



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB**  
**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**LUANA PEREIRA MAGALHÃES**  
**VITOR CANABRAVA RODRIGUES FIGUEIREDO**

**APLICAÇÃO DE ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS PARA  
ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS EM ESTRUTURA DE CONCRETO  
ARMADO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS LOCALIZADOS NA ASA NORTE  
– DF**

**BRASÍLIA, 2019**



**LUANA PEREIRA MAGALHÃES**  
**VITOR CANABRAVA RODRIGUES FIGUEIREDO**

**APLICAÇÃO DE ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS PARA  
ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS EM ESTRUTURA DE CONCRETO  
ARMADO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS LOCALIZADOS NA ASA  
NORTE – DF.**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica  
apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e  
Pesquisa

Orientação: Jorge Antônio da Cunha Oliveira

**BRASÍLIA 2019**

## RESUMO

A presente pesquisa procura colaborar com o desenvolvimento na área de edificações localizadas no Distrito Federal. As manifestações patológicas presentes em estruturas de concreto armado, são um problema comum na área da construção civil, uma vez que podem ser encontradas facilmente no cotidiano. Diante disso, a estudo se propôs a analisar as diversas manifestações patológicas presente nas construções e seu desempenho estrutural. Neste trabalho foi realizado a análise visual, tanto quanto, a realização de ensaios tecnológicos não destrutivos para identificação das possíveis origens das manifestações patológicas existentes e seus respectivos graus de risco, indicando assim, possíveis soluções e possibilitando a correlação dos problemas entre edificações e suas possíveis causas. Após a coleta de dados, fora feito a análise de resultados e a elaboração das estatísticas comparativas entre as diversas manifestações para assim, concluir quais as patologias mais comuns entre as quatro edificações e suas correlações. O objetivo do trabalho foi alcançado à medida em que foi conseguido obter resultados e foram apresentadas soluções para os problemas identificados através de indicações de manutenção corretiva pontual e geral.

**Palavras-chave: Estruturas de Concreto. Manifestações Patológicas. Patologias.**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>2</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
3.1. OBJETIVO GERAL .....	3
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>4. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>3</b>
4.1. Conceito de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto.....	3
4.1.1. Lixiviação (águas puras, carbônicas agressivas e ácidas). .....	4
4.1.2. Fissuras .....	4
4.1.3. Infiltração .....	6
4.1.4. Corrosão das armaduras.....	7
4.1.5. Carbonatação.....	9
4.2. Ensaio Tecnológicos em Estruturas de Concreto .....	9
4.2.1. Pacometria.....	10
4.2.2. Esclerometria .....	11
4.2.3. Ultrassonografia .....	14
4.2.4. Ensaio de Avaliação da Frente de Carbonatação .....	15
4.3. Classificação de Grau de Risco .....	17
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
5.1. Edifício A.....	19
5.1.1. Localização do Edifício .....	20
5.1.2. Descrição da Edificação.....	20
5.1.3. Cobertura.....	20
5.1.3.1. Manchas de Infiltração e Eflorescência .....	21
5.1.3.2. Trincas e Fissuras no Piso de Concreto da Cobertura .....	21
5.1.4. Área de Lazer .....	21
5.1.4.1. Piso da Área de Lazer .....	22
5.1.4.2. Junta de Dilatação Estrutural .....	22
5.1.4.3. Falhas no Rejunte, Manchas de Sujeira, Manchas de Infiltração e Sinais de Eflorescência .....	22
5.1.5. Caixas de Escada .....	23
5.1.6. Halls Sociais/ Serviço – Pavimento Tipo .....	23
5.1.6.1. Sinais de Infiltração.....	23
5.1.7. Área Comum Externa.....	24
5.1.7.1. Pavimento Térreo (Pilotis).....	24
5.1.7.1.1. Halls Sociais de Entrada – Pavimento Térreo (Pilotis).....	24
5.1.7.1.2. Lajes de Avanço.....	24
5.1.7.1.3. Perda de Aderência do Piso Cerâmico.....	25
5.1.7.1.4. Peças Cerâmicas Danificadas.....	25

5.1.7.1.5.	Junta de Dilatação Estrutural .....	25
5.1.8.	Área Externa do 1º Subsolo .....	26
5.1.9.	Subsolos .....	26
5.1.9.1.	1º Subsolo.....	27
5.1.9.1.1.	Garagem.....	27
5.1.9.1.1.1.	Infiltrações.....	28
5.1.9.1.2.	Laje.....	28
5.1.9.1.2.1.	Falhas nas Vedações das Aberturas na Laje.....	28
5.1.9.1.2.2.	Fissuras.....	29
5.1.9.1.2.3.	Juntas de Dilatação Estrutural.....	29
5.1.9.1.2.4.	Rampa da Garagem .....	29
5.1.9.1.2.5.	Piso de Concreto .....	30
5.1.9.2.	2º Subsolo.....	30
5.1.9.2.1.	Reservatório de águas Inferiores (2º Subsolo) .....	30
5.1.9.2.1.1.	Abertura no Bloco de Coroamento .....	30
5.1.9.2.1.2.	Fissuras nas Paredes de Vedação .....	31
5.1.9.2.1.3.	Corrosão das Armaduras da Laje Superior .....	31
5.1.9.2.2.	Área da Garagem.....	32
5.1.9.2.2.1.	Fissuras na Laje.....	32
5.1.9.2.2.2.	Passagens de Instalações Hidrosanitárias .....	32
5.1.9.2.2.3.	Infiltrações .....	33
5.1.9.2.2.4.	Junta Estrutural .....	33
5.1.9.2.2.5.	Piso de Concreto.....	33
5.1.9.2.2.6.	Falhas Construtivas.....	34
5.1.10.	Sistema de Fachadas e Varandas .....	34
5.1.10.1.	Infiltrações no Revestimento .....	34
5.1.10.2.	Eflorescência .....	35
5.1.10.3.	Perda Aderência e Deslocamento.....	35
5.1.10.4.	Fissuras .....	35
5.1.11.	Ensaio.....	36
5.1.11.1.	Ensaio de Pacometria .....	36
5.1.11.2.	Ensaio de Esclerometria .....	37
5.1.11.3.	Ensaio de Ultrassonografia .....	38
5.2.	Edifício B.....	40
5.2.1.	Localização do Edifício .....	40
5.2.2.	Descrição da Edificação.....	40
5.2.3.	Cobertura.....	41
5.2.3.1.	Telhas Metálicas .....	41
5.2.4.	Casa de Máquinas .....	41

5.2.4.1.	Fissura .....	42
5.2.4.2.	Falta de cobrimento nominal da armadura de aço do teto .....	42
5.2.5.	Sistema de Fachadas .....	42
5.2.5.1.	Manifestações patológicas .....	42
5.2.6.	Halls .....	43
5.2.6.1.	Acesso à edificação .....	43
5.2.6.2.	Cobertura da entrada principal da edificação .....	43
5.2.6.3.	Trincas e fissuras na parede e no piso cerâmico .....	44
5.2.6.4.	Piso cerâmico .....	44
5.2.7.	Rampas .....	45
5.2.7.1.	Fissuras, trincas e desgaste das rampas .....	45
5.2.7.2.	Deslocamento da camada de proteção mecânica e pequeno desnível na rampa externa .....	46
5.2.7.3.	Deslocamento de revestimento cerâmico .....	46
5.2.8.	Subsolos .....	46
5.2.8.1.	Cobrimento nominal insuficiente e corrosão de armaduras .....	47
5.2.8.2.	Fissuras .....	47
5.2.8.3.	Deslocamento superficial do piso .....	47
5.2.8.4.	Infiltração .....	48
5.2.8.5.	Juntas de dilatação .....	49
5.2.8.6.	Sinais de abrasão em pilar de concreto .....	49
5.2.9.	Vestiário dos Funcionários no 1º Subsolo .....	49
5.2.10.	Ensaio Tecnológicos na Estrutura de Concreto do Subsolo .....	50
5.2.10.1.	Ensaio de Pacometria .....	50
5.2.10.2.	Ensaio de Esclerometria .....	50
5.2.10.3.	Resultados Obtidos .....	51
5.3.	Edifício C .....	52
5.3.1.	Localização do Edifício .....	52
5.3.2.	Descrição da Edificação .....	52
5.3.3.	Cobertura .....	52
5.3.3.1.	Juntas de Dilatação Estrutural .....	53
5.3.3.2.	Reservatórios de Água .....	53
5.3.3.2.1.	Revestimento Externo .....	53
5.3.3.2.2.	Reservatório da Prumada A .....	54
5.3.4.	Sistema de Fachadas .....	54
5.3.4.1.	Fachada Frontal e Posterior .....	54
5.3.5.	Jardins .....	55
5.3.5.1.	Trincas, Fissuras e Bolor nas Vedações do Jardim .....	55
5.3.5.2.	Espelhos d'água e Entrada Principal .....	56
5.3.5.2.1.	Jardim da Entrada do Edifício .....	56

5.3.5.2.2. Banheiro/Depósito Externo.....	56
5.3.6. Subsolo.....	56
5.3.6.1. Rampa de Acesso.....	56
5.3.6.2. Trincas/Fissuras.....	57
5.3.6.3. Cortes nas Lajes Nervuradas e Exposição das Armaduras e Corrosão .....	58
5.3.6.4. Cobrimento da Laje Nervurada .....	58
5.3.7. Ensaio.....	59
5.3.7.1. Ensaio de Pacometria .....	59
5.3.7.2. Ensaio de Esclerometria .....	60
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>61</b>
6.1. Manifestações Recorrentes.....	61
6.2. Principais causas.....	62
6.3. Grau de Criticidade.....	64
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>65</b>
7.1. Edifício A.....	65
7.2. Edifício B.....	67
7.3. Edifício C .....	67
7.4. Correlação dos dados.....	67
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## **ANEXO A - Relatório Fotográfico**

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil passou por um momento de crescimento em função das necessidades de moradia das populações brasileiras, com o incentivo do governo brasileiro, para que esses pudessem ter a oportunidade de ter maior comodidade e oportunidades de moradia, em função disso as construtoras iniciaram o processo de construção de edificações sem um controle adequado do processo construtivo e do controle da qualidade do material, fazendo com que surgissem várias manifestações patológicas perdendo desempenho. Em resposta a esse surto de crescimento de edificações o estudo das manifestações patológicas está cada vez mais em fase de investimento a fim de sanar os problemas dessa desenfreada construção do período de 2008 a 2014 principalmente.

De modo geral as principais causas de manifestações patológicas variam, sendo essas, deficiência de projeto, má execução (processo construtivo inadequado), falta de manutenção, má qualidade de materiais ou emprego inadequado dos mesmos, ações externas (incêndios, inundações, acidentes, etc.), erros de dimensionamento, entre outros fatores, que acarretam a diminuição da vida útil da estrutura e a segurança das pessoas que transitam e habitam tais construções. Para que haja qualidade nos possíveis serviços de recuperação é necessário o estudo detalhado das causas e dos efeitos produzidos.

Portanto foram realizados procedimento, na presente pesquisa, para o reconhecimento e análise das falhas, através de ensaios não destrutivos, como esclerometria e ultrassonografia, presentes respectivamente nas normas técnicas brasileiras: NBR 7584 e NBR 8802/2013, além de pacometria e avaliação da frente de carbonatação (com uso de fenolftaleína). Com o intuito de aprofundar a avaliação de desempenho para obter informações mais precisas, possibilitando propor soluções cabíveis.

## 2. JUSTIFICATIVA

As inspeções prediais e avaliações de desempenho construtivo tem grande importância para com a prevenção e manutenção da vida útil de uma edificação, afim de prolongar a vida útil evitando o desgaste do sistema construtivo e perda de desempenho, em alguns casos podendo até se evitar o colapso da estrutura, que vem acontecendo nos grandes centros urbanos devido à falta de manutenção principalmente na área de estruturas de concreto armado, onde não há manutenção/cuidado com corrosão da armadura devido a um conjunto de fatores que quando não identificados e tratados corretamente levam a tal, sendo necessário o estudo detalhado encontrando-se as principais causas das falhas e sugestões de recuperação.

Tendo em vista o crescente número de edifícios que apresentam manifestações patológicas e também os recentes acontecimentos de colapso estrutural na cidade de Brasília, como o desabamento de uma laje de avanço ocorrido na garagem de um prédio residencial na 210 Norte e o desabamento do viaduto eixão sul no centro de Brasília capital do Brasil, a menos de 1 km da Rodoviária do Plano Piloto, que ocorreram devido principalmente a falta de manutenção; levando a perceber a necessidade de uma investigação aprofundada sobre os principais motivos da perda de desempenho estrutural.

Haja visto tais fatos, o projeto de pesquisa tem como proposta um estudo de edificações que apresentam problemas de corrosão, perdurabilidade, etc. Afim da realização de monitoramento de três prédios residenciais, avaliando-se as causas das manifestações patológicas mais comuns entre eles, através de um levantamento dos principais fatores que levam a essas ocorrências. A sugestão visa identificar se há uma padronização dos motivos que resultam no surgimento dessas falhas que causam desconforto e insegurança aos moradores, apontando se consistem em falhas humanas, causas naturais do material ou ações externas, além de recomendações para recuperação do desempenho estrutural.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desse trabalho é avaliar o desempenho estrutural e principais manifestações patológicas de prédios no Distrito Federal, baseado em fundamentos teóricos e práticos, com a utilização de ensaios não destrutivos de pacometria, esclerometria, ultrassonografia e se necessário avaliação da frente de carbonatação.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Fazer correlação entre os prédios avaliados, procurando um possível padrão para causa das patologias;
- Mapear as causas mais frequentes e comuns entre eles;
- Dar possíveis soluções de recuperação para cada prédio avaliado.

### **4. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para haver uma implementação dos objetivos foi realizada uma revisão bibliográfica das possíveis causas que levam estruturas a sofrerem colapsos estruturais, em virtude disso foi elaborado o estudo detalhado e aprofundado das técnicas de inspeção afim de entender os fundamentos e a metodologia da pesquisa, os mecanismos a serem utilizados e seus respectivos objetivos, sendo importante conhecer alguns conceitos básicos dos processos que ocorrem na avaliação de desempenho estrutural e correlacionando resultados de laudos de edifícios residenciais que tiveram manifestações patológicas análogas as avaliadas nesse trabalho, como:

#### **4.1. Conceito de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto**

Patologia pode ser abrangida como uma situação em que o edifício ou uma parte dele, não apresenta o desempenho previsto em um determinado instante da sua vida útil.

Para Souza e Ripper (1998) as causas das deteriorações das estruturas de concreto podem ser classificadas como causas intrínsecas (inerentes às estruturas) e causas extrínsecas (externas ao corpo estrutural).

As causas intrínsecas são as que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização das obras, por motivo de falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas. As causas de deterioração da estrutura que não dependem do corpo estrutural em si, assim como da composição interna do concreto, ou de falhas específicas ao processo de execução são as causas extrínsecas. É possível considerar que elas atuam exteriormente e propagam-se para o interior das estruturas durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil.

Os mecanismos mais importantes e frequentes de envelhecimento e de deterioração das estruturas de concreto descritos na norma ABNT NBR 6118/2014 estão listados a seguir.

