausência destas, as estrangeiras (ASTM, ACI, CEB, CSTB), como por exemplo: ABNT NBR 6118 – Projetos de Concreto Armado;
- A avaliação e recuperação dos pisos e rodapés cerâmicos existentes no pilotis, suportada por inspeção percussivas, deveria também observar as prescrições normativas propostas pela ABNT relativas às juntas, selantes e fixação, tal como referenciado por exemplo pela NBR 13755 – Revestimento de Paredes externas e fachadas com placas cerâmicas.
- O sistema de identificação das patologias de fachada foi suportado por testes percussivos e de inspeção visual, não tendo sido realizada nenhuma inspeção destrutiva (extração de amostras). Foi utilizado também um detector de armaduras e profundidade de cobertura e cobrimentos de aços nas estruturas de concreto armado, onde foi utilizado a técnica da pacometria através do uso de equipamento HILTI OS 50.

## 5.2 Metodologia de trabalho de inspeção

O trabalho de inspeção de fachada foi realizado em 2019 na parte da manhã e da tarde (entre 10:00 às 16:00), com o auxílio de empresa terceirizada especializada na realização de trabalhos em altura, inspeções, limpeza e pintura de fachadas.

Parte do processo se procedeu com o auxílio de uma cadeira suspensa (FIGURA 29), atendendo às normativas vigentes (NR 18) de trabalhos em altura com o acompanhamento dos engenheiros responsáveis.

Figura 29 – Detalhamento de cadeirinha suspensa



Fonte: Acervo do autor

Após a inspeção visual inicial das patologias, foram realizadas inspeções via percussão e inspeção via pacometria.

### 5.2.1 Inspeção via Percussão

A partir de levantamento de áreas degradadas que apresentavam som cavo quando percutidas por martelo metálico (cabo de madeira) com peso de até 500g foi possível identificar externamente e estimar a dimensão das não conformidades na superfície tal como apresentado nas Figuras 30 e 31.

Figura 30 – Inspeção percussiva realizada na fachada



Fonte: Acervo do autor

Figura 31 – Inspeção via percussão em peitoril



Fonte: Acervo do autor

A percussão foi igualmente utilizada para inspecionar as placas cerâmicas existentes no piso do pilotis bem como nos rodapés (FIGURA 32).

Figura 32 – Inspeção via percussão em piso cerâmico

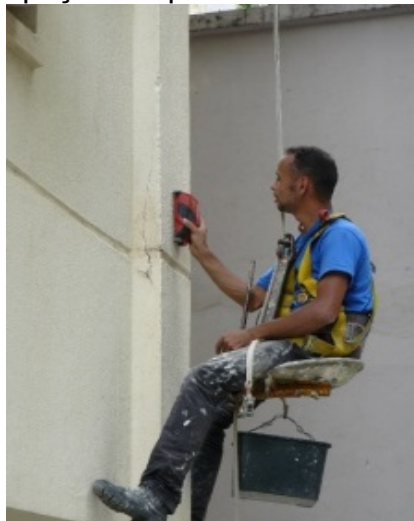


Fonte: Acervo do autor

### 5.2.2 Inspeção via Pacometria

A inspeção END (ensaios não destrutivos), foi realizada com o auxílio de pacômetro digital HILTI OS 50 e identificou nas fachadas (Pilares e vigas externas) o cobrimento e a existência de armaduras, propiciando o detalhamento geral de seu lançamento e posicionamento como pode ser visto na Figura 33.

Figura 33 – Inspeção via pacômetro na fachada do edifício



Fonte: Acervo do autor



### 5.3 Análises das não conformidades

Apresentam-se nesta seção as patologias encontradas após a realização da inspeção.

#### 5.3.1 *Patologias na fachada externa do edifício*

Durante a inspeção a percussão foi encontrada, de forma generalizada, em diversos pontos e panos ao longo de toda a extensão dos pilares, áreas que apresentam “ocos” e “socos” com sinais claros e evidentes de processo em curso que envolve o deslocamento do revestimento da fachada, levando consigo parte ou totalmente o cobrimento de concreto existente nos pilares.

Em alguns locais o processo de deslocamento já se encontrava em processo mais avançado, com trincas e armaduras aparentes. Nestas regiões, o revestimento já se encontrava completamente solto necessitando de pouco esforço mecânico para desprender o material da superfície do substrato e cair sob chão.

Figura 34 – Revestimento Desprendido do substrato



Fonte: Acervo do autor

Conforme observado na Figura 35, um dos pilares, por estar localizado em um ponto mais aparente e exposto às intempéries (sol, chuva, vento) apresentava-se

em precárias condições, tendo sido possível a retirada manual de parte do revestimento solto na estrutura.

Figura 35 – Pilar da fachada lateral direita



Fonte: Acervo do autor

Na Figura 36, pode-se observar a situação da maioria dos pilares do edifício

Figura 36 - Pilar com rachaduras



Fonte: Acervo do autor

Ficou evidente que o início de propagação das trincas e “ocos” se deu, via de regra, próximo às juntas, por ser uma região em que ocorre as maiores movimentações (transversais e longitudinais) da fachada.

A situação se agrava quando são observados os pilares de canto (existentes nas extremidades e quinas da edificação), mais sucessíveis as movimentações naturais dos elementos de composição da edificação.

### **5.3.2** *Patologias no peitoril e paredes/muros de divisa*

A platibanda apresentava trincas transversais, em alguns pontos, de grande magnitude, gerando nos revestimentos, internos e externos, “ocos” e “socos”, tal como apresentado na Figura 37.

Figura 37 – Trinca transversal em peitoril



Fonte - Acervo do autor

As trincas atingiam até 8 mm de abertura e, via de regra, se iniciavam na parte interna da edificação do pilotis e se projetavam para a parte externa (FIGURA 38). Tudo indicava se tratarem de trincas dinâmicas (em processo corrente de movimentação). Fato interessante é que, nem sempre, elas eram visíveis pelo lado de fora da edificação, talvez motivada pelo uso de revestimentos (texturas e pinturas) mais flexíveis que acabam por mascarar sua aparição e não propiciando uma ideia real da magnitude do problema.

Figura 38 – Medida da espessura da trinca



Fonte – Acervo do autor

Assim, é visto o caráter emergencial a intervenção e o reparo, devido ao risco eminente de tais trincas promoverem, ao longo prazo, descolamento de peças da alvenaria do peitoril, pior aderência ao substrato de revestimento em volta e ocasionar possíveis deslocamentos em uma área onde circulam pedestres e moradores.

Em outros pontos localizados próximos ao muro de divisa do muro do edifício, foram identificadas patologias semelhantes que, do mesmo modo, apresentavam risco de deslocamento, queda e possíveis acidentes (FIGURA 39).

Figura 39 – Peitoril ao fundo próximo ao muro de divisa



Fonte – Acervo do autor

A causa destas trincas pode ser dada por processos naturais de movimentação do terreno e interferências externas, como por exemplo, atividades de fundação em processo de construção civil.

### ***5.3.3 Patologias nas lajes/vigas do pilotis e da garagem***

De forma pontual foram identificadas áreas expostas e degradadas nas regiões de vigas e lajes cujo concreto se apresenta em estado deteriorado e com armações aparentes.

Figura 40 – Armadura exposta em laje do pilotis



Fonte – Acervo do autor

As armaduras já se encontravam em estado de oxidação e, portanto, foi visto como necessário, passarem por um processo de tratamento/recuperação e posteriormente tamponamento.

Na garagem foram observadas estas mesmas patologias, motivadas pela migração da água do nível superior (nível da galeria) ao pavimento da garagem.

Foi observada na garagem uma intervenção de manutenção preventiva realizada onde as armaduras expostas foram pintadas na cor branca conforme a Figura 41, não tendo sido possível avaliar se a tinta utilizada tratava-se de um primer antioxidante ou apenas uma tinta acrílica tradicional utilizada para pintar as vigas e as lajes de concreto em simultâneo. Tal medida não é considerada uma prática correta e adequada, portanto pode ser contextualizada como apenas uma ação corretiva temporária, e que não irá garantir aos elementos durabilidade e proteção.

Figura 41 – Armadura exposta pintada em cor branca



Fonte – Acervo do autor

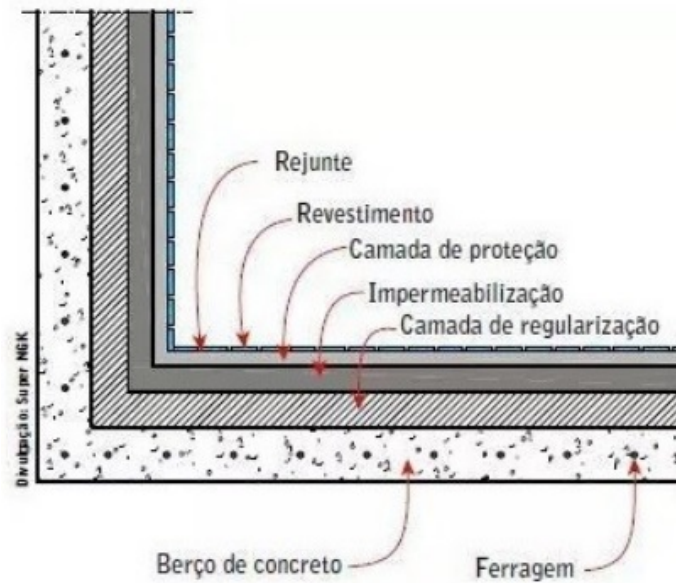
#### **5.3.4** *Patologias em pisos e rodapés*

Devido aos efeitos de tempo e uso, os pisos, rodapés e rejuntas, sofreram desgastes naturais de modo a se tornar necessário, ao longo do tempo, que o condomínio fizesse intervenções de manutenção para conservação da estrutura do piso.

A forma que é realizada a limpeza e os produtos químicos utilizados também interferem diretamente na aceleração ou retardo deste processo de degradação.

Deste modo é visto como natural o desgaste dos rejuntas que, para garantir a durabilidade e impermeabilização da laje de fundo devem ser reparados para dificultar e criar barreira de percolação da água no nível inferior e abaixo das placas cerâmicas que, com a umidade, estufam e descolam do substrato. Na Figura 42 é apresentado exemplo de rejuntas em revestimento de piso.

Figura 42 - Rejunte em revestimento de piso



Outra patologia foi identificada nas bases dos pilares, conforme demonstrado nas Figuras 43 e 44. A presença de manchas e trincas provenientes de fenômenos de ascensão capilar da água, ou seja, da migração de umidade ascendente do piso para o pilar com respingos de águas provenientes das chuvas, bem como por lavagem e limpeza dos pisos.