#### **4.1.1. Lixiviação (águas puras, carbônicas agressivas e ácidas).**

A lixiviação é o processo de extração de uma substância de um meio sólido por meio de sua dissolução em um líquido. Na construção civil, a lixiviação é um processo patológico que ocorre nas estruturas de concreto devido a infiltração de água, que dissolve e transporta cristais de hidróxidos de cálcio e magnésio, podendo formar depósitos de sais conhecido como eflorescência, assim causando dentre outros problemas, a corrosão das armaduras e a carbonatação do concreto. Os casos de lixiviação podem ser explicados a partir de defeitos originados durante o processo construtivo (como impermeabilização inadequada, junta não vedada e tubulações mal executadas, por exemplo), ou até mesmo adquiridos ao longo do tempo, por desgaste natural ou mau uso.

Segundo Oliveira (2018) os resultados para o edifício residencial localizado na Asa Sul apresentam um grau de risco crítico, devido a interferência diária para com a vida útil da edificação. Uma vez que o sistema de impermeabilização de lajes de cobertura com desempenho inadequado propicia infiltrações nas estruturas de concreto armado, as quais ocasionam lixiviação do concreto e corrosão da armadura.

#### **4.1.2. Fissuras**

O termo fissura é utilizado para designar a ruptura ocorrida no concreto sob ações mecânicas ou físico – químicas. Fissuras são aberturas que afetam a superfície do concreto tornando-se um caminho rápido para entradas de agentes agressivos e também, dependendo

do nível, podem afetar a resistência mecânica da estrutura. Elas são causadas por vários motivos e de difícil diagnóstico, sendo os mais comuns:

- a) Recalques diferenciais
- b) Sobrecargas
- c) Agentes agressivos (corrosão de armaduras)
- d) Retração por secagem
- e) Expansão por inchamento
- f) Reação Álcali – Agregado
- g) Movimentação Térmica

Segunda a NBR 6118, as fissuras serão consideradas agressivas se sua abertura na superfície do concreto armado ultrapassar os seguintes valores:

- a) 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré);
- b) 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial);
- c) 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso).
- d) O conceito de fissura é diferente de “trinca” e “rachadura”. Elas se diferenciam apenas na dimensão (trincas possuem aberturas maiores que 0,5 mm e rachaduras possuem abertura acentuada e profunda).

De acordo com o Autor Silva (2016), a abertura pode ser classificada de acordo com a sua espessura como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha, como difere, resumidamente na tabela 1.

Tabela 1 – Tamanho de Aberturas

<b>Anomalias</b>	<b>Aberturas (mm)</b>
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Silva (2016)

Os profissionais ligados ao assunto devem se conscientizar de que muito pode ser feito para minimizar-se o problema, pelo simples fato de reconhecer-se que as movimentações dos materiais e componentes das edificações civis são inevitáveis (THOMAZ, 1989).

Segundo Oliveira (2018), alguns resultados obtidos em estudo de caso verídico realizado em um Condomínio residencial localizado em Águas Claras, as fissuras e trincas presentes nas alvenarias de vedação no 2º subsolo da Garagem apresentaram um ângulo de 45 graus, indicando que são devido a movimentações estruturais. Movimentação essa que transfere tensões, as quais os materiais utilizados na edificação não suportam, causando assim as trincas e fissuras detectadas. Uma medição dessas fissuras/trincas foi realizada com o auxílio do fissurômetro, constatando que as aberturas variavam de 0,7 mm a 3 mm (espessura de uma caneta).

#### **4.1.3. Infiltração**

Conforme PEREZ (1985), a umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos dentro da construção civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas.

Infiltração é a passagem de umidade da parte externa para a parte interna, através de trincas ou da própria capacidade de absorção do material, sendo os danos mais comuns nas construções. O problema de umidade quando surge como uma manifestação patológica acaba trazendo um desconforto e podem ocasionar muitas consequências, tanto na parte estética, quanto em relação à segurança estrutural.

As infiltrações poderão ter ocorrido devido a:

- a) Terem sido levadas por capilaridade;
- b) Terem sido levadas por chuva;
- c) Resultantes de vazamentos em redes hidráulicas, entre outras.

Alguns fatores poderão ser apontados, que propiciaram a infiltração, como:

- a) Características construtivas;
- b) Falta de uso de materiais impermeabilizantes;
- c) Falta de manutenção;
- d) Grau de umidade do ambiente (solo e atmosfera), entre outros.

Segundo Oliveira (2018), os resultados obtidos no estudo de caso real concretizado em um Condomínio residencial localizado na Asa Sul, detectaram sinais de infiltração na região próxima às juntas de dilatação estrutural localizadas no subsolo, tendo-se como causa as falhas do produto selante das juntas dos pilotis do Edifício, indicando assim um grau de risco crítico.

#### **4.1.4. Corrosão das armaduras**

A corrosão no concreto armado poderá ocorrer em locais mais expostos à umidade e agentes agressivos, ou em áreas com muitas falhas. A respeito da corrosão entende-se o ataque de natureza preponderantemente eletroquímica, que ocorre em meio aquoso, tendência de o metal reverter ao seu estado original, o de mais baixa energia. A tendência de decréscimo energético é a principal encorajadora à corrosão metálica. A corrosão acontece quando é formada uma película de eletrólito sobre a superfície dos fios ou barras de aço. Esta película é causada pela presença de umidade no concreto.

O mecanismo de corrosão do aço no concreto é eletroquímico, tal qual a maioria das reações corrosivas em presença de água ou ambiente úmido (U.R. > 60%). Esta corrosão conduz à formação de óxidos/hidróxidos de ferro, produtos de corrosão avermelhados, pulverulentos e porosos, denominados ferrugem, e poderão ter ocorrido nas seguintes condições: Quando existe eletrólito, quando existe diferença de potencial, quando existe oxigênio e podem existir agentes agressivos como o gás carbônico, CO<sub>2</sub>.

Uma vez que o maior agente que causa corrosão é o meio externo, deve –se evitar fissuramento da peça. Os níveis de agressividade podem variar de ambiente para ambiente, e, portanto, a 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

A seguir a tabela 2 das classes de agressividade do meio ambiente.

Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

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

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

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

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118/2014, ABNT (2014)

As trincas em concreto armado devido à corrosão das armaduras são muito comuns em nossas edificações e precisam ser tratadas adequadamente, a fim de bloquear o processo e não as agravar como tem ocorrido em algumas obras, nas quais não se procura identificar, diagnosticar e corrigir as verdadeiras causas do problema (MARCELLI, 2007).

Segundo Oliveira (2018), alguns resultados alcançados em um estudo de caso real feito em um Condomínio residencial localizado em Águas Claras, apontaram a presença de corrosão das armaduras em vigas, lajes e pilares do subsolo. Através do que foi observado nas inspeções visuais dos ensaios realizados no Edifício, a manifestação patológica foi causada devido à mão de obra desqualificada e pelo processo de execução da obra, já que não executou-se devidamente os processos de vibração, lançamento e adensamento do concreto, além de não

haver o cobrimento mínimo necessário das armaduras nas peças estruturais, sendo assim, não cumpriu o estabelecido pela NBR 6118.

#### **4.1.5. Carbonatação**

O elevado pH do concreto é um fator de proteção das armaduras, pois torna o ambiente desfavorável a processos corrosivos. Na ausência de íons de cloreto, o filme (película) protetor do aço é considerável instável desde que o pH da solução permaneça acima de 11,5.

Segundo Souza e Ripper (1998), a carbonatação em si, se ficasse restrita a uma espessura inferior à da camada de cobrimento das armaduras, seria até benéfica para o concreto, pois aumentaria as suas resistências químicas e mecânicas.

A grande presença de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no meio ambiente – transportados através dos poros e fissuras do concreto sobre o cimento hidratado com a formação do carbonato, faz com que haja o processo de carbonatação do concreto, se tendo a alteração (redução) do pH até valores inferiores a 9. Depois dessa frente avançar em direção ao interior, chegando na película óxido apassivadora, as barras de aço da armadura são afetadas e podem sofrer corrosão devido a entrada de umidade e até mesmo, contato direto com água, diminuindo a resistência a esforços mecânico.

Segundo Oliveira (2016), o resultado obtido em um estudo de caso verídico realizado em uma Embaixada Real localizada na Avenida das Nações, através dos ensaios de pacometria e da avaliação da frente de carbonatação com a utilização de fenolftaleína, apontou a presença de carbonatação no concreto, porém o máximo de penetração observada foi de aproximadamente 3 cm, não atingindo assim as armaduras dos elementos, chegando-se a conclusão que a estrutura não estava em situação vulnerável devido à carbonatação do concreto.

## **4.2. Ensaios Tecnológicos em Estruturas de Concreto**

Visando à boa qualidade e durabilidade das construções, a Engenharia Civil possibilita a execução de ensaios capazes de detectar problemas ou anomalias ainda em sua fase inicial. Tais ensaios podem ser classificados como diretos ou indiretos. Aqueles ocorrem quando são aplicados diretamente nos materiais e componentes existentes na obra.

Os ensaios, de modo geral, utilizam normas e procedimentos que devem ser seguidos para sua correta execução, podendo assim analisar a estrutura estudada, prevenir acidentes, reduzir custos e propiciar sua correta manutenção.

#### **4.2.1. Pacometria**

A pacometria é um ensaio não destrutivo que será realizado e utiliza o pacômetro, esse aparelho eletrônico capaz de detectar, por meio de indução magnética, a posição da armadura inserida na estrutura, e fornecer o diâmetro da barra de aço e a espessura de revestimento nominal do elemento, sendo que o pacômetro, deve ser passado lentamente sobre a área estudada a fim de detectar as ferragens e obter os resultados com maior precisão.

Em razão da importância do revestimento nominal na durabilidade e vida útil das estruturas, a NBR 6118 – norma técnica brasileira que estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto – especifica limites mínimos de espessura do revestimento conforme a classe de agressividade ambiental a qual a estrutura está inserida. O método convencionalmente adotado para averiguar se a espessura de revestimento nominal de elementos estruturais já executados é compatível com os limites mínimos estabelecidos pela NBR 6118. A execução desse ensaio se dá pelas seguintes etapas:

- 1) Limpar a área a ser analisada pelo aparelho e verificar se não há nenhuma deformidade;
- 2) Zerar o pacômetro;
- 3) Fazer a medição (pôr o aparelho na estrutura);
- 4) Analisar as informações do aparelho.

Segundo Oliveira (2018) a utilização da pacometria em um estudo de caso real realizado em um condomínio residencial localizado em Águas Claras, foi apresentado uma espessura de revestimento de barras de aço insuficiente que pode facilitar o processo de corrosão da armadura devido ao ataque de carbonatação. Os resultados médios na garagem apresentados foram de 13 mm de espessura, portanto não se adequam a norma 6118/1978: *Projeto de estruturas de concreto*, tendo de haver um revestimento nominal de no mínimo 20 mm conforme a classe de agressividade ambiental, o tipo de estrutura e o elemento estrutural.

O emprego do pacômetro possibilitou ainda a medição das espessuras das barras de aço das estruturas ensaiadas. Porém, os resultados não foram levados em consideração, haja visto

que as barras haviam sofrido um processo de corrosão, gerando o aumento das seções das barras e comprometendo o desempenho da peça.

#### **4.2.2. Esclerometria**

Esclerometria é um ensaio onde é utilizado o equipamento esclerômetro de Schmidt, desenvolvido pelo engenheiro Ernst Schmidt. Este ensaio é baseado no princípio de ricochete e consiste em realizar impactos na superfície de concreto e medir o retorno da força aplicada após impacto.

O método consiste principalmente no impacto de uma determinada massa-martelo que com uma dada energia cinética é impulsionada por uma mola sobre a superfície do concreto que se choca através de uma haste, com ponta em forma de calota esférica, sendo medida a profundidade do entalhe resultante. O método baseado no princípio do ricochete, mais aceito e praticado mundialmente, consiste em medir o retorno de uma força no regime elástico após seu impacto com a superfície do concreto (Malhotra e Carino, 2004).

O ensaio terá como objetivo medir a dureza superficial do concreto, para avaliar a qualidade desse material, estabelecendo uma interdependência com a resistência. O esclerômetro de reflexão é um equipamento leve, simples de operar e barato, sendo possível coletar dados, com danos praticamente nulos à superfície do material. Porém os valores obtidos podem não ser precisos, já que dependem da uniformidade da superfície, da condição de umidade, da carbonatação superficial e da rigidez do elemento estrutural (Mehta e Monteiro, 2008).

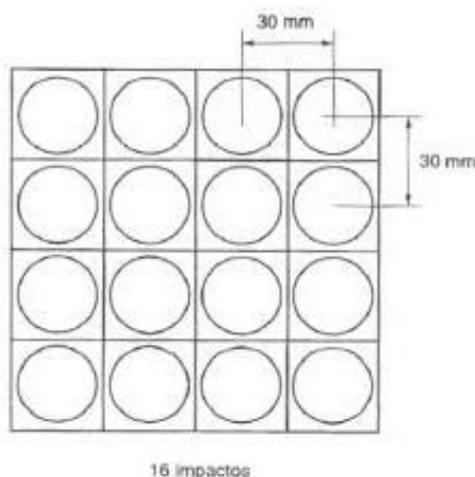
Este ensaio será executado seguindo os procedimentos discriminados na NBR 7584/2013: *Concreto endurecido – Avaliação de dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio*. A norma estabelece que para a execução dos ensaios, as superfícies que serão avaliadas deverão estar limpas, sendo preferencialmente planas e secas ao ar livre. Superfícies que são irregulares, curvas, ásperas ou talhadas não fornecerão resultados homogêneos e deverão ser evitadas, bem como superfícies úmidas e/ou carbonatadas, sendo necessário a majoração de resultados que foram apresentadas tais irregularidades.

- A execução é discriminada pelas seguintes etapas:

- 1) Limpar a área a ser analisada pelo aparelho e verificar se não há nenhuma deformidade;

- 2) Fazer o polimento da área do ensaio por meio de polimento enérgico com disco de carborundum, através de movimentos circulares, conforme exigido pela norma;
- 3) Verificar a posição que está sendo utilizado o esclerômetro (deve se fazer o teste com o esclerômetro com o aparelho perpendicular à área analisada);
- 4) Se desenha uma grelha regular de linhas afastadas entre 30 mm de no mínimo 9 a no máximo 16 quadrados onde serão realizados os impactos;
- 5) Encosta-se, perpendicularmente, a extremidade do percutor à superfície a ser ensaiada, segurando firmemente no corpo do esclerômetro;
- 6) Aumenta-se gradualmente a pressão do percutor até se dar o impacto do mesmo, provocando um ressalto. Este ressalto vai fazer acionar um ponteiro circundado por uma escala existente no exterior do aparelho. Quanto maior for a dureza e a compacidade do objeto de betão em estudo, mais alto vai ser o valor obtido;
- 7) Avalia-se os resultados e se faz a comparação com os valores que foram obtidos no início do ensaio.

Figura 1 - Área de ensaio e pontos de impacto, de acordo com NBR 7584/2013.