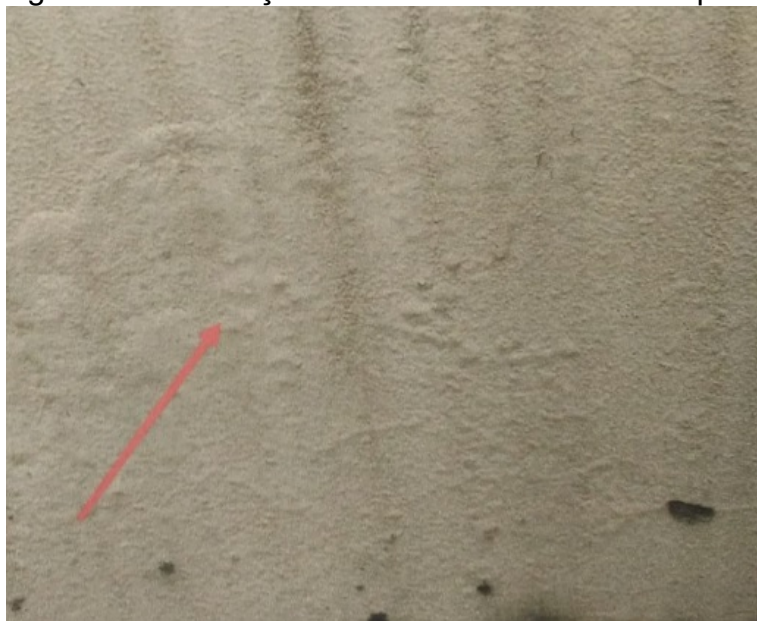
Figura 43– Pés e bases dos Pilares



Fonte – Acervo do autor



Figura 44 – Infiltração causando estufamento na pintura



Fonte: Acervo do autor

Para se evitar este tipo de patologia é recomendada a impermeabilização das bases dos pilares projetadas até uma altura de 1 metro acima do nivelamento do piso.

#### **5.4 Proposta de metodologia executiva de recuperação**

A sistemática e “modus operandis” proposta no processo de recuperação contemplando técnicas e materiais é baseada nos princípios macro filosóficos que são:

- Segurança total: não poderá ocorrer minimamente a qualquer tempo o deslocamento e soltura das peças de concreto, indevido, pós recuperação, que possa colocar em risco os futuros e usuários do espaço;
- Atendimento aos requisitos de durabilidade, sobretudo o cobrimento das armaduras, referenciados pela normas ABNT NBR 6118 e NBR 12.655;
- Máxima e adequada estética das superfícies externas da fachada e peitoris em concreto armado, assim como as regiões tratadas pontualmente nas lajes/vigas do entorno;

- O respeito aos caimentos para escoamento das águas dos pisos e a espessura mínima exigida na aplicação dos rejuntas;
- Tentativa, na medida do possível, de otimizar gastos através de matriz de risco que leve em consideração aspectos relativos à viabilidade técnica x econômica das ações de recuperação, manutenção e conservação.

Foi proposta uma metodologia geral focada na recuperação das patologias identificadas por opções de materiais que pudessem garantir a qualidade, durabilidade, desempenho, segurança e vida útil da edificação. A saber:

- A recuperação das fachadas deveria ser feita em toda a sua métrica, uma vez que as não conformidades apresentadas estão espalhadas em diversos pontos, maiores ou menores, em toda sua extensão. A descida com o auxílio de cadeirinha, balancinhos, andaimes ou outras forma de acesso deveriam ser executados respeitando a segurança e norma vigente própria para trabalhos em altura conforme NR 18 e NR 35.
- É visto a ocorrência de movimentações naturais ocorrentes no edifício das estruturas em balanço como identificado nas patologias do peitoril e muros de divisa. Neste aspecto, é visto como caráter emergencial, a recuperação do revestimento em reboco devido ao risco de ocorrer deslocamentos futuros.
- As movimentações naturais e ocorrentes geraram possíveis irregularidade do piso, ocasionando mudanças de alguns caimentos e empoçamentos pontuais no Pilotis.
- O recorrente desgaste apresentado, por tempo e ações externas, das placas cerâmicas do piso e dos rejuntas, são inconsistências que não demandam interferência emergencial de recuperação, comparada às demais. Foi sugerido como uma medida provisória a troca dos elementos degradados como garantia de uma maior durabilidade do restante do revestimento do piso cerâmico e do retardo de possíveis infiltrações ocorrentes que poderiam ocorrer no pavimento inferior, motivadas pela percolação da água no espaçamento entre juntas.

#### **5.4.1 Proposta para correção das patologias em concreto armado**

As terapias que foram propostas podem ser sintetizadas em:

- Limpeza geral das superfícies externas em concreto armado, tanto do concreto quanto das armaduras porventura expostas;
- Tratamento localizado das armaduras expostas com pites de corrosão;
- Fechamento dos reparos das áreas de tratamento com argamassa tradicional estucada, a partir do uso de material específico (micro concreto, argamassa polimérica estrutural, etc);

##### **5.4.1.1 Procedimentos executivos**

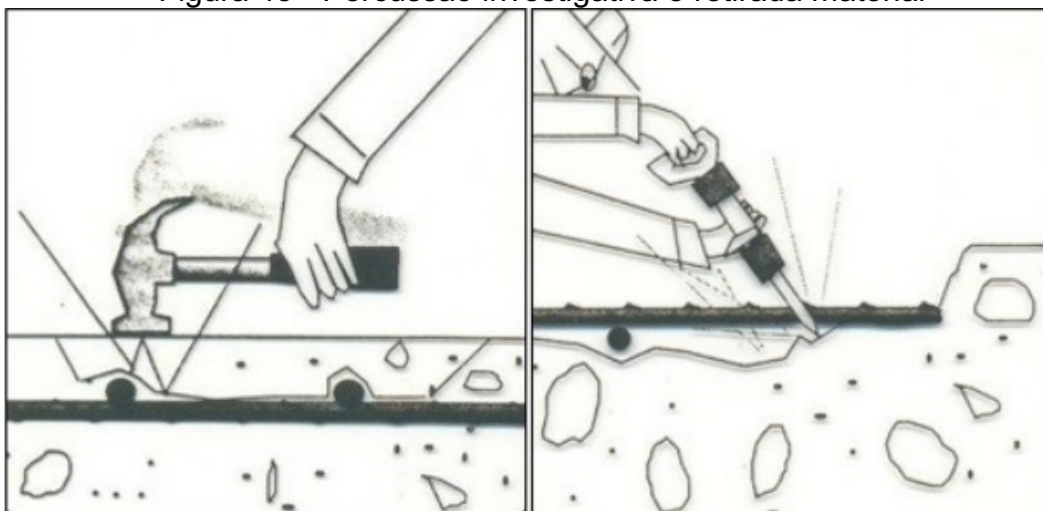
São descritas neste item as principais especificações construtivas, as características e propriedades básicas dos materiais que foram propostos para serem empregados nos serviços de recuperação e proteção das estruturas de concreto.

##### **i. Inspeção percutiva ponto a ponto:**

Esta inspeção é aplicável às patologias da fachada do edifício, peitoril em balanço e das vigas e lajes do entorno, em resumo, todas as superfícies externas de concreto armado.

A percussão é feita através de um martelo metálico tipo geólogo com o intuito de identificar concreto não aderido ao substrato, e passível de queda e remoção. É necessário efetuar a remoção deste concreto utilizando ponteiro, talhadeira, rompedores hidráulicos manuais, e assim remover toda superfície solta ou fracamente aderida, deixando no local concreto compacto aderido e consistente conforme demonstrado na Figura 45.

Figura 45 - Percussão investigativa e retirada material



ii. **Selagem de trincas:**

Aplicáveis às patologias encontradas no peitoril em balanço, parede / muro de divisa sendo aplicadas nas áreas com trincas externa aparente.

A proposta foi efetuar inserção de telas metálicas grampeadas sob a parede / muro de divisa utilizando grampos, tal como apresentado na Figura 46. Em seguida foi feito o fechamento dos reparos conforme descrito mais adiante.

Figura 46 - Inserção de malha metálica



### iii. **Tratamento das armaduras expostas**

Aplicáveis às patologias da fachada do edifício, peitoril em balanço e das vigas e lajes do entorno. Os locais de aplicação foram as áreas com armadura exposta como apresentadas na fachada e nas lajes / vigas do entorno.

O tratamento proposto para as armaduras expostas foi dividido nas seguintes etapas:

- Marcação das áreas a serem recuperadas;
- Delimitação das áreas de reparo;
- Corte de concreto para reparos localizados;
- Limpeza das armaduras;
- Fechamento dos reparos.

Estas etapas serão descritas a seguir:

#### ➤ **Marcação das áreas a serem recuperadas**

Primeiramente demarca-se com giz de cera as regiões com armadura exposta ou com pites de corrosão para depois efetuar a escarificação do concreto no local gerando uma maior ponte de aderência expondo na medida do possível o concreto sã.

#### ➤ **Delimitação das áreas de reparo**

Com o objetivo de uniformizar a área de reparo e garantir uma espessura mínima nas bordas, para as áreas a serem reparadas foi proposto que deveriam ser delimitadas com disco de corte.

Uma vez definidas as áreas e já executada a demolição do concreto solto, mal aderido ou deslocado, procedeu-se a demarcação do perímetro de corte com lápis de cera buscando-se uma delimitação de forma geométrica conhecida (quadrado, retângulo, etc.).

O corte nestes casos é feito com máquina elétrica dotada de disco diamantado (tipo Makita), para corte seco, numa profundidade mínima de 1 cm. O disco de corte deverá ser mantido na ortogonal à superfície, tomando-se os cuidados necessários para não danificar estribos e armaduras. Após o corte, deve-se proceder ao complemento do apicoamento ou demolição, nos trechos de concreto resistente, até o friso do corte.

➤ **Corte de concreto para reparos localizados**

Consiste em remover o concreto da área delimitada com disco de corte, liberando as armaduras nesta região. Todos os materiais soltos, desagregados e contaminados, devem ser retirados até atingir o concreto são.

A abertura das áreas a serem removidas é realizada por apicoamento mecânico ou manual. No primeiro caso é utilizado martelo rompedor elétrico, com potência de 900 watts, com 2.900 golpes por minuto, pesando 5,3 kg no máximo. Se o trabalho for realizado manualmente, deve se utilizar ponteiros afiados e marretas leves.

Em ambos os casos, independente do equipamento utilizado, o apicoamento deveria liberar totalmente o trecho corroído das armaduras, prosseguindo até encontrar o trecho são das barras, numa distância de aproximadamente 5 cm para cada lado, como faixa de segurança. Deve sempre ser observado se a escarificação não está sendo demasiadamente profunda, e se as barras estão sofrendo ferimentos.

O concreto existente sob a armadura corroída é totalmente removido, de modo que, exista um espaço livre de 1,0 cm a 2,0 cm, para permitir a perfeita limpeza da barra de aço e o completo preenchimento da cavidade com o material de reparo selecionado.

É importante salientar que o trabalho de remoção do concreto neste caso deve ser feito de tal forma que não comprometa a estabilidade do elemento estrutural, podendo ser feito, se for o caso, por partes.

➤ **Limpeza das armaduras**

Consiste na completa remoção dos produtos de corrosão existentes sobre as barras, nas áreas de reparos. Após a demolição do concreto e liberação completa das armaduras corroídas, procede-se a limpeza dos produtos de corrosão incrustados nas barras.

Escova-se manualmente com lixa de aço combinada com escova de cerdas metálicas. O objetivo é remover todos os produtos de corrosão, lixando e escovando a superfície até atingir o brilho metálico.

Para aumentar a velocidade dos trabalhos, utiliza-se lixadeiras elétricas. Este procedimento é executado imediatamente anterior aos procedimentos de fechamento do reparo, de forma a não expor as armaduras, já limpas, por um período não superior a 24.