Fonte: NBR 7584/2013 - ABNT (2013).

OBS.: Deve se evitar impactos sobre armaduras, bolhas e áreas similares que não representem o concreto em avaliação.

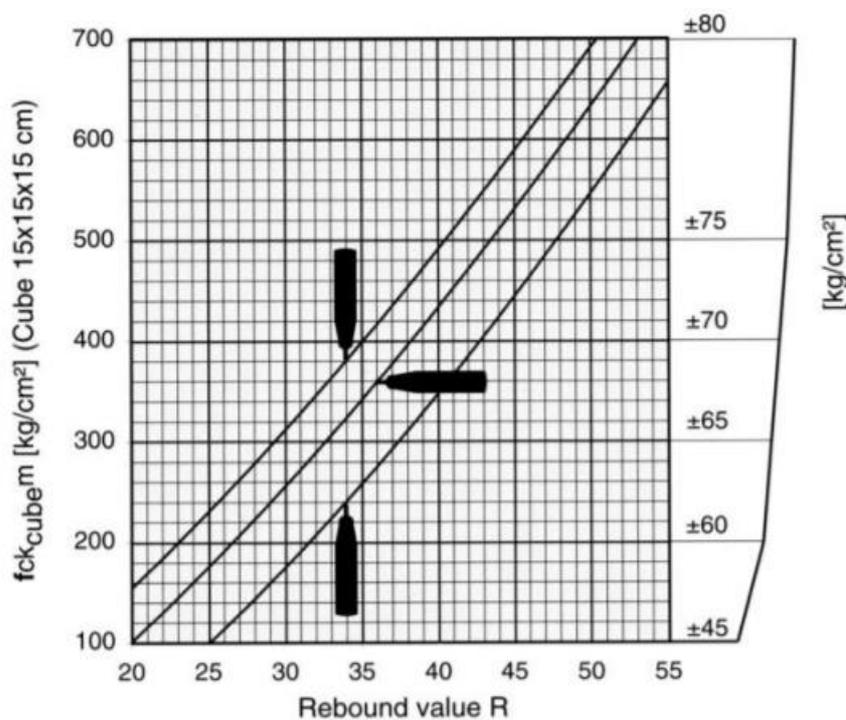
- Para se obter esse resultado deve-se:

- 1) Calcular a média aritmética dos 16 índices esclerométricos correspondentes a uma única área de ensaio;
- 2) Desprezar todo índice esclerométrico individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular nova média aritmética;
- 3) O índice esclerométrico médio final deve ser obtido com no mínimo cinco valores individuais;
- 4) O resultado do índice esclerométrico é calculada pela multiplicação do resultado encontrado no esclerometro (K), modulo de elasticidade da mola, vezes a média. Representado pela expressão a seguir:

$$I_E = K \times I_E \quad \text{Eq.1}$$

- 5) Os valores finais de resistência do concreto à compressão foram adquiridos por meio da correlação do índice esclerométrico médio efetivo com o sentido de aplicação do impacto do equipamento, através do ábaco representado na figura 2.

Figura 2 - Ábaco empregado no ensaio de esclerometria



Fonte: Proceq/Ibracon (2016)

Segundo Oliveira (2018) os resultados obtidos em um condomínio residencial localizado em Águas Claras onde foi feito um ensaio de esclerometria, apresentaram um valor médio de 37,0 MPa. Vale ressaltar que foram realizados alguns ensaios no subsolo, em regiões próximas aos pontos de exposição da armadura a fim de atestar a influência da carbonatação nos resultados obtidos, pois a formação do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) no concreto confere maiores valores da resistência ao impacto.

Destacando-se que os resultados obtidos de resistência de dureza superficial do concreto encontrados, estão majorados, uma vez que o concreto sofreu carbonatação, processo suscetível de gerar a corrosão da armadura, mesmo essa não estando exposta. Para se ter certeza do valor real da resistência de compressão do concreto seria interessante a execução do ensaio de extração em algumas peças estruturais da edificação.

#### **4.2.3. Ultrassonografia**

O ensaio de ultrassonografia é o método não destrutivo para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultrassônicos, através de um componente de concreto, e tem como suas principais aplicações:

- a) Detecção de eventuais falhas internas de concretagem, profundidade de fissuras e outras falhas;
- b) Avaliação da integridade físicas das juntas de concretagem;
- c) Estimar a resistência à compressão do concreto na própria estrutura e se necessário em testemunhos de concreto.
- d) Verificação de homogeneidade do concreto;
- e) Determinar zonas de concreto com alta e baixa qualidade.

A norma NBR 8802/2013: Concreto endurecido – Determinação de velocidade de propagação de onda ultrassônica, especifica que a superfícies a serem ensaiadas deverão ser superfícies planas, isentas de sujeira e lisas. Não é recomendado a realização do ensaio em pontos onde exista grande concentração de armadura (principalmente no sentido longitudinal), isso porque a velocidade com que a onda se propaga é maior no aço do que no concreto.

Os resultados da velocidade de propagação de ondas são calculados conforme a seguinte equação:

$$V = \frac{L}{t} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

- V é a velocidade de propagação, expressa em metros por segundo (m/s);
- L é a distância entre os pontos de acoplamento dos centros das faces dos transdutores, expressa em metros (m);
- t é o tempo decorrido desde a emissão da onda até a sua recepção, expresso em segundos (s).

Segundo Oliveira (2018) os resultados obtidos em um estudo de caso real realizado em um prédio residencial na Asa Norte, em geral, foram satisfatórios, indicando que o concreto das vigas e dos pilares ensaiados dos subsolos da garagem coberta apresentam boa qualidade. Tendo em média uma velocidade de propagação de 3.419,32 m/s.

Vale ressaltar que todos os ensaios foram executados com o auxílio do pacômetro aparelho que detecta a posição do aço na estrutura, evitando-se áreas com concentração excessiva de armadura, principalmente no sentido longitudinal, pois causa a discordância de valores devido a velocidade de propagação da onda no aço ser mais rápida do que ocorre no concreto.

#### **4.2.4. Ensaio de Avaliação da Frente de Carbonatação**

A carbonatação é um mecanismo de deterioração do concreto, ocasionado pela penetração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), fazendo com haja a diminuição do pH do concreto e suas armaduras sofram o processo de despassivação, ou seja, seja retirado a camada protetora do concreto. Os produtos da reação de hidratação do cimento conferem ao concreto um pH em torno de 13 a 14. Essa elevada alcalinidade da solução dos poros do concreto é responsável pela formação da película passivadora, que protege o aço contra a corrosão.

O ensaio de avaliação à frente de carbonatação consiste na visualização do pH do concreto de cobertura da armadura, aspergindo a solução de fenolftaleína (1 g da

fenolftaleína em 50 ml de álcool etílico e diluição desta mistura em água destilada até completar 100 ml) que é um indicador. Essa substância irá reagir com os produtos das reações de hidratação do cimento e alterará a coloração de acordo com a alcalinidade do concreto (podendo ficar com uma cor rosada ou transparente).

Andrade (1992) cita que, com o uso de fenolftaleína, é detectada a região carbonatada do concreto que é aquela que não apresenta alteração de coloração, tendo pH inferior a 8,3. A região não carbonatada assumirá cor entre rosa a vermelho-carmim, de pH entre 8,3 e 9,5, ou somente vermelho carmim, de pH superior a 9,5.

O cobrimento do concreto confere à armadura certa proteção, já que funciona como uma barreira contra o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Tal cobrimento é determinado, pela NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, ABNT (2014), de acordo com a classe de agressividade em que o ambiente se encontra, conforme Figura 03. Onde a Classe I se refere à agressividade fraca; Classe II, moderada; Classe III, forte; Classe IV, muito forte.

Figura 3 - Correspondência entre a classe de agressividade do concreto e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>3)</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>2)</sup>	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido <sup>1)</sup>	Todos	30	35	45	55

<sup>1)</sup> Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

<sup>2)</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>3)</sup> Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: NBR 6118/2014, ABNT (2014)

Este é um ensaio simples e econômico, podendo ser executado em várias partes da estrutura de concreto, para se determinar o estágio e velocidade de carbonatação da estrutura (GRANATO, 2002).

Segundo Oliveira (2018) os resultados de um caso real de inspeção técnica realizada na garagem de um edifício residencial localizado em Águas Claras apontaram a carbonatação

do concreto devido a aplicação da fenolftaleína sem ter ocorrido mudança de cor. Porém em outras áreas do prédio o concreto com uso da fenolftaleína quando utilizada, apresentou coloração, indicando que não houve o processo de carbonatação.

Não obstante os ensaios realizados em locais que atestavam bom desempenho, deve-se realizar um maior número de ensaios com o intuito de certificar o observado, uma vez que a amostra de ensaios é muito pequena para proporcionar um resultado conclusivo.

### **4.3. Classificação de Grau de Risco**

Na Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE (2012) também são definidos critérios de classificação do grau de risco das anomalias e falhas existentes na edificação, constatadas em inspeção predial, considerado o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Para tanto, para cada item identificado com anomalias construtivas, falhas de manutenção e/ou manifestações patológica foi atribuído um grau de risco, conforme o diagnóstico avaliado e os critérios estabelecidos pela Norma de Inspeção Predial do IBAPE (2012):

**CRÍTICO:** Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil.

**REGULAR:** Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce.

**MÍNIMO:** Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

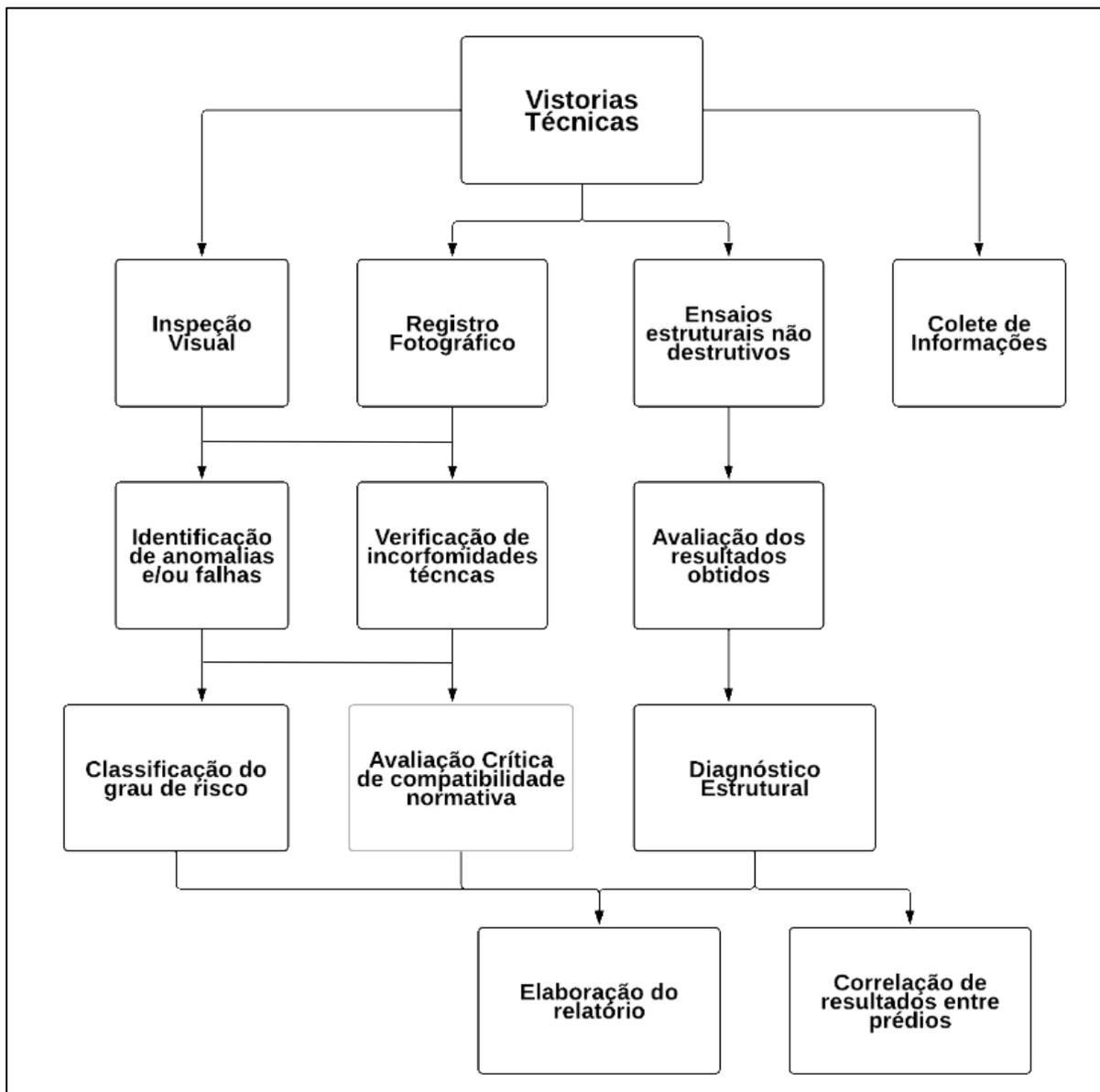
## 5. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo foi adotada uma metodologia experimental, que consiste na realização de visitas técnicas, ensaios tecnológicos e identificação de principais patologias encontradas em alguns edifícios em Brasília. Foi feita a caracterização dos estudos de caso (edifícios vistoriados): localização, número de pavimentos, idade do edifício, método construtivo, locais e peças onde foram realizados os ensaios, principais patologias e locais encontrados, falhas de manutenção, reclamação de moradores e o registro fotográfico. Por medidas de confidencialidade os prédios quem foram inspecionados, serão classificados e identificados por meio de letras de A à C. Todas as figuras não presentes no corpo do texto serão apresentadas no Anexo e são de fonte dos autores, para evitar perda de espaço e alongamento excessivo do trabalho.

Ademais, foram especificados os equipamentos que auxiliaram na pesquisa, tais como: câmara fotográfica para registro de imagens, ultrassom para identificação da qualidade do concreto, trena metálica para coleta de medidas, pacômetro para determinação do cobrimento nominal de elementos estruturais, aparelho de esclerometria para avaliação da qualidade e resistência do concreto dos elementos estruturais do subsolo, fenolftaleína para avaliação à frente de carbonatação e planilhas para anotação dos dados.

A seguir a representação esquemática da metodologia adotada, no fluxograma 1.

Fluxograma 1: Metodologia adotada para o desenvolvimento



Fonte: Autor

## 5.1. Edifício A

A metodologia de inspeção foi visual para a fachada, cobertura, halls sociais/serviços, cobertura, subsolos e casa de máquinas. Foram feitos ensaios não destrutivos de pacômetria, esclerometria e ultrassonografia no concreto somente no 1º e 2º subsolo. O conteúdo deste Laudo inclui dados técnicos, informações, documentos e registros fotográficos coletados durante as vistorias técnicas e reunidos para compor fonte de informação de base para orientações técnicas de manutenções corretivas economicamente e tecnicamente viáveis para

recuperação de desempenho dos sistemas prediais e correção de eventuais inconformidades detectadas.