Após a limpeza da armadura, foi proposto que se verificasse o nível de perda de seção da barra de aço. Se fosse constatada uma perda superior a 25% da seção original (ou 20% se duas ou mais barras adjacentes foram afetadas) seria recomendável a colocação de armadura de complementação.

Porém tinha-se a expectativa quase que finalizadora, que não seria necessário realizar nenhum tipo de complemento de ferragem, haja vista que a seção transversal de armaduras (tanto horizontais quanto verticais) são densas e em quantidade suficiente para resistir aos esforços por ventura solicitados.

Caso necessário realizar emendas utilizando barras de complementação, o acoplamento com as existentes seria feito de forma a contemplar o menor comprimento longitudinal possível, para que não houvesse necessidade de remoção adicional de concreto, e mínimo espaço transversal, para minimizar a obstrução na aplicação dos materiais cimentícios.

Nos casos em que há espaço para fazer o traspasse, este processo é sempre o mais recomendável.

Quando não é possível o traspasse, são necessárias barras de complementação em formato de grampo, que necessitam ser ancoradas em concreto são, em área adjacente, com ancoragem mínima de 5 cm e fixadas com resina epóxi (Sikadur 32 ou similar).

### ➤ **Fechamento dos reparos**

Esta etapa foi dividida em três partes: preparação do substrato, reconstituição das cavidades e a cura.

- **Preparação do Substrato:**

O substrato deveria estar convenientemente preparado para receber os produtos de reparo. Para tal fim, deve-se igualmente retirar todos os resíduos de concreto e pó que permanecerem sobre a superfície apicoada, utilizando jato de água, que além da limpeza, promove a saturação do substrato.

Para garantir a aderência com os materiais de reparo, é necessário que o substrato possua superfícies limpas, íntegras, saturadas e secas, respeitando-se a especificação do produto a ser utilizado no enchimento, que pode ser úmido sobre úmido; úmido sobre seco; etc.

Para conseguir a saturação é necessário molhar constantemente, por um período prévio, de forma que a superfície não absorva mais a água. No momento da aplicação dos produtos de reparo, a cavidade não pode apresentar água escorrendo ou empoçada, ou seja, a superfície saturada deve estar seca.

Para avaliar a qualidade da saturação utiliza-se uma brocha e joga-se água no substrato, observando se existe ainda alguma absorção. Se positivo, significa que a saturação ainda não foi suficiente.

- **Reconstituição das cavidades:**

Para a reconstituição da seção demolida foi proposto a utilização de uma argamassa polimérica industrializada estrutural (Zentrifiz KM 250 ou similar). A argamassa deveria ser misturada na proporção recomendada pelo fabricante quando for o caso de fornecimento na formatação bi-componente.

O preenchimento da cavidade deve ser feito aos poucos, em camadas de no máximo 25 mm. A utilização da argamassa polimérica estrutural é interessante pois dispensa a utilização de formas.



Foi sugerido também o uso do MC Quick Top (fabricação MC BAUCHIEME) que deveria ser preparado em espessura de 1,0 mm e utilizado como responsável pela obtenção de uma superfície alisada e homogênea para receber os produtos impermeabilizantes.

- Cura:

Completado o acabamento superficial, as áreas reparadas devem ser protegidas da perda de água, devido à incidência de sol e vento.

Essa proteção foi proposta de forma a não introduzir esforços secundários, trincas, fissuras e distorções nas peças. As áreas tratadas então deveriam ser curadas com água durante 14 dias após a aplicação.

#### iv. Tratamento das bases dos pilares

Aplicáveis às patologias identificadas nas bases dos pilares e possui como local de aplicação as áreas que abrangem todo o entorno do pé do pilar a uma altura média de 60 cm do nível do piso.

Assim como na metodologia de reparo anterior, é necessário primeiramente demarcar a área de reparo nas bases do pilar desgastado e trincado. Após a delimitação, foi proposta a escarificação da área para se obter uma maior ponte de aderência para as próximas etapas de impermeabilização e reparo da estrutura.

##### ➤ **Impermeabilização**

A impermeabilização era uma necessidade para impedir o avanço da umidade do solo por capilaridade e o ideal é que fosse feita a uma altura de 1 metro da base do pilar, com o uso de manta asfáltica ou através de uma combinação de argamassa impermeável e tinta asfáltica. É necessário destacar que a sua execução requer aplicadores especializados que sejam recomendados pelo fornecedor do produto a ser utilizado.

➤ **Aplicação da argamassa impermeável**

Com o uso de uma brocha, aplica-se uma camada de chapisco que serve como ponte de aderência entre a superfície e a argamassa com aditivo impermeabilizante.

Neste caso foi proposto que a argamassa deveria ser preparada in loco e o aditivo impermeabilizante ser diluído previamente, conforme as especificações apresentadas pelo seu fornecedor.

O produto então é aplicado sempre de forma contínua. A primeira camada deve ser sarrafeada servindo de ancoragem para camada posterior e a última camada, promovendo o acabamento necessário com o uso de uma desempenadeira.

O tempo de cura da argamassa deve ser rigorosamente respeitado para prosseguir com a aplicação da tinta asfáltica

**5.4.2 Proposta para Correção das Patologias em Piso com placas cerâmicas e rodapés**

**5.4.2.2 Procedimentos executivos**

Foram propostas inspeções para averiguar a necessidade de troca das placas e inspeções para se analisar a necessidade de troca dos rejuntas conforme apresentado a seguir.

**i. Inspeção percussiva pontual das placas cerâmicas e assentamento de nova placa cerâmica:**

Aplicáveis às patologias identificadas no piso e rodapés revestidos com placas cerâmicas situados no pilotis.

A percussão através de martelo metálico tipo geólogo, identifica as placas que estão estufadas, não aderidas substrato, e passível de sofrerem deslocamento e desencadearem possíveis infiltrações. Deste modo, ao ser identificado um som cavo – “oco” – durante a inspeção, deve-se, utilizando

ponteiro, talhadeira, rompedores hidráulicos manuais, remover toda a placa solta ou fracamente aderida, deixando no local preparado para receber a nova peça ao local.

Durante o processo é necessário fazer a limpeza e verificar a regularidade da superfície. Respeitando o projeto da paginação do piso e com a superfície já seca, com o auxílio de uma desempenadeira, deve-se aplicar em uma espessura aproximada de 4 a 5 mm, a argamassa colante ACIII (PRECON, QUARTZOLIT ou similar). A inserção da peça substituída é feita manualmente, movimentando-a levemente até chegar na posição correta.

Para garantir o completo assentamento da peça é necessário, com auxílio de um martelo de borracha, efetuar batidas sobre a placa, selando qualquer vazio existente entre as interfaces.

A utilização de espaçadores entre peças é fundamental para realizar um ajuste fino e garantir o seu correto assentamento e alinhamento. Para acabamento final, com auxílio de uma espátula, deve ser retirado o excesso de argamassa que sobe pelas juntas das peças efetuando a limpeza e retirada dos resíduos, com pano úmido, esponja ou estopa, na superfície das cerâmicas.

É imprescindível garantir a rigorosidade na normativa apresentada

## **ii. Inspeção e troca de rejuntas dos pisos ponto a ponto:**

Aplicáveis às patologias identificadas nos rejuntas do piso do pilotis e rodapés. O trabalho proposto consistia em analisar pontualmente no piso a necessidade de se executar a troca total do rejunte ou apenas realizar o seu reparo, conforme o seu desgaste às agressões externas ou pontuais.

➤ Remoção do rejunte antigo - Com cuidado para não danificar as placas cerâmicas existentes, a superfície revestida ou as possíveis tubulações passantes, a remoção do rejunte pode ser feito com a utilização de uma serra circular manual ou um raspador com lâmina de tungstênio. A argamassa antiga deve ser desgastada lentamente, até chegar ao fundo das juntas, retirando o excesso de pó com uma bucha molhada e secando a superfície com pano limpo.

➤ Preparo e aplicação do rejunte novo - a aplicação da massa deve ser feita com o auxílio de uma desempenadeira específica para rejunte, sendo pressionada para dentro das juntas seguindo as exigências apresentadas no preparo da nova argamassa de rejunte escolhida (QUARTZOLIT ou similar), seguindo as suas especificações no tempo de cura, quantidade de água adicionada, temperatura e aos cuidados de uso.

A operação deve ser repetida várias vezes e, de preferência, realizada em pequenas áreas. Após o período de 15 a 30 minutos, com uma esponja úmida, finaliza-se o processo retirando o rejunte restante através de movimentos suaves e circulares, dando o acabamento final.

Em caso de possível remoção do rejunte durante o acabamento devido ao excesso de pressão, é necessário aplicar massa no local danificado novamente. Finalizado, limpa-se a área recuperada com pano úmido.

## **5.5 Execução das obras de recuperação no ed. continental**

Após as etapas de inspeção e proposição das medidas a serem executadas, passou-se para a etapa de execução dos serviços de recuperação. A seguir serão mostradas e explicadas as etapas realizadas ao longo da realização destes trabalhos.

### **5.5.1 Recuperação da fachada no entorno do edifício**

Nas Figuras 47 e 48 é mostrada a plataforma de trabalho utilizada pelos trabalhadores para realização dos trabalhos nas fachadas.

Figura 47 - Plataforma de trabalho utilizada pelos trabalhadores



Fonte: Acervo do autor

Figura 48 - Plataforma de trabalho utilizada pelos trabalhadores



Fonte: Acervo do autor

Na recuperação da fachada no entorno do edifício, inicialmente foi realizada uma inspeção percussiva com o uso do martelo para determinar quais as áreas necessitariam de se efetuar a remoção do concreto. Depois, utilizando o ponteiro, talhadeira e rompedores hidráulicos manuais quando necessário foi removida toda a superfície solta ou fracamente aderida, deixando no local concreto compacto aderido e consistente.

Após definidas as áreas e já executada a demolição do concreto solto, mal aderido ou deslocado, procedeu-se a demarcação do perímetro buscando-se uma delimitação de forma geométrica conhecida (quadrado, retângulo, etc.).

Em seguida em alguns casos foi removido o concreto da área delimitada com disco de corte, liberando as armaduras nesta região. Todos os materiais soltos, desagregados e contaminados foram então retirados até atingir o concreto sã.

Nas Figuras 49 e 50 são mestrasas estas etapas iniciais de retiradas do concreto concluídas.

Figura 49 – Concreto retirado



Fonte: Acervo do autor

Figura 50 – Concreto retirado



Fonte: Acervo do autor

Após a demolição do concreto e liberação completa das armaduras corroídas, procedeu-se a limpeza dos produtos da corrosão incrustados nas barras. Logo após a limpeza da armadura, verificou-se o nível de perda de seção da barra de aço, como não foi constatado em nenhuma barra uma perda superior a 25% da seção original (ou 20% se duas ou mais barras adjacentes foram afetadas) não foi necessário nenhum tipo de complemento de ferragem, haja vista que a seção transversal das armaduras (tanto horizontais quanto verticais) são densas e em quantidade suficiente para resistir aos esforços por ventura solicitados

Então, utilizando jato de água para limpeza, foram retirados todos os resíduos de concreto e pó que permaneceram sobre a superfície apicoada com o intuito de preparar a superfície para receber os produtos de reparo.