### **5.1.1. Localização do Edifício**

O edifício A, é um condomínio comercial e residencial, localizado no endereço SHIN CA 02, Bloco A, Lago Norte, Brasília – DF, CEP: 71503-502 e sob as coordenadas geográficas: 15°43'10.23" S e 47°52'55.63" O. Na Figura 4 é possível visualizar a localização da edificação em questão.

### **5.1.2. Descrição da Edificação**

O edifício C é uma edificação de múltiplos pavimentos destinada à ocupação comercial e residencial. O edifício tem idade aproximada de 10 anos, segundo informações do representante legal do condomínio.

A edificação é composta por 02 subsolos; 01 reservatório inferior; 01 pavimento térreo com função destinada à área comercial varejista e serviços de saúde; 01 guarita; 04 pavimentos tipo (com função residencial), divididos em 02 blocos, 02 entradas de acesso aos halls de elevadores e escada; 02 caixas de escada; 02 elevadores sociais e 02 elevadores de serviço (distribuição de 01 elevador social e 01 elevador de serviço por cada bloco) e 01 laje de cobertura sobre todo o edifício com 02 reservatórios de água e 02 casas de máquinas (destinados ao Bloco A e ao Bloco B).

### **5.1.3. Cobertura**

O edifício A tem duas torres (acesso A e acesso B) que dão acesso à mesma cobertura. Foi observado que a cobertura do Edifício é aberta do tipo laje impermeabilizada, sem estruturas e madeiras e telhas convencionais. A cobertura compreende as casas de máquinas que permitem acesso às escadas e aos halls dos andares dos apartamentos residenciais.

#### **5.1.3.1. Manchas de Infiltração e Eflorescência**

Foi observado e informado pelo síndico Sr. Juan Pablo Gugliottella que estava sendo finalizada obra de manutenção e reparação do sistema de impermeabilização da cobertura, e reservatório. Na averiguação, observou-se sinal de eflorescência no reservatório de água da torre A. Logo, o que é apontado são manchas provenientes de infiltração e de eflorescência, causados antes do tratamento, faltando então ser feito a limpeza do revestimento externo para remover as ditas manchas como mostradas na Figura 5.

Classificação: **Grau De Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Limpeza das pastilhas cerâmicas.

#### **5.1.3.2. Trincas e Fissuras no Piso de Concreto da Cobertura**

O piso da proteção mecânica da manta de impermeabilização da cobertura apresenta algumas fissuras, sem sinal de deslocamento, como mostra a Figura 6, o que deve ser apontado no presente laudo, pois havendo possibilidade de aumento dessas fissuras, a manta fica desprotegida.

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Fazer tratamento pontual das áreas deterioradas para a manta não ficar exposta.

#### **5.1.4. Área de Lazer**

Na região destinada à área de lazer dos moradores e usuários, entre os blocos A e B, foram vistoriados os seguintes objetos: revestimento cerâmico do piso; junta de dilatação estrutural do edifício; revestimento das paredes das áreas externas privadas rente à área de lazer.

Como dado histórico dessa área, foi relatado pelo responsável legal pelo Condomínio, Sr. Juan Pablo Gugliottella que foi executado recuperação e manutenção do sistema de impermeabilização do revestimento do piso e da funcionalidade dos ralos.

#### **5.1.4.1. Piso da Área de Lazer**

Foram identificadas regiões de deslocamento, as regiões mais sinalizadas para esta irregularidade são as ao redor dos ralos de captação (Figura 7); manchas esbranquiçadas características de eflorescência por ação de umidade (Figura 8).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção e reaplicação do revestimento cerâmico e rejuntamento.

#### **5.1.4.2. Junta de Dilatação Estrutural**

O material de preenchimento (mastique elástico) da junta de dilatação estrutural observada na área de lazer encontra-se em bom estado em toda a sua extensão horizontal (no piso) e com instalação mal-acabada ou deteriorada nas regiões de vértices que dão encontro ao piso com platibandas ou do piso com paredes (Figura 9), o que contribui para a infiltração de água e deterioração dos revestimentos.

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento da junta estrutural; Remoção do material, limpeza da junta e reaplicação do mástique elástico/tarucel.

#### **5.1.4.3. Falhas no Rejunte, Manchas de Sujeira, Manchas de Infiltração e Sinais de Eflorescência**

Durante a vistoria na área aberta de lazer, é possível visualizar de imediato manchas de infiltração e de sujeira, sinais de eflorescência, fissuras e trincas no rejunte das paredes das varandas dos apartamentos (Figura 10 e Figura 11).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção e reaplicação do revestimento cerâmico e rejuntamento.

### 5.1.5. Caixas de Escada

Para inspeção das caixas de escada, foi adotada como orientação normativa a NBR 9077/2001 e a NT 10/2015 do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – normas que preveem as condições e exigências técnicas atribuídas às saídas de emergência em edifícios – dentre outras aplicáveis. Segundo o conceito inserido no item 3.48 da NBR 9077/2001, saída de emergência, rota de saída ou saída aplicáveis às escadas do Edifício A são:

Segundo o conceito inserido no item 3.48 da NBR 9077/2001, saída de emergência, rota de saída ou saída aplicáveis às escadas do Edifício A são:

“**3.48** Caminho contínuo, devidamente protegido, proporcionado por portas, corredores, halls, passagens externas, balcões, vestíbulos, **escadas**, rampas ou outros dispositivos de saída ou combinações destes, a ser percorrido pelo usuário, em caso de um incêndio, de qualquer ponto da edificação até atingir a via pública ou espaço aberto, protegido do incêndio, em comunicação com o logradouro.”

Foi observado durante o período da vistoria nas caixas de escadas que estavam realizando manutenção na pintura do piso das escadas, assim como dos corrimãos e paredes, e que no momento da vistoria na caixa de escada do 2º subsolo da prumada B, essa área ainda não havia passado pelo reparo o que permitiu perceber fissura como mostra a figura 12.

Classificação: **Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento da fissura e aplicação de novo revestimento e pintura.

### 5.1.6. Halls Sociais/ Serviço – Pavimento Tipo

#### 5.1.6.1. Sinais de Infiltração

Observa-se ao longo das inspeções realizadas que os halls sociais encontram-se em bom estado sem muito sinais de infiltração. Pontualmente os sinais de infiltrações encontrados como pode ser visto na Figura 13 e Figura 14. Suspeita-se que esses sinais de infiltrações sejam provenientes de falhas dos rejuntas das paredes das áreas molhadas (banheiros/cozinhas) dos apartamentos.

Classificação: **Grau De Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Contratação de empresa especializada para promover reparo onde se faz necessário e aplicação revestimento argamassado e pintura.

### **5.1.7. Área Comum Externa**

#### **5.1.7.1. Pavimento Térreo (Pilotis)**

O pavimento térreo do Edifício Practical Spaces, edificado em pilotis, é destinado à área comum de uso coletivo dos moradores e público, onde está situada a portaria/guarita, as salas comerciais e as duas entradas referentes às Prumadas de acesso a bloco A e bloco B. No pilotis também adotou-se método de inspeção visual.

Os objetos vistoriados foram: o revestimento cerâmico do piso; revestimento cerâmico dos pilares; pintura das paredes; forro de gesso do teto; e o sistema de proteção em guardacorpos.

##### **5.1.7.1.1. Halls Sociais de Entrada – Pavimento Térreo (Pilotis)**

O Edifício dispõe de dois halls sociais de entrada para as prumadas de acesso às unidades residenciais (acesso A e acesso B). Os elementos vistoriados foram: revestimento cerâmico do piso; revestimento de forro de gesso do teto; revestimento de paredes e outros objetos. Identificando assim, excelente estado para os itens vistoriados de ambos os halls sociais de entrada.

##### **5.1.7.1.2. Lajes de Avanço**

Nas Lajes de avanço observou-se manchas de umidade e sinais de descolamento na pintura dos forros de revestimento, e no revestimento cerâmico das lajes de avanço detectou-se manchas de umidade e sinais de eflorescência como pode ser visto nas figuras 15 e 16.

Cabe ressaltando ainda, que a área da Guarita é a região que mais concentra e apresenta esses tipos de ocorrências.

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Contratação de empresa especializada para promover reparo onde se faz necessário e aplicação revestimento argamassado e pintura.

#### **5.1.7.1.3. Perda de Aderência do Piso Cerâmico**

Pela quantidade de regiões do piso observadas com som cavo (oco), ou seja, pelo percentual de peças sem aderência em relação à área total do piso, admite-se que a aderência do revestimento cerâmico se encontra em bom estado, e os pontos onde se detecta falhas são pontuais, tendo a área da guarita como a região que apresenta predominantemente esta manifestação patológica (Figura 17).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Retirar o piso danificado nos pontos específicos e refazer a argamassa colante, juntamente do rejunte.

#### **5.1.7.1.4. Peças Cerâmicas Danificadas**

Durante a vistoria do piso do Pilotis foi possível detectar algumas peças danificadas, com fissuras, ou abrasivamente muito gastadas (Figura 18).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratar prováveis falhas no sistema de rejunte e cerâmica nas paredes internas às essas áreas.

#### **5.1.7.1.5. Junta de Dilatação Estrutural**

Novamente pôde-se observar, que a junta de dilatação estrutural do Edifício apresenta perda acentuada de desempenho (Figura 19 e Figura 20).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento da junta estrutural; remoção do material, limpeza da junta e reaplicação do mástique elástico/tarucel.

### **5.1.8. Área Externa do 1º Subsolo**

A região considerada como 1º subsolo externo (Figura 21), que é acessível de forma aberta e externa para qualquer público pois este compreende salas comerciais (abaixo do Pilotis - que também compreende salas comerciais).

Na vistoria desta área, foi realizado ensaio de percussão e identificado generalizadamente que todo o piso encontra-se em péssimo estado, seja na parte onde instalou-se revestimento cerâmico ou na região de piso grosso apenas revestido por pintura, pois além de apresentar desníveis e irregularidades no piso, encontra-se muitas fissuras (Figura 22), peças cerâmicas danificadas e deslocadas (Figura 23), e ainda rejunte e material de preenchimento da junta de dilatação estrutural deteriorado (Figura 24).

Além do estado deteriorado que se encontra todo o piso da área externa do 1º subsolo, também generalizasse negativamente o estado do revestimento cerâmico da parede. Observou-se peças cerâmicas perfuradas, com manchas de infiltração e sinais de eflorescência (Figura 25 e Figura 26), o que contribui para a entrada de água no revestimento e conseqüente deterioração.

Foi observado ainda falhas, fissuras e deterioração nos elementos de vedação tipo cobogós (Figura 27); e na parte posterior, na região da rampa de acesso ao restaurante China in Box observa-se também falhas no revestimento cerâmico como mostra a Figura 28 e Figura 29.

#### **Classificação: Grau de Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Tratar e remover as manchas com aplicação de um novo sistema com produtos adequados. Tratamento, remoção e reaplicação do revestimento cerâmico danificado e rejuntamento para toda a região. Remoção pontual e reaplicação do revestimento cerâmico e rejuntamento. Reparar as falhas pontualmente regularizando os degraus massa argamassada e repintura.

### **5.1.9. Subsolos**

Conforme descrito no início deste laudo na descrição da edificação A, apresenta dois subsolos (1º e 2º subsolo), o enfoque da inspeção nestas áreas foi dado ao sistema estrutural

de concreto armado. Para tanto, os principais objetos vistoriados foram: pilares, vigas, lajes e piso de concreto armado.

Como etapa preliminar, os subsolos foram inspecionados visualmente para identificação de eventuais manifestações patológicas com registros fotográficos. Em princípio pôde-se nitidamente identificar trincas e fissuras por todo o piso dos dois subsolos de forma generalizada, mas também, que estas falhas receberam tratamento.

Complementar à inspeção visual, foram realizados ensaios não destrutivos em elementos de concreto armado com intuito de avaliar o desempenho e a estabilidade estrutural dos subsolos. Os elementos foram escolhidos aleatoriamente de modo a compor uma amostra representativa de toda a estrutura. A referência adotada para o mapeamento dos elementos estruturais ensaiados é a numeração das vagas de garagem.

#### **5.1.9.1. 1º Subsolo**

##### **5.1.9.1.1. Garagem**

No subsolo o enfoque da inspeção foi dado ao sistema estrutural de concreto armado. Para tanto, os principais objetos vistoriados foram: pilares, vigas, lajes, cortina e piso de concreto armado.

Como etapa preliminar, o subsolo foi inspecionado visualmente para identificação de eventuais manifestações patológicas com registros fotográficos. Em princípio pôde-se detectar que os elementos da região apresentam anomalias diversas, de forma não generalizada, tais como infiltrações, fissuras já tratadas localizadas de maneira aleatória na região, dentre outros.

Complementar à inspeção visual, foram realizados ensaios não destrutivos em elementos de concreto armado com intuito de avaliar o desempenho e a estabilidade estrutural do subsolo. Os elementos foram escolhidos aleatoriamente de modo a compor uma amostra representativa de toda a estrutura. A referência adotada para o mapeamento dos elementos estruturais ensaiados é a numeração das vagas de garagem.

#### **5.1.9.1.1.1. Infiltrações**

Durante a inspeção verificou-se a existência de pontos de infiltração na laje do pavimento térreo para o 1º subsolo. Os pontos de infiltração foram identificados na laje, próximo as instalações hidrossanitárias. (Figura 30).

É possível observar a região onde há ocorrência de infiltração, bem como suas consequências. Propiciando o aparecimento de crostas esbranquiçadas na canaleta.

Pôde-se notar sinais de infiltrações na junta de dessolidarização da edificação, sinalizando a perda de seu desempenho face ao tempo, condições ambientais e de uso (Figura 31).

Pôde-se observar, durante a realização da limpeza rotineira dos pilotis, um ponto de infiltração localizado perto ao acesso da torre A (Figura 32).

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: O tratamento contempla o fechamento dos passantes com graute. Tomando todo as medidas necessárias para proteger as armaduras.

#### **5.1.9.1.2. Laje**

##### **5.1.9.1.2.1. Falhas nas Vedações das Aberturas na Laje**

Realizado com o intuito de possibilitar a passagens de instalações prediais e a fixação de objetos, a realização de furos na laje deve ser realizada em locais devidos, realizando todos as etapas de restauração e acabamentos necessários para que a passagem não se torne uma possível origem de manifestações patológicas. Foram observadas regiões onde não foi realizado o tratamento adequado das passagens (Figura 33 a Figura 35).

Classificação: **Grau De Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: O tratamento contempla o fechamento dos passantes com graute. Tomando todo as medidas necessárias para proteger as armaduras.

#### **5.1.9.1.2.2. Fissuras**

Observou-se regiões pontuais com a presença de fissuras. As fissuras observadas apresentam manchas de infiltração de tom avermelhado, indicando, por sua vez, a passagem de água no local (Figura 36).

Destaca-se, nesta etapa, que a coloração da mancha indica o início do processo de corrosão das armaduras. Necessitando de ações com vistas a recuperar as propriedades dos materiais de forma a mitigar a evolução do processo de corrosão das armaduras.

Classificação: **Grau De Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento das fissuras e trincas com resina epoxídica.