Ainda utilizando jato de água foi promovida a saturação do substrato molhando constantemente, por um período prévio, de forma que a superfície não absorvesse mais a água atentando-se para que no momento da aplicação dos produtos de reparo a cavidade não pode apresentasse água escorrendo ou empoçada.

Antes da etapa de preenchimento e reconstituição das cavidades foi também aplicado com um pincel, em 2 demãos, um primer anticorrosivo elaborado à base de resina sintética com o intuito de inibir a corrosão e proporcionar proteção às barras de aço.

Para a reconstituição da seção demolida foi utilizado uma argamassa polimérica industrializada estrutural. A argamassa sempre misturada na proporção recomendada pelo fabricante. O preenchimento da cavidade foi realizado aos poucos, em camadas de no máximo 25 mm. A seguir, nas figuras 51, 52 e 53, temos algumas fotos destas etapas citadas acima

Figura 51 – Argamassa polimérica aplicada



Fonte: Acervo do autor



Figura 52 - Argamassa Polimérica aplicada



Fonte: Acervo do autor

Figura 53 – Argamassa aplicada na fachada



Fonte: Acervo do autor

. A utilização da argamassa polimérica estrutural pode ser realizada sem utilização de formas, mas em algumas situações se fez necessário sua utilização, até mesmo para facilitar a aplicação. Abaixo temos algumas fotos destas etapas.

Figura 54 – Utilização de formas para aplicação da argamassa



Fonte: Acervo do autor

Figura 55 - Utilização de formas para a recuperação



Fonte: Acervo do autor

Figura 56 - Fachada com argamassa estrutural após retirada das formas



Fonte: Acervo do autor

Completado o acabamento superficial, as áreas reparadas foram protegidas da perda de água, devido à incidência de sol e vento, sendo curadas por 14 dias evitando o aparecimento de trincas, fissuras e distorções nas peças. A seguir uma foto da fachada quase acabada, faltando apenas pintura.

Figura 57 – Fachada quase acabada, faltando apenas pintura



Fonte: Acervo do autor

E por fim, a fachada do entorno do edifício foi toda pintada proporcionando mais uma proteção para a superfície de concreto como pode ser observado nas Figuras 58 e 59.

Figura 58 – Fachada após a pintura



Fonte: Acervo do autor

Figura 59 – Fachada acabada após pintura final



Fonte: Acervo do autor

### 5.5.2 Recuperação do peitoril e dos muros de divisa

Primeiramente, apresenta-se a seguir mais algumas fotos das patologias encontradas no peitoril e nas paredes/muros de divisa:

Figura 60– Peitoril com trincas espaçadas a cada metro



Fonte: Acervo do autor

Figura 61 – Presença de trinca com indícios de movimentação no peitoril em balanço



Fonte: Acervo do autor

Primeiramente foi realizada a inspeção a percussão através de um martelo com o intuito de identificar argamassa não aderida, e passível de queda e remoção. Então foi realizada a remoção desta utilizando ponteiro e talhadeira, com o intuito de remover toda a superfície solta ou fracamente aderida.

Figura 62– Inspeção via percussão acústica no peitoril lateral interna



Fonte: Acervo do autor

Em seguida foi realizada a selagem das trincas através da inserção de telas metálicas grampeadas sob a parede / muro de divisa utilizando grampos.

Após a colocação das telas, a área a ser revestida foi chapiscada e em seguida foram finalizados os reparos.

Em alguns pontos foi necessário a aplicação de argamassa polimérica para o fechamento e em outros, onde o tratamento foi mais superficial, utilizou-se o revestimento com argamassa de cimento, cal hidratada e areia.

Nas Figuras 63 e 64 são apresentadas imagens dos reparos do peitoril finalizados com as argamassas.

Figura 63 – Fechamento do peitoril com argamassa



Fonte: Acervo do autor

Figura 64– Fechamento do peitoril com argamassa



Fonte: Acervo do autor



Então, as áreas reparadas foram protegidas da perda de água, devido à incidência de sol e vento, sendo curadas evitando o aparecimento de trincas, fissuras e distorções nas peças.

Por fim foram pintadas todas as áreas de peitoril (FIGURA 65) e de muros de divisa (FIGURA 66).

Figura 65 – Peitoril pintado e acabado



Fonte: Acervo do autor

Figura 66 – Muro de divisa pintado e acabado



Fonte: Acervo do autor

### 5.5.3 Recuperação da base dos pilares e dos pisos e seus rodapés

Os elementos analisados estão apresentados na Figura 67. Inicialmente foi averiguada a necessidade de se trocar as placas do piso e a necessidade de troca dos rejuntas. Para isso, através de martelo metálico tipo geólogo, foram identificadas as placas que estavam estufadas, não aderidas substrato, e passíveis de sofrerem deslocamento (FIGURA 68). Depois utilizando ponteiro, talhadeira e rompedores hidráulicos manuais, foram removidas as placas soltas, deixando no local preparado para receber a nova peça ao local.

Figura 67 - Situação dos pilares e do piso antes da recuperação



Fonte: Acervo do autor

Figura 68 - Pisos soltos demarcados com o "x"



Fonte: Acervo do autor

Após a limpeza e com a superfície já seca, com o auxílio de uma desempenadeira, foi aplicada em uma espessura aproximada de 4 a 5 mm, a argamassa colante ACIII.

Para garantir o completo assentamento da peça foi necessário, com auxílio de um martelo de borracha, efetuar batidas sobre a placa, selando qualquer vazio existente entre as interfaces. E por fim, com auxílio de uma espátula, foi retirado o excesso de argamassa que sobe pelas juntas.