#### **5.1.9.1.2.3. Juntas de Dilatação Estrutural**

A junta de dilatação estrutural do Edifício apresenta perda de desempenho (Figuras 37 e 38). O material elástico e selante da junta está deteriorado, com sinais de ressecamento e fissuras, o que também contribui para a infiltração de água na estrutura.

Como já abordado no item 5.1.9.1.1.1, as juntas das lajes encontram-se em estado avançado de deterioração, não apresentando nenhuma capacidade impermeabilizante.

Classificação: **Grau De Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento da junta estrutural; remoção do material, limpeza da junta e reaplicação do mástique elástico/tarucel.

#### **5.1.9.1.2.4. Rampa da Garagem**

Durante a inspeção verificou-se uma grande fissura mapeada na rampa de acesso, da garagem do 1º subsolo seguindo pelo piso de concreto. Podendo ser vista nas Figuras 39 e 40.

Pode-se perceber que as fissuras no piso de concreto passaram por um processo de revitalização, porém pelo que aparenta a fissura da rampa continua ativa, ou seja ainda está em crescimento. A passagem de carros constantemente, alavanca o crescimento da patologia, fazendo com que haja perda de desempenho e podendo causar infiltrações e assim a corrosão

da armadura, sem contar a perda estética e podendo gerar problemas futuros para os moradores e automóveis que passem pela rampa.

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento das fissuras e trincas com resina epoxídica.

#### **5.1.9.1.2.5. Piso de Concreto**

O piso de concreto apresenta fissuras decorrentes das deformações naturais da estrutura de concreto armado. Destaca-se que as fissuras se encontram tratadas, conforme afirmou o representante legal, Sr. Juan Pablo, síndico do prédio e detectado (Figura 41 e Figura 42).

Classificação: **Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção de todo o material deteriorado da junta estrutural. Limpeza do corte e aplicação de novo selante material.

#### **5.1.9.2. 2º Subsolo**

Foi realizado inspeção no Segundo Subsolo, a fim de detectar a situação e irregularidades na área das garagens, bombas de esgoto, Dep. Escada.

##### **5.1.9.2.1. Reservatório de águas Inferiores (2º Subsolo)**

###### **5.1.9.2.1.1. Abertura no Bloco de Coroamento**

Segundo informações do representante legal do Condomínio, Sr. Juan Pablo Gugliottella, e detectado após inspeções nos reservatórios inferiores, localizados no 2º subsolo, que alguns blocos de coroamento que são partes estruturais desta região apresentam trincas e fissuras, conforme a Figura 43 à Figura 49.

Neste caso, seria interessante que o condomínio fizesse o monitoramento destas brechas, trincas e fissuras devido ao elevado grau de criticidade relacionada à estrutura de concreto

armado, para assim verificar se estão ativas ou inativas (se continuam aumentando/movimentando).

**Classificação: Grau de Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Monitorar por 90 dias com pasta de argamassa (água, areia e cimento) para verificar se está tendo movimentação/aumento das aberturas. Caso isso ocorra, o ideal é que seja feita análise do projeto de estrutura e de fundação para verificar possíveis motivos da ocorrência dessa movimentação estrutural que causou essas aberturas e que um profissional devidamente habilitado e capacitado, realize os adequados procedimentos para a melhoria e recuperação e ou reforço estrutural para evitar maiores riscos ao elemento. Não se recomenda que o monitoramento seja realizado com pasta de gesso, pois em contato com barras de aço, pode causar corrosão.

**5.1.9.2.1.2. Fissuras nas Paredes de Vedação**

Ainda no cômodo dos reservatórios inferiores (2º subsolo) foi detectado fissuras nas paredes de vedação (Figura 50).

**Classificação: Grau de Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Tratamento da corrosão, realizando limpeza com escova de aço, aplicação de pintura anticorrosiva e pintura com epóxi.

**5.1.9.2.1.3. Corrosão das Armaduras da Laje Superior**

Em função da umidade do local (onde é possível detectar precipitações da umidade no teto acima dos reservatórios de água), pôde-se observar pontos de exposição e corrosão das armaduras em várias áreas da laje superior deste cômodo, como pode ser observada na Figura 51.

**Classificação: Grau De Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Tratamento da corrosão, realizando limpeza com escova de aço, aplicação de pintura anticorrosiva e pintura com epóxi.

#### **5.1.9.2.2. Área da Garagem**

Ao inspecionar o 2º subsolo percebeu-se, de maneira geral, um maior número de manifestações patológicas, bem como maior grau de degradação face ao 1º subsolo.

##### **5.1.9.2.2.1. Fissuras na Laje**

A laje de cobertura do 2º subsolo apresenta fissuras de maneira generalizada. Estas fissuras, muitas das vezes, servindo como ponte para passagem da água, sinalizando a falha do sistema de impermeabilização do pavimento superior (Figura 52 e Figura 53).

Também foram localizadas aberturas na laje do 2º subsolo, onde apresentam armaduras expostas, sendo que também por conta da passagem de água, se tem o processo de lixiviação, podendo causar sérios prejuízos a vida útil da estrutura (Figura 54 e 55).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: O tratamento das infiltrações na laje de cobertura dos subsolos depende da manutenção no sistema de impermeabilização aplicado sobre o piso localizado na região superior. Para recuperação estética da laje, posteriormente poderá ser aplicada estucagem na superfície da laje para ocultar as manchas de umidade.

##### **5.1.9.2.2.2. Passagens de Instalações Hidrosanitárias**

Repetindo os padrões encontrados no 1º subsolo, pôde-se observar regiões onde não houve o correto grauteamento das passantes das instalações (Figura 56).

Porém em alguns pontos foram encontradas passagens de instalações que não foram fechadas corretamente, onde se tem armadura exposta e o concreto com avarias (Figura 57 e 58).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: O tratamento contempla o fechamento dos passantes com graute. Tomando todas as medidas necessárias para proteger as armaduras.

#### **5.1.9.2.2.3. Infiltrações**

Durante a inspeção verificou-se a existência de pontos de infiltração na laje de cobertura do 2º subsolo. A ocorrência de infiltrações pode ser observada em diversas áreas da região (Figura 59 a Figura 61).

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: O tratamento contempla o fechamento dos passantes com graute. Tomando todas as medidas necessárias para proteger as armaduras.

#### **5.1.9.2.2.4. Junta Estrutural**

Ao inspecionar as juntas de dilatação estruturais, percebeu-se a não utilização de material flexível para o seu fechamento, o que pode ocasionar a entrada de insetos no local (Figura 62 e Figura 63).

Classificação: **Grau de Risco Médio**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção de todo o material deteriorado da junta estrutural. Limpeza do corte e aplicação de novo selante material estrutural. Limpeza do corte e aplicação de novo material selante.

#### **5.1.9.2.2.5. Piso de Concreto**

O piso de concreto apresenta áreas com fissuras não tratadas, manchas de forma generalizada, além disso, as juntas de dessolidarização não apresentam o preenchimento com material adequado. (Figura 64 à Figura 66).

Classificação: **Grau de Risco Médio**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento das fissuras e trincas com resina epoxídica e limpeza do pilar.

#### **5.1.9.2.2.6. Falhas Construtivas**

Observou-se que as bonecas de vedação da alvenaria, junto ao pilar de frente ao acesso A, apresenta desagregação. Juntamente, é possível observar fissuras no piso de concreto perto ao pilar. (Figura 67).

Classificação: **Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Realizar manutenção na boneca de vedação de alvenaria.

#### **5.1.10. Sistema de Fachadas e Varandas**

O sistema de fachadas do Edifício foi inspecionado visualmente com uso de binóculos. Todo o sistema de revestimento, esquadrias, varandas e juntas de movimentação foram vistoriados buscando identificar anomalias, falhas e/ou manifestações patológicas.

Pôde-se observar que o revestimento das Fachadas se encontra deteriorado em decorrência de infiltração de água face o revestimento cerâmico, bem como por consequência das ações do intemperismo. Há regiões com perda de aderência e descolamento, identificadas visualmente. Observou-se, também, manchas causadas pela constante passagem da água advindos dos sistemas de ar condicionado do edifício, fissuras devido a movimentação da estrutura na região do balanços estruturais e regiões com eflorescência.

##### **5.1.10.1. Infiltrações no Revestimento**

Pelo método visual de inspeção das fachadas do edifício pôde-se observar várias manifestações patológicas no revestimento cerâmico.

Na região do peitoril há manchas escuras, características da formação de bolor, fungos e outros microrganismos (Figura 68 e Figura 69). Tais manifestações são consequência do constante fluxo de água proveniente dos condensadores de ar condicionado localizado nesta área. A passagem de água em meio ao revestimento também contribui para a formação de eflorescências, em função da dissolução e transporte do hidróxido de cálcio contido na argamassa de rejunte, e para degradação progressiva do revestimento que ocasiona descolamento e quedas de material.

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção e reaplicação do revestimento cerâmico e rejuntamento; Instalações de drenos para reduzir o fluxo de água na região, com isso reduzir o surgimento de manchas.

#### **5.1.10.2. Eflorescência**

Observou-se que existem diversas regiões com a presença de eflorescência face o revestimento cerâmico. Dentre elas, destaca-se a região da entrada da garagem, onde todo o revestimento do local apresenta, além de eflorescências, manchas devido a infiltração da água (Figura 70 e Figura 71).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção e reaplicação do revestimento cerâmico e rejuntamento.

#### **5.1.10.3. Perda Aderência e Deslocamento**

Há regiões com sinais nítidos de perda de aderência e conseqüente deslocamento do revestimento cerâmico (Figura 72 e Figura 73).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Remoção e reaplicação do revestimento cerâmico e rejuntamento.

#### **5.1.10.4. Fissuras**

Observou-se, na região em balanço, fissuras causadas pela movimentação estrutural. Tal fato é conseqüência da fluência do concreto, que é a deformação lenta e natural que um elemento de concreto sofre sob tensão constante ao longo de sua vida útil. (Figura 74 e Figura 75).

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Fechamento das fissuras na região de balanço para evitar a passagem de água e corrosão da armadura.

## 5.1.11. Ensaio

### 5.1.11.1. Ensaio de Pacometria

Em estruturas de concreto armado, o cobrimento nominal é a camada de concreto que envolve a armadura até a face externa do elemento estrutural criando uma barreira física que contribui para a proteção da armadura contra a ação de agentes agressivos (água, gases tóxicos, sais de cloreto, sulfato, etc.) a fim de retardar o processo natural de corrosão das barras de aço.

Na Tabela 4, abaixo, são apresentadas as medidas de cobrimento nominal, (expressas em mm) dos elementos ensaiados.

Tabela 3 - Resultados de Cobrimento Nominal obtidos no Ensaio de Pacometria.

Nº do Ensaio	01	02	03	04	01	02	03	04
Identificação do Elemento Ensaiado	<b>PILAR 114B</b>	<b>VIGA LJ13</b>	<b>PILAR LJ15</b>	<b>PILAR LJ05</b>	<b>VIGA 314A</b>	<b>VIGA 410B</b>	<b>PILAR 413B</b>	<b>VIGA 310A</b>
<b>PAVIMENTO</b>	1º Subsolo	1º Subsolo	1º Subsolo	1º Subsolo	2º Subsolo	2º Subsolo	2º Subsolo	2º Subsolo
Leitura 1 (mm)	18	10	20	20	16	14	24	21
Leitura 2 (mm)	19	15	16	20	13	20	14	11
Leitura 3 (mm)	17	17	18	21	11	27	17	7
Leitura 4 (mm)	17	12	20	20	20	28	12	20
Leitura 5 (mm)	16	15	15	19	19	21	14	20
Leitura 6 (mm)	18	15	20	21	24	18	10	12
<b>Média</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

Fonte: Autor

Conforme apresentado, há uma variação razoável das medidas de cobrimento nominal coletados no ensaio. O resultado pode ser justificado pela irregularidade da espessura do cobrimento em relação à armadura detectada, ou seja, há inclinações do posicionamento da barra de aço no interior da estrutura (não está regularmente vertical ou horizontal), o que provoca variações da distância em relação à superfície do elemento conforme os pontos de ensaio. Normalmente isso ocorre em função de posicionamento incorreto ou descolamentos indevidos durante os procedimentos de armação e concretagem em obra.

Foi detectado que existe grande variação do cobrimento das barras de aço, e que cobrimentos menores que 20 mm são desfavoráveis as armaduras, uma vez que esta região está mais vulnerável a ataques de agentes agressivos, devido ao processo de carbonatação.

Resultados mais baixos, principalmente inferiores à 10 mm, como por exemplo a leitura 3 da Viga 310A no 2º subsolo, são insatisfatórios pois representam pontos em que a armadura está mais sujeita ao ataque químico.

#### **5.1.11.2. Ensaio de Esclerometria**

O ensaio de esclerometria foi realizado com o objetivo de medir a dureza superficial do concreto dos elementos estruturais do subsolo e estabelecer uma correlação analítica com sua resistência. Para avaliação no subsolo do Edifício foram realizados 06 ensaios de esclerometria.

Na sequência, a área de ensaio foi demarcada em uma malha dividida em 16 quadrantes, conforme recomendado pela norma (Figura 76). Em cada quadrante é efetuado um impacto com o esclerômetro (Figura 77) devendo os pontos estarem uniformemente distribuídos e espaçados numa distância mínima de 30 mm.

O índice esclerométrico médio final de cada ensaio é, então, correlacionado com a resistência à compressão do concreto através das curvas do Ábaco de Miller. Na Tabela 5 são apresentados os seis resultados diretos obtidos no ensaio de esclerometria e as respectivas resistências do concreto obtidas pela correlação.

Tabela 4 - Resultados do ensaio de Esclerometria

Ensaio	IE Médio	Resistência Superficial do Concreto (MPa) (*)
PILAR - VAGA 114B	42	48,00
VIGA - VAGA LJ13	56	68,00
VIGA - VAGA LJ15	49	53,00
PILAR - VAGA LJ05	40	44,00
VIGA - VAGA 314A	52	59,00
VIGA - VAGA 410B	49	53,00
PILAR - VAGA 413B	43	50,00
VIGA - VAGA 310A	44	43,00
(*) Média de resistência do concreto à compressão obtida na curva de esclerometria do Ábaco de Schmidt		

Fonte: Autor

Conforme é possível visualizar, os resultados elevados de resistência à compressão obtidos pela correlação com os índices esclerométricos são relativamente elevados, variando em torno de 43,0 a 68,0 MPa, o que enfatiza o avanço de carbonatação do concreto da estrutura do subsolo.

Embora as reações de carbonatação em estruturas de concreto armado sejam desfavoráveis em função da redução do pH do concreto, que compromete a integridade física e química das barras de aço, os produtos de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) formados provocam um efeito de preenchimento dos poros do concreto, o que eleva sua resistência.

Ou seja, os resultados de resistência à compressão do concreto obtidos nos ensaios indicam, sobretudo, um estado avançado de carbonatação na estrutura, o que é relativamente esperado em virtude da agressividade do meio em que está inserida. Estruturas de concreto armado de subsolos com função de garagem e circulação de veículos estão automaticamente mais sujeitas ao ataque químico de gás carbônico e conseqüentemente ao processo de carbonatação no decorrer do tempo.

### 5.1.11.3. Ensaio de Ultrassonografia

O ensaio de ultrassonografia tem como principal objetivo mostrar a qualidade do concreto. O ensaio constitui em determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais,

obtidas por pulsos ultrassônicos, através de um componente de concreto, e tem diversas aplicações. Para a avaliação do subsolo foram feitos 07 ensaios.

Os pontos ensaiados foram escolhidos conforme os critérios estabelecidos pela norma e de forma a representar uma quantidade satisfatória de peças estruturais. Dessa maneira, realizou-se o ensaio de ultrassonografia nos pilares entre as vagas: 113B e 114B, LJ04 e LJ05, 413B e 414B e nas vigas entre as vagas: LJ12 e LJ13, 401B e 402B, 313A e 314A, 309A e 310A.

Para o ensaio foi seguido o passo a passo descrito na norma, onde primeiro foram feitas as medições das distâncias onde seria feito o ensaio em relação a um ponto de referência, com o auxílio de uma fita métrica e marcação desses pontos com um giz em cada um dos lados da peça, onde se teria uma transmissão direta das ondas (Figura 78 a 83). Em seguida foi feita a calibração do equipamento usando a barra de referência que possibilita a aferição do equipamento ultrassônico, com um gel para ajudar na passagem das ondas (Figura 81).

Depois dos passos iniciais serem executados foi feito o ensaio, onde se posicionou-se os transdutores nas marcações feitas, um de cada lado da peça, perpendicularmente e na mesma altura e distância do ponto de referência (Figura 78 e 79).

Depois de realizado os ensaios os resultados obtidos nos ensaios de ultrassonografia (Tabela 6), em geral, os resultados foram bem satisfatórios, indicando que o concreto das vigas e pilares ensaiados do 1° e 2° subsolo da garagem coberta apresentam boa qualidade

Tabela 5 – Resultados do Ensaio de Ultrassonografia

<b>Subsolo 1</b>				
<b>Ensaio</b>	<b>Elemento</b>	<b>Distância de Contato entre Transdutores (cm)</b>	<b>Velocidade (m/s)</b>	<b>Qualidade do Concreto</b>
1	Pilar entre vagas 113B e 114B	19,5	3853,75	ÓTIMO
2	Pilar entre vagas LJ04 e LJ05	19,5	4140,13	ÓTIMO
3	Viga entre vagas LJ12 e LJ13	20	3703,70	ÓTIMO

<b>Subsolo 2</b>				
<b>Ensaio</b>	<b>Elemento</b>	<b>Distância de Contato entre Transdutores (cm)</b>	<b>Velocidade (m/s)</b>	<b>Qualidade do Concreto</b>
1	Viga entre vagas 401B e 402B	55	3738,95	ÓTIMO
2	Pilar entre vagas 413B e 414B	19,5	3900,00	ÓTIMO
3	Viga entre vagas 313A e 314A	30	3816,79	ÓTIMO
4	Viga entre vagas 309A e 310A	30	3089,60	ACEITÁVEL

Fonte: Autor

## **5.2. Edifício B**

A metodologia de inspeção foi visual para a fachada, cobertura, halls sociais/serviços, cobertura, subsolos e casa de máquinas. Foram feitos ensaios não destrutivos de pacômetria, esclerometria de forma aleatória nos pilares da garagem do subsolo para auxiliar na avaliação da estabilidade estrutural do subsolo.

### **5.2.1. Localização do Edifício**

O edifício B encontra-se localizado no endereço QMSW 04 Lote 06, Sudoeste, Brasília – DF, cujas coordenadas geográficas são 15°47'28.51"S e 47°55'11.19"O.

A seguir, na Figura 84, é possível identificar a localização da edificação.

### **5.2.2. Descrição da Edificação**

O edifício B é um imóvel residencial com 20 anos de idade, apresentando múltiplos pavimentos que possui uma entrada principal com jardins, halls sociais, 5 pavimentos, sendo 1 subsolo, 1 semienterrado, 1 térreo e 2 pavimentos tipo, sendo que os dois primeiros contêm garagem. Resultando ao todo em 135 unidades habitacionais. O edifício B, apresenta o histórico de algumas manifestações patológicas, conseqüentemente foi realizado uma coleta de informações, algumas perguntas relevantes para ter um histórico da edificação para que pudesse auxiliar na elaboração do laudo e do plano de manutenção.

O levantamento de dados foi realizado através da solicitação das documentações técnicas da edificação, como, por exemplo, projetos da fachada que auxiliaram para a elaboração do croqui, e habite-se, ao síndico do edifício, Sr. Henrique Ramiro Viegas Do Nascimento, e a comissão de obras do condomínio.

Vale ressaltar que no dia da inspeção a edificação em questão estava passando por uma revitalização nos halls e corredores, estava sendo realizada a pintura das paredes.

Os sistemas construtivos que compõem a edificação são:

- Sistema estrutural: concreto armado;
- Sistema de vedação externo: alvenaria em tijolo cerâmico/bloco de concreto;
- Sistema de revestimento externo: granito, cerâmica e pintura texturizada;
- Juntas de dilatação: executadas com material selante adequado.

### **5.2.3. Cobertura**

A cobertura é composta de telha metálica, os rufos e as calhas de concreto armado, as calhas e rufos são impermeabilizados com manta aluminizada sem proteção mecânica.

A inspeção iniciou-se da direita para a esquerda, como apresenta a figura 85 em anexo.

#### **5.2.3.1. Telhas Metálicas**

As telhas metálicas da cobertura do edifício B apresentam sinais de reparo, de manutenções corretivas pontuais com a aplicação de mantas aluminizadas nos parafusos que deviam estar passando a água, como mostra a Figura 86 (a), e até mesmo a substituição em alguns locais (Figura 86 (b)).

Estas manutenções corretivas ocorreram por causa da passagem de água da cobertura ao pavimento inferior, que posteriormente resultou na infiltração nos apartamentos e corredores do 2º pavimento.

É notório que estas telhas perderam desempenho, e estão no final de sua vida útil, uma vez que apresentam sinais de deterioração por mau uso ou trânsito de pessoas, principalmente próximo às calhas, como apresenta a figura 86 (b), caso o condomínio tenha interesse, seria interessante uma reforma geral com a substituição destas telhas, por uma telha tipo sanduíche, que tem uma boa função térmica e acústica.

#### **Classificação: Grau de Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Caso tenha problemas de infiltrações é recomendado o tratamento pontual da telha; como a vida útil da telha está no final, devido à perda de desempenho da telha, é sugerida a troca completa das telhas por uma telha tipo sanduíche, que dará mais conforto aos moradores do 2º andar.

### **5.2.4. Casa de Máquinas**

Foi elaborada uma inspeção nas duas casas de máquinas do edifício B no dia 31 de maio de 2019, que ficam localizadas na cobertura do edifício.

#### **5.2.4.1. Fissura**

Conforme apresentado na figura 87, é possível observar uma fissura no canto superior da janela da casa de máquinas, que foi causada por uma movimentação que é normal em edificações com porte do edifício vistoriado ou pode ser o mal dimensionamento de verga.

Classificação: **Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento de fissura por empresa especializada, de tal maneira que coloque o sistema de amarração adequado.

#### **5.2.4.2. Falta de cobrimento nominal da armadura de aço do teto**

Localizado no teto da casa de máquinas, foi verificado pontos com ferragens expostas e falta de cobrimento nominal, conforme apresentado na figura 88.

O cobrimento nominal insuficiente pode causar perda da proteção da película passivadora, podendo vir a causar no futuro a corrosão da armadura, e posteriormente deslocamento de concreto, acarretando perda de desempenho estrutural. No caso do teto da casa de máquinas, este cobrimento nominal insuficiente apresenta sinais de falha de concretagem como origem.

Classificação: **Grau de Risco Regular**

Sugestão de manutenção corretiva: Contratar uma empresa especializada para o tratamento do cobrimento nominal da laje do teto das casas de máquinas. (Atividade a ser realizada: demolição superficial do concreto, limpeza da barra de aço, aplicação de pintura epoxídica, e recomposição do concreto com grauteamento).

### **5.2.5. Sistema de Fachadas**

#### **5.2.5.1. Manifestações patológicas**

A fachada do edifício B, a qual é constituída de revestimento em granito, cerâmica e pintura texturizada, se encontra em bom estado de conservação, porém foi possível observar algumas falhas como fissuras e trincas, deslocamento de cerâmica e furos expostos na alvenaria ao longo das fachadas através do uso de binóculo.

As fissuras e trincas encontradas nas fachadas do edifício B podem ser provenientes de variações térmicas, retração da argamassa, ausência ou mau dimensionamento de vergas nas janelas e utilização de materiais inadequados, todos esses tipos de fissuras estão representados na figura em anexo.

Na fachada frontal além das trincas e fissuras observou uma área com deslocamento, na parte superior esquerda da fachada, como mostra a figura 89.

Na figura 90, 91 e 92 a qual apresenta um croqui da fachada posterior, lateral esquerda e lateral direita, respectivamente, além das fissuras já comentadas, é possível observar que as condensadoras estão dispostas de forma desordenada e com furos inadequados na alvenaria, podendo causar infiltrações na parte interna da edificação.

**Classificação: Grau de risco para o deslocamento cerâmico é Crítico.**

**Grau de risco das fissuras é Regular.**

**Sugestão de manutenções corretivas:** Remoção e substituição do revestimento cerâmico que apresenta deslocamento; realizar tratamento pontual das fissuras, para evitar infiltrações na parte interna da edificação, como corredores halls e apartamentos.

## **5.2.6. Halls**

### **5.2.6.1. Acesso à edificação**

Na entrada principal da edificação é possível a visualização de fissuras no pilar da entrada do edifício, como mostra a figura 93 (a) e (b).

**Classificação: Grau de risco Mínimo.**

**Sugestão de manutenções corretivas:** Tratamento das fissuras localizadas na entrada do edifício.

### **5.2.6.2. Cobertura da entrada principal da edificação**

Na figura 94 se observa deslocamento, bolhas na pintura do teto e sinais de infiltração, localizado próximo a câmera de segurança da entrada do edifício (Figura 94 (a)), e próximo a fachada frontal figura 94 (b).

Classificação: **Grau de risco das infiltrações e das bolhas é Mínimo.**

**Grau de risco do deslocamento da pintura é Mínimo.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento da infiltração e das bolhas no teto; tratamento do deslocamento da pintura.

### **5.2.6.3. Trincas e fissuras na parede e no piso cerâmico**

Dando continuidade à inspeção visual, é possível a observação de uma fissura no canto da porta do apartamento 229, com uma espessura de 0,15 mm, como mostra a figura 95. Essa fissura é superficial, estando apenas no material argamassado.

Classificação: **Grau de risco Mínimo.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento pontual de fissuras.

### **5.2.6.4. Piso cerâmico**

Na figura 96 mostra uma fissura pontual de 0,35 mm de espessura, e haviam outras fissuras pontuais de pequena extensão no piso, mas de uma maneira geral, a edificação se apresentou em bom estado com relação às fissuras.

Também foram observadas falhas no rejunte do piso cerâmico dos halls, que pode vir a agravar e causar deslocamento, como apresenta a figura 97 (a), e na figura 97 (b) um desgaste considerável na cerâmica localizada próximo a porta de uma das lixeiras do 1º pavimento, do lado esquerdo da edificação.

Classificação: **Grau de risco para a presença de fissuras é Mínimo.**

**Grau de risco para a ausência de rejunte é Regular.**

Sugestão de manutenções corretivas: Substituição das cerâmicas com fissuras e danificadas; caso os condôminos se sintam incomodados com o manchamento da cerâmica sugere-se a substituição total, caso os condôminos não se importem de conviver com as manchas não é necessário fazer a substituição total; realização de rejuntamento.

### **5.2.7. Rampas**

As rampas do edifício B são constituídas em concreto armado, e segundo informações é impermeabilizada com manta asfáltica, além disso, são revestidas de uma camada de proteção mecânica.

Há um detalhe nas rampas que são os frisos, que proporcionam o aumento de rugosidade para aceleração e frenagem durante a entrada e saída de veículos na edificação.

São três rampas ao total, a primeira rampa é a entrada e saída dos veículos do edifício, a segunda rampa dá acesso ao 2º subsolo e a terceira rampa dá acesso ao 1º subsolo.

#### **5.2.7.1. Fissuras, trincas e desgaste das rampas**

Na figura 98 é possível à visualização de manifestações patológicas tipo fissuras e trincas na rampa de entrada e saída da garagem do edifício B, essas manifestações patológicas no contrapiso foram causadas pelo uso diário de seus usuários.

Dando continuidade à inspeção foi observado que há uma quantidade excessiva de fissuras nas paredes das rampas internas, como pode ser exemplificado na figura 99.

A figura 100 apresenta o piso das rampas internas do edifício B, onde se visualiza uma fissura próxima a grade de captação de água (Figura 100 (a)) e desgaste superficial da rampa (Figura 100 (b)).

Classificação: **Grau de risco das fissuras é Mínimo.**

**Grau de risco do bolor é Mínimo.**

**Grau de risco das fissuras é Regular.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento das fissuras através de abertura superficial e colocação de material selante; remoção do bolor dos pisos das rampas internas; tratamento de fissuras nas rampas internas do edifício.

### **5.2.7.2. Deslocamento da camada de proteção mecânica e pequeno desnível na rampa externa**

Na figura 101 (a) é possível a observação de um deslocamento na camada de proteção mecânica, causado por seu uso diário de veículos. Na figura 101 (b) é apresentado um pequeno desnível superficial na rampa.

Classificação: **Grau de risco Mínimo.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento do deslocamento da camada de proteção mecânica através da remoção superficial da área deteriorada e refazimento de nova proteção mecânica.

### **5.2.7.3. Deslocamento de revestimento cerâmico**

Como mostra a figura 102, há sinais de estufamento e de deslocamento da cerâmica da parede do vizinho ao lado direito, pelo ponto de vista da rua, e por consequência as cerâmicas caem na rampa do edifício B. Seria interessante avisar esse vizinho sobre as cerâmicas em sua fachada para ser tomada uma decisão, pois caso mais cerâmicas caírem podem danificar carros que estiverem passando, e até mesmo seus usuários.

Classificação: **Grau De Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Comunicar o condomínio vizinho que há risco de deslocamento proveniente de seu revestimento cerâmico, caso não seja feita nenhuma atitude do condomínio vizinho, o condomínio deve realizar a remoção destas das áreas que estão com deslocamento.

### **5.2.8. Subsolos**

No subsolo o enfoque da inspeção foi dado ao sistema estrutural. Para tanto, os principais objetos vistoriados foram: pilares, vigas, lajes e cortinas de concreto armado. A inspeção seguiu pelo caminho de saída até a entrada.

### **5.2.8.1. Cobrimento nominal insuficiente e corrosão de armaduras**

A Figura 103 mostra barras de aço expostas, e percebe-se que o cobrimento nominal do concreto é insuficiente para a proteção física e química das barras de aço, é notável também a visualização de cor alaranjada nas barras, comprovando que há corrosão das barras de aço.