Onde foi necessário a remoção do rejunte antigo, com cuidado para não danificar as placas cerâmicas existentes, a superfície revestida ou as possíveis tubulações passantes, a remoção do rejunte foi feita com a utilização de uma serra circular manual. A argamassa antiga foi desgastada lentamente, até chegar ao fundo das juntas, retirando o excesso de pó com uma bucha molhada e secando a superfície com pano limpo.

Posteriormente foi feito o preparo e a aplicação do rejunte novo seguindo as exigências apresentadas no preparo da nova argamassa de rejunte escolhida e seguindo as especificações no tempo de cura, quantidade de água adicionada, temperatura e aos cuidados de uso. Por fim, limpou-se a área recuperada com pano úmido.

Para a recuperação da base dos pilares foi necessário primeiramente demarcar a área de reparo nas bases dos pilares desgastados e trincados. Após a delimitação, foi realizada escarificação das áreas para se obter uma maior ponte de aderência para as próximas etapas de impermeabilização.

A impermeabilização foi feita a uma altura de 1 metro da base do pilar, através de uma combinação de argamassa impermeável e tinta asfáltica.

Com o uso de uma brocha, aplicou-se uma camada de chapisco como ponte de aderência. A argamassa foi preparada *in loco* e o aditivo impermeabilizante ser diluído previamente, conforme as especificações apresentadas pelo seu fornecedor.

O produto então foi aplicado sempre de forma contínua. A primeira camada sarrafeada servindo de ancoragem para camada posterior e a última camada, promovendo o acabamento necessário com o uso de uma desempenadeira.

Posteriormente foi realizada a cura da argamassa e então aplicada a tinta asfáltica. Na Figura 69 estão apresentadas bases de pilares após a recuperação.

Figura 69 - Base dos Pilares após a recuperação



Fonte: Acervo do autor

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo principal apresentar quais as principais manifestações patológicas presentes em estruturas de concreto e nas edificações, suas causas e como recuperá-las e por fim apresentar um caso real onde foi realizada a recuperação das patologias.

Foi percebido durante a pesquisa que para diagnosticar as patologias e propor soluções, é necessária uma boa bagagem por parte do profissional em relação ao conhecimento aplicado aos materiais de construção e estar estreitamente ligado ao processo de construções.

Foi possível perceber também que os moradores do edifício nem sempre estão dispostos a pagar para descobrir a causa dos problemas ocorridos, eles querem apenas as soluções.

Outro aspecto importante a respeito do Ed. Continental é que as patologias apresentadas na maior parte das vezes foram causadas pelo desgaste devido ao tempo da edificação, que possui mais de 40 anos. Não foram encontradas barras de aço com pouco recobrimento da armadura, e também não foi percebido nenhuma causa devido à problemas de construção em si. Assim, podemos concluir que o concreto, as juntas, os pisos, não duram eternamente sem que sejam feitas manutenções.

Por fim, vale lembrar que de acordo com Helene (1992), pode-se ter mais de uma solução e mais de um procedimento de correção para cada tipo de problema, que poderá ser adotado em função de fatores técnicos e econômicos deve-se sempre levar em conta a disponibilidade de tecnologia local e a existência ou não de pessoal habilitado e também materiais e equipamentos existentes no local da obra.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- AGUIAR, J.E. **Patologia e Durabilidade das Estruturas de Concreto**. Notas de aula (especialização em construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte: 2014. 298 p.
- AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. 128 p.
- CAMARGO, Rafaela Garcia. **Estudo de patologia em concreto armado e proposta de soluções**: análise de caixa de areia no sistema de tratamento de efluentes em uma cooperativa de laticínios. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Gratinguetá, 2017.
- CARVALHO JUNIOR, Roberto de. **Patologia em Sistemas Prediais Hidráulicos-Sanitários**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1426>> Acesso em 30 mar. 2020.
- DAN, Soluções. **Principais Patologias causadas por infiltrações e umidades**. 2008. Disponível em: <<https://www.dansolucao.com.br/blog-dan-solucao-item.php?post=principais-patologias-causadas-por-infiltracoes-e-umidades>> Acesso em: 26 abril. 2020.
- DEUTSCH, S. F. **Perícias de Engenharia: A Apuração dos Fatos**. São Paulo: Livraria e Editora Universitária de Direito (LEUD), 2011, 207 p.
- GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. 174p.
- HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2.ed. São Paulo: PINI, 1992.
- HELENE, P.; PEREIRA, F. **Manual de Recuperação de estruturas de concreto armado**: Recuperação, reforço e proteção. São Paulo: Smart System, 2003.

LICHTENSTEIN, N, B. **Patologia das construções**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, Boletim Técnico nº 06, 1986.

LOTTERMANN, André Fonseca - **Patologias em Estruturas de Concreto: Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia, Ijuí, Rio Grande do Sul, 2013. 66 p.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: PINI, 2007. 270 p.

MARQUES, Sara de Oliveira - **Estudo de Caso: Durabilidade em Estruturas De Concreto Armado na Antiga Sede Administrativa Do TRE-RN**. - Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. 68 p.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento De Causas De Patologias Na Construção Civil**. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. 107 p.

ROCHA, Bruno dos Santos. **Manifestações Patológicas e Avaliação de Estruturas de Concreto Armado**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, Aleílson V. **Corrosão de Armadura em Estruturas de Concreto Armado devido à Carbonatação**. Revista Online IPOG, Salvador, BA, dez 2015.

SCHORNARDIE, Clayton Eduardo - **Análise e Tratamento das Manifestações Patológicas por Infiltração em Edificações**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil - UNIJUÍ, Ijuí/ RN, 2009. 84p.

SOUZA, V.C. & RIPPER, T. **Patologia e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Editora PINI, 1998.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edificações: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: Editora PINI, 1989.

SILVA, Luíza Kilvia da. **Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado Do Ceará**. 61f. Monografia (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.