No piso do subsolo também foram encontradas coberturas nominais de concreto insuficientes perto da rampa de saída e entrada do edifício B, conforme exposto na figura 104.

Classificação: **Grau De Risco Crítico.**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento da corrosão, realizando limpeza com escova de aço, aplicação de pintura anticorrosiva e pintura com epóxi; tratamento da cobertura nominal insuficiente das barras de aço.

### **5.2.8.2. Fissuras**

Durante a diligência foi encontrada uma fissura na parede, abaixo de uma viga, que se localiza próximo à casa de quadros elétricos, no 1º subsolo, como é possível observar na figura 105.

Na figura 106 é possível observar uma fissura na junção do pilar e da viga, localizada no 1º subsolo, não foi possível realizar a medição da abertura da trinca por causa de sua altura.

Foram encontradas também fissuras no piso, como apresenta a figura 107. Especificamente, a figura 107 (b), a fissura foi causada por não ter ao redor do pilar frisos diamantados.

Classificação: **Grau de risco Mínimo.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento das fissuras através de abertura superficial e colocação de material selante.

### **5.2.8.3. Deslocamento superficial do piso**

Foi verificado danos ao material argamassado do piso, como apresenta a figura 108. Na figura 108 (a) ocorreu a passagem de um tubo e não foi realizada a recuperação do piso, localizado no 1º subsolo, podendo causar danos aos usuários. E na figura 108 (b) o piso apresentou deslocamento na parte descoberta do 2º subsolo.

Classificação: **Grau de risco Regular.**

Sugestão de manutenções corretivas: Limpeza e recuperação do piso com argamassa.

#### **5.2.8.4. Infiltração**

Foram encontrados sinais de infiltração demasiadamente no teto dos subsolos, e até sinais de estalactites, que são hidroxidos de cálcio solidificados devido a passagem de água pelos compostos alcalinos do cimento, essas estalactites atestam que houve a diminuição da alcalinidade do concreto, e assim podendo causar corrosão na armadura, como apresentado na figura 109 e 110.

Esses pontos em que foi possível a verificação de estalactites e de passagem de água são pontos possíveis de haver sinais de corrosão na armadura, diminuindo a qualidade do concreto.

Devido às infiltrações provenientes do teto do 2º subsolo, onde estava com passagem de água por falhas na impermeabilização ou por conexões inadequadas de tubulações estão causando manchamento no piso do 2º subsolo, conforme apresentado na figura 111, são sinais típicos de umidade constante e permanente no piso.

Com a finalidade de tratar as infiltrações presentes nos tetos do subsolo, o edifício B tratou dois lugares que apresentavam sinais de infiltrações com tratamentos paliativos, com um plástico, como mostra a figura 112.

Como tratamento das infiltrações também foi encontrado jornal amassado no topo de um pilar, o jornal estava úmido, significando que ainda havia infiltração, isso está registrado na figura 113.

Classificação: **Grau de risco Crítico.**

Sugestão de manutenções corretivas: Localizar a causa das infiltrações e sana-las; tratamento das infiltrações nas estruturas de concreto armado.

#### **5.2.8.5. Juntas de dilatação**

Na figura 114 (a) é possível notar sinais de infiltração na viga por causa da ausência do material selante. E na figura 114 (b) é possível notar que não há nenhum resquício deste material. Vale salientar que não foi encontrado esse material selante nem no 1º subsolo nem no 2º subsolo.

Classificação: **Grau de risco da infiltração é Crítico.**

**Grau de risco da ausência do material selante na junta de dilatação é Crítico.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento da infiltração causada pela falta do material selante; colocação do material selante nas juntas de dilatação.

#### **5.2.8.6. Sinais de abrasão em pilar de concreto**

Conforme mostra a figura 115 é possível observar que o pilar da vaga 90 apresenta sinais de desgaste por abrasão, causado provavelmente por um veículo. Esse tipo de patologia não apresenta nenhum risco ao pilar, pois o desgaste está apenas na superfície do pilar e não foi exposto nenhuma barra de aço.

Classificação: **Grau de risco Mínimo.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento superficial do pilar de concreto.

#### **5.2.9. Vestiário dos Funcionários no 1º Subsolo**

Dando continuidade à inspeção foi possível observar na figura 116 que há fissuras de pequena extensão nas cerâmicas das paredes, no vértice da porta dos vestiários dos funcionários, que fica localizado no 1º subsolo, essas fissuras podem ter sido originadas pela sua tipologia por falta de verga ou mal dimensionamento da verga, uma vez que se encontram ao alisar superior da porta.

Classificação: **Grau de risco Mínimo.**

Sugestão de manutenções corretivas: Tratamento das fissuras na parede com a remoção do revestimento cerâmico, abertura e tratamento pontual das fissuras existentes com material selante flexível e recolocação do revestimento cerâmico.

#### **5.2.10. Ensaios Tecnológicos na Estrutura de Concreto do Subsolo**

Complementar à inspeção visual, foram realizados ensaios não destrutivos em elementos de concreto armado com intuito de avaliar o desempenho e a qualidade do concreto estrutural do subsolo. Os elementos foram escolhidos aleatoriamente de tal maneira que pudesse apresentar resultados que pudessem ser comparados com os valores de norma, e assim podermos classificar a qualidade, caso os resultados não forem satisfatórios seria realizado um número maior de ensaios.

##### **5.2.10.1. Ensaio de Pacometria**

Na inspeção do edifício B foram realizados ensaios de pacometria em elementos estruturais escolhidos aleatoriamente, como apresentado na Figura 117, com o intuito de obter dados da espessura do cobrimento nominal das peças de concreto armado.

O critério de avaliação dos resultados obtidos no ensaio se concentrou no sentido de verificar se o cobrimento nominal dos elementos é suficiente para proteção das barras de aço do subsolo sem interferência de corrosão.

O cobrimento está dentro do aceitável e vale ressaltar que não havia sinais de armadura, ou seja, indica que a proteção física está cumprindo sua função.

##### **5.2.10.2. Ensaio de Esclerometria**

Para o trabalho no edifício B foram realizados 6 ensaios de esclerometria em vários pontos das edificações, 3 ensaios no 1º subsolo e 3 ensaios no 2ºsubsolo, de modo a abranger os diferentes tipos de concreto utilizados durante a execução das obras.

A Figura 118 mostra o ensaio de esclerometria sendo realizado nestes elementos estruturais de edificações do edifício B.

### 5.2.10.3. Resultados Obtidos

No edifício B foram realizados 6 ensaios de esclerometria em vários pontos da edificação. Os resultados encontrados nos 6 ensaios realizados serão apresentados na tabela 7.

Tabela 6 - Resultados do ensaio de esclerometria

Local ensaiado	Resistência Média (MPa)
1º sub - Pilar entre as vagas 103 e 104	24,00
1º sub - Pilar entre as vagas 99 e 100	32,00
1º sub - Pilar entre as vagas 94 e 95	36,00
2º sub – Pilar entre as vagas 06 e 07	42,00
2º sub - Pilar entre as vagas 34 e 33	32,00
2º sub – Pilar entre as vagas 82 e 83	32,00

Fonte: Autor

Analisando os resultados pôde-se observar que de acordo com o ensaio de esclerometria os concretos dos edifícios apresentam boa dureza superficial.

Em relação aos resultados esclerométricos, a NBR 7584/2012 diz que a influência da carbonatação na dureza da superficial do concreto é significativa e promove a superestimação da resistência. Em casos extremos, os valores estimados para a resistência do concreto, quando há carbonatação, podem superar os valores reais em mais de 50% em função da espessura da camada carbonatada.

Além da carbonatação, outros fatores influenciam na correlação dos índices esclerométricos com a resistência à compressão do concreto, são eles:

- Condições de umidade da superfície;
- Massa específica do concreto;
- Esbeltez do elemento estrutural ensaiado;
- Proximidade entre a área de ensaio e uma falha no concreto;
- Temperatura do esclerômetro e do concreto;
- Dosagem do concreto;
- Tipo de cura;

- Superfície calcinadas por altas temperaturas (incêndio);
- Outros.

### **5.3. Edifício C**

A metodologia de inspeção foi visual para a fachada, cobertura, halls sociais/serviços, cobertura, subsolos e casa de máquinas. Foram feitos ensaios não destrutivos de pacômetria, esclerometria de forma aleatória nos pilares da garagem do subsolo para auxiliar na avaliação da estabilidade estrutural do subsolo.

#### **5.3.1. Localização do Edifício**

O edifício C, localiza-se endereço QMSW 06 Lote 01, Sudoeste, Brasília – DF, CEP: 70780-600 e cujas coordenadas geográficas são 15°47'43.38" S e 47°55'23.18" O. Na Figura 119 é possível visualizar a localização da edificação em questão.

#### **5.3.2. Descrição da Edificação**

O edifício C é um imóvel residencial, com idade aproximada de 18 anos, tendo múltiplos pavimentos que possuem uma entrada principal com espelhos d'água, halls sociais, 01 subsolo, 01 semienterrado, 01 pavimento mezanino e 02 pavimentos acima do mezanino. Cada pavimento da edificação dispõe de quantidades de apartamentos diferentes, no 1º pavimento há 38 unidades, no 2º há 38, e no 3º há 26 apartamentos, resultando, ao todo em 102 unidades habitacionais. A área comum do edifício é constituída por uma entrada principal, halls sociais, subsolo com vagas de garagem e jardins entre os blocos.

Os sistemas construtivos que compõem a edificação são:

- Sistema estrutural: concreto armado;
- Sistema de vedação externo: alvenaria em tijolo cerâmico/bloco de concreto;
- Sistema de revestimento externo: granito, cerâmica e pintura texturizada;
- Juntas de dilatação: executadas com material selante adequado.

#### **5.3.3. Cobertura**

Na cobertura, a qual é composta por laje de concreto armado, que possui sistema de impermeabilização, proteção mecânica tipo seixo rolado. Foi feita uma inspeção total a fim de se verificar como se encontrado sistema tipo cobertura, como por exemplo, rufo, ralo, estruturas metálicas, tubulações, sistema de ar condicionado que estão distribuídos ao longo da cobertura, reservatório, aterramento de materiais metálicos e sistema de proteção de esgoto.

A inspeção iniciou-se da prumada C a prumada A, como apresenta a Figura 120.

#### **5.3.3.1. Juntas de Dilatação Estrutural**

Durante a vistoria foi verificado as juntas de dilatação, cuja finalidade de absorver tensões de acomodações estruturais devido às variações térmicas climáticas que a estrutura pode sofrer, foi identificado que elas apresentam falhas como estricamento, trincas e furos (Figura 121), que pode contribuir para uma infiltração que pode ir desde a cobertura até o subsolo, isso pode vir a causar danos como corrosão da armadura, lixiviação e entre outras manifestações patológicas.

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Reexecução das juntas de dilatação com materiais adequados.

#### **5.3.3.2. Reservatórios de Água**

Ao longo das vistorias realizadas, foram analisados os dois reservatórios de água do condomínio residencial, situados na cobertura da edificação C conforme apresentados na Figura 122, os quais possuem manifestações patológicas, que serão descritas nos itens 5.3.3.2.1 ao 5.3.3.2.2 a seguir.

##### **5.3.3.2.1. Revestimento Externo**

Acerca do revestimento externo dos reservatórios, que são tipo pintura texturizada, foi visualizado sinais de infiltrações, bolores, passagens para indexação de antenas na cobertura do mesmo, eflorescência, ausência de manutenção de pinturas das tampas e ausência de restrições ao reservatório como auxílio de um cadeado, ilustrado na Figura 123.

Essas anomalias detectadas nas regiões externas dos reservatórios de água fria são decorrentes das próprias condições de exposição natural das áreas, em especial às intempéries de precipitações e a necessidade periódica nas instalações das antenas no decorrer dos anos.

Foram identificadas regiões com manchas brancas ocasionadas pelo processo de lixiviação do concreto, tendo por resultado a eflorescência como pode ser identificada pela Figura 124. O bolor e as fissuras encontram-se com uma maior incidência na parte superior dos reservatórios.

Classificação: **Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Pintura da estrutura.

#### **5.3.3.2. Reservatório da Prumada A**

Vale salientar que na prumada A ocorreu uma infiltração no pavimento inferior ao reservatório de água potável, apresentada na Figura 125. O reservatório recentemente teve sua impermeabilização comprometida devido ao surgimento de uma trinca/fissura por deformação da estrutura por fluência do concreto.

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Fechamento das trincas e fissuras e acompanhamento no período de seis meses com o objetivo na constatação da estabilidade.

### **5.3.4. Sistema de Fachadas**

#### **5.3.4.1. Fachada Frontal e Posterior**

A fachada do Edifício C, a qual é constituída de revestimento em granito, cerâmica e pintura texturizada, se encontra em bom estado de conservação, porém com o tempo a estrutura de concreto armado passa por um processo de acomodações, podendo causar trincas/fissuras na edificação como um todo, transferindo desta forma para o sistema de fachada do edifício.

Também há uma pequena área com deslocamento, deteriorações nas juntas e falhas no rejunte, além de ganchos de fixação da tela de proteção danificando a cerâmica.

Para a melhor visualização das manifestações patológicas foi realizado uma inspeção com o uso de binóculo e registro fotográfico, que serviram de base para a elaboração dos croquis da fachada frontal, posterior, lateral direita e lateral esquerda, que consegue apresentar com maior detalhe pontualmente as manifestações patológicas detectadas, conforme apresentado nas Figuras 126, 127, 128, 129, com uma legenda explicativa na Figura 130.

**Classificação: Grau de Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Substituição das juntas de dilatação; Remoção e substituição do revestimento cerâmico que apresenta deslocamento; Realizar tratamento pontual das fissuras, para evitar infiltrações na parte interna.

### **5.3.5. Jardins**

#### **5.3.5.1. Trincas, Fissuras e Bolor nas Vedações do Jardim**

No decorrer da inspeção foi verificado trincas/fissuras pontuais tanto na mureta quanto no poço de ventilação do estacionamento inferior, conforme apresentado na Figura 131 e 132, essas trincas/fissuras se apresentavam nos dois jardins, tanto no jardim entre a prumada A e B, tanto entre a prumada B e C.

É normal depois de um período de vida útil e por falta de manutenção o surgimento de trincas/fissuras superficiais na edificação, nesse caso as fissuras que surgiram estão somente no sistema tipo pintura e argamassado, não acarretando risco para os usuários.

Também foi observado na mureta, em um local específico, bolor, conforme a Figura 133. O bolor é causado por excesso de umidade do local, e pode causar desconforto ao usuário e perda de vida útil da estrutura.

**Classificação: Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Realizar a limpeza do local.

### **5.3.5.2. Espelhos d'água e Entrada Principal**

#### **5.3.5.2.1. Jardim da Entrada do Edifício**

O jardim de entrada se encontra em um ótimo estado de conservação e limpeza, como é possível a visualização na Figura 134. Durante as inspeções foi possível observar manutenções frequentes pela equipe de manutenção do edifício.

#### **5.3.5.2.2. Banheiro/Depósito Externo**

Durante a diligência foi possível a observação de eflorescência na parede do banheiro externo e no depósito que estão localizados na entrada do edifício, como pode-se observar na Figura 135.

Classificação: **Grau de Risco Mínimo**

Sugestão de manutenção corretiva: Limpeza da cerâmica externa e troca dos rejuntas.

### **5.3.6. Subsolo**

No subsolo o enfoque da inspeção foi dado ao sistema estrutural. Para tanto, os principais objetos vistoriados foram: pilares, vigas, lajes e cortinas de concreto armado. A vistoria principiou-se pela entrada da garagem na (Prumada C) e seguiu o percurso de entrada e saída do automóvel do local.

#### **5.3.6.1. Rampa de Acesso**

A rampa é constituída em concreto armado, e segundo informações é impermeabilizada com manta asfáltica, além disso, é revestida de uma camada de proteção mecânica com rugosidade para desaceleração e frenagem.

Há manifestações de trincas/fissuras neste contrapiso por desgaste de uso, como mostra a Figura 136.

Após a inspeção inferior, no subsolo, é possível identificar que há sinais de infiltrações na rampa, como mostra a Figura 137, ou seja, indica que o sistema de impermeabilização está deficiente. É necessário que o sistema de impermeabilização passe por um tratamento adequado para não prejudicar outros elementos do edifício, como corrosão da armadura e perda de estabilidade estrutural, diminuindo sua vida útil.

O tratamento realizado para parar a infiltração está sendo apresentado na figura 137, porém esse não é um tratamento adequado para essa situação.

A tentativa de tratamento das fissuras é ineficaz pois não resolve o problema por inteiro e pode intensificar a patologia.

**Classificação: Grau de Risco Crítico**

**Sugestão de manutenção corretiva:** Remoção do contrapiso e realização de um novo; Substituição do sistema de impermeabilização da rampa.

#### **5.3.6.2. Trincas/Fissuras**

Durante a diligência observou-se fissuras nos pisos, nas paredes e nas lajes nervuradas, conforme apresentado a seguir.

Na parede próxima a vaga 137, que fica localizada abaixo da rampa de acesso a garagem foi observada uma fissura de grande extensão, conforme a figura 138, que pode ter sido causada por acomodação estrutural.

Encontrou-se também fissuras de pequena extensão nas lajes nervuradas, nas cubetas, de uma maneira geral em todo o subsolo, como se pode exemplificar na Figura 139.

Foi identificado várias trincas/fissuras de grande e de pequeno porte no piso do subsolo, como exemplifica a figura 140.

Com a variação de temperatura a estrutura sofre dilatação, por isso é de grande importância às juntas de dilatações e os frisos, no caso dos subsolos, para a diminuição ou ausência de fissuras, porém não foi realizado frisos diamantados ao redor dos pilares, ocasionando fissuras, como mostra a figura 141.

**Classificação: Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Tratamento de fissuras pontuais; Realização de friso diamantado ao redor do pilar.

### **5.3.6.3. Cortes nas Lajes Nervuradas e Exposição das Armaduras e Corrosão**

Nas Figuras 142 e 143 é possível verificar várias perfurações e cortes de forma inadequada na viga e na laje nervurada, fazendo com que as armaduras fiquem expostas e por consequência em processo de corrosão, esta manifestação patológica de corrosão das armaduras do concreto armado interfere no desempenho estrutural da peça, prejudicando assim a vida útil da edificação e por se tratar de um ambiente com alto grau de agressividade pela liberação de o gás carbônico dos veículos transeunte no local é de extrema importância que seja feita as manutenções corretivas.

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Verificação do grau de corrosão das Armaduras; Análise para averiguação da interferência das perfurações na laje; Cobrimento das armaduras com material inerente.

### **5.3.6.4. Cobrimento da Laje Nervurada**

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

Na inspeção realizada foi encontrado alguns pontos onde há cobertura insuficiente das armaduras da laje como pode ser observado pela Figura 144. Pela presença de automóveis, há grande emissão de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que são responsáveis por tornar a estrutura do subsolo mais suscetível ao processo de carbonatação, levando a danos que podem prejudicar a estrutura.

Classificação: **Grau de Risco Crítico**

Sugestão de manutenção corretiva: Limpeza e retirada do cobertura; Limpeza das barras de aço; Aplicação do reparo estrutural.

### 5.3.7. Ensaios

#### 5.3.7.1. Ensaio de Pacometria

Evidentemente, os limites mínimos de cobrimento especificados pela NBR 6118/2014 – versão da norma em vigência atual – não são aplicáveis à estrutura do Edifício C, pois devem ser considerados os dados da norma em vigência à época da elaboração do projeto.

Contudo, o critério de avaliação dos resultados obtidos no ensaio se concentrou no sentido de verificar se o cobrimento nominal dos elementos é suficiente para proteção das barras de aço e capaz de garantir a estabilidade estrutural do subsolo sem interferência de corrosão.

Abaixo, são apresentados na Tabela 8, os elementos ensaiados e as medidas de cobrimento nominal obtidas em milímetros (mm).

Tabela 7 – Resultados de Cobrimento Nominal obtidos no Ensaio de Pacometria.

Nº do Ensaio	01	02	03	04	01
Identificação do Elemento Ensaiado	<b>PILAR 316/317</b>	<b>PILAR 226</b>	<b>PILAR118/119</b>	<b>PILAR 212</b>	<b>PILAR 113/114</b>
<b>PAVIMENTO</b>	Subsolo	Subsolo	Subsolo	Subsolo	Subsolo
Leitura 1 (mm)	20	2	12	12	8
Leitura 2 (mm)	30	3	29	11	5
Leitura 3 (mm)	2	14	28	18	-
Leitura 4 (mm)	6	-	-	12	-
Leitura 5 (mm)	2	-	-	10	-
Leitura 6 (mm)	17	-	-	18	-
Leitura 7 (mm)	5	-	-	10	-
Leitura 8 (mm)	-	-	-	21	-
Leitura 9 (mm)	-	-	-	26	-
<b>Média</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>7</b>

Fonte: Autor

Conforme apresentado, os resultados médios de cobrimento nominal coletados no ensaio são relativamente elevados se for considerado que na época de construção do Edifício, os cobrimentos eram menores do que a norma atual. Seguindo a avaliação diagnóstica.

Por não ter sinal de corrosão das barras de aço é possível a conclusão que o cobrimento está suficiente.

### 5.3.7.2. Ensaio de Esclerometria

No edifício C foram realizados 5 ensaios de esclerometria em vários pontos das edificações, de modo a abranger os diferentes tipos de concreto utilizados durante a execução das obras. Os resultados encontrados nos 5 ensaios realizados serão apresentados na tabela 9.

Tabela 8 - Resultados do ensaio de esclerometria

Ensaio	IE Médio	Resistência Superficial do Concreto (MPa) (*)
PILAR ENTRE VAGAS 113 e 114	40	41,40
PILAR - VAGA 212	37	43,47
PILAR ENTRE VAGAS 118 e 119	39	42,05
PILAR - VAGA 226	40	40,05
PILAR ENTRE VAGAS 316 E 317	42	43,30
(*) Média de resistência do concreto à compressão obtida na curva de esclerometria do Ábaco de Schmidt		

Fonte: Autor

Analisando os resultados pôde-se observar que de acordo com o ensaio de esclerometria os concretos dos edifícios apresentam boa dureza superficial.

Em relação aos resultados esclerométricos, a NBR 7584/2013 diz que a influência da carbonatação na dureza da superficial do concreto é significativa e promove a superestimação da resistência. Em casos extremos, os valores estimados para a resistência do concreto, quando há carbonatação, podem superar os valores reais em mais de 50% em função da espessura da camada carbonatada.

Além da carbonatação, outros fatores influenciam na correlação dos índices esclerométricos com a resistência à compressão do concreto, são eles:

- Condições de umidade da superfície;
- Massa específica do concreto;
- Esbeltez do elemento estrutural ensaiado;
- Proximidade entre a área de ensaio e uma falha no concreto;
- Temperatura do esclerômetro e do concreto;
- Dosagem do concreto;

- Tipo de cura;
- Superfície calcinadas por altas temperaturas (incêndio);
- Outros.

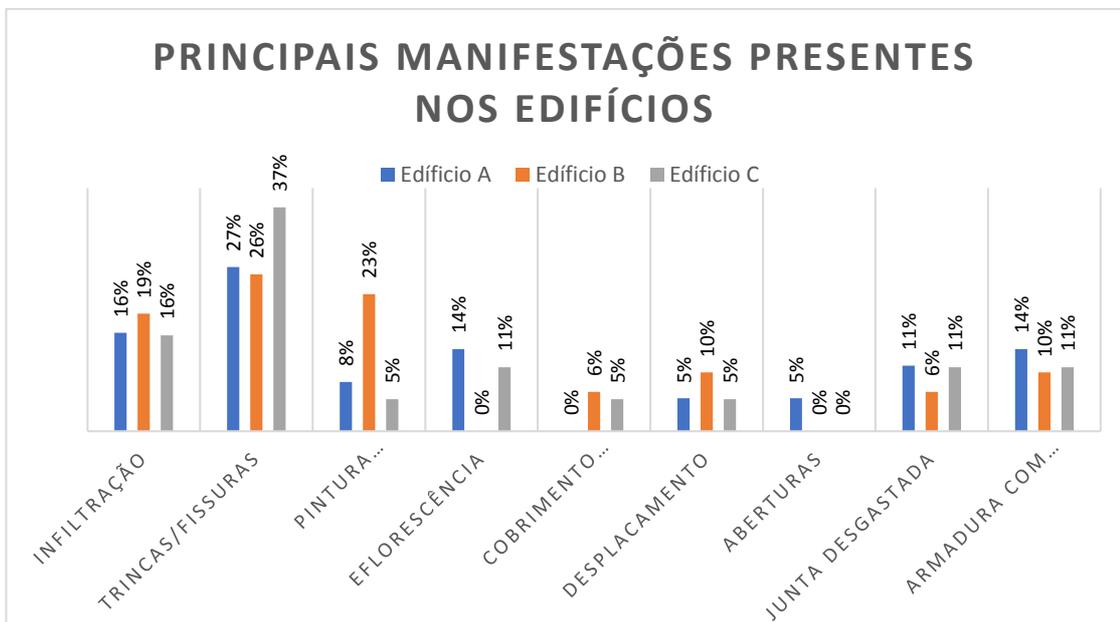
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir da correlação das manifestações patológicas que mais ocorreram, suas principais causas e o grau de criticidade entre os três edifícios avaliados.

### 6.1. Manifestações Recorrentes

Os gráficos a seguir mostram as manifestações que mais ocorreram em cada um dos três edifícios, fazendo a correlação deles e a totalidade de manifestações.

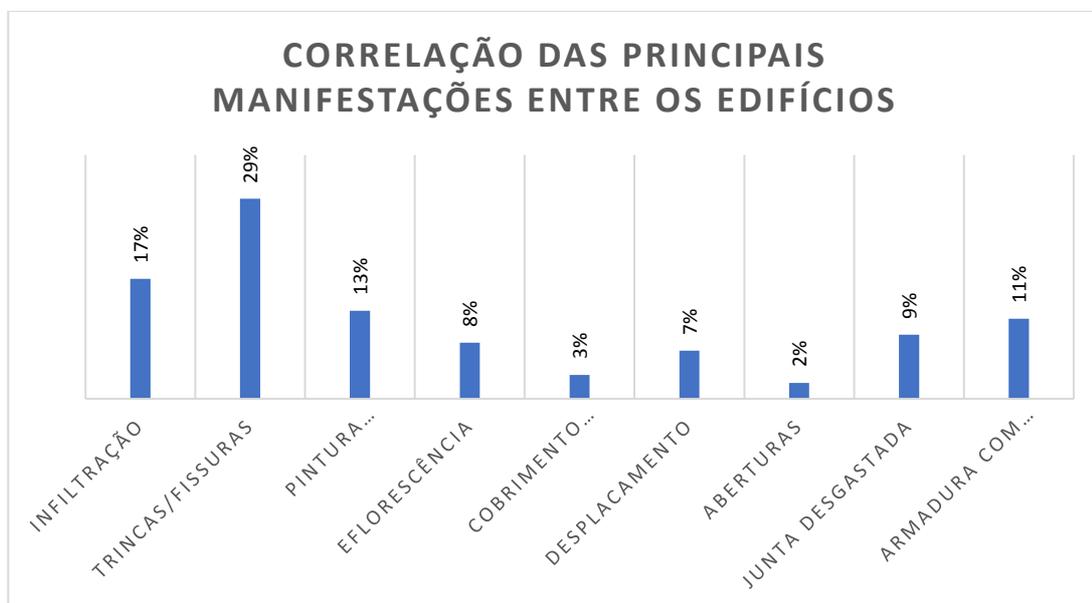
Gráfico 1 – Principais manifestações presentes nos Edifícios



Fonte: Autor

Foi possível visualizar através do gráfico acima, que o edifício A teve em sua maioria como principal manifestação trincas/fissuras e secundária infiltração. No edifício B a principal manifestação presente foram trincas/fissuras e neste caso como secundária pintura desgastada/bolor. Já no edifício C se teve em primeiro lugar trincas/fissuras e em segundo infiltração como maioria.

Gráfico 2 – Manifestações recorrentes correlacionando Edifícios



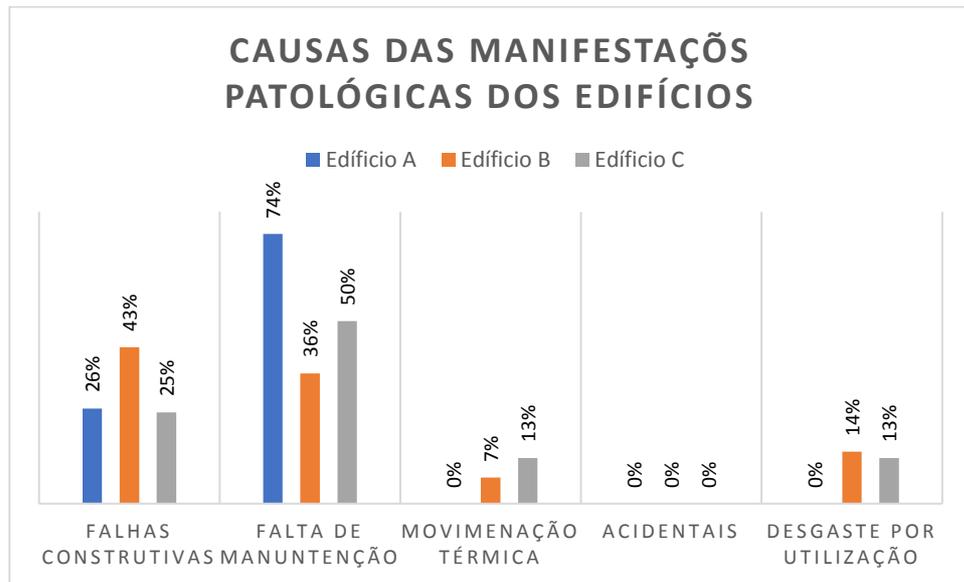
Fonte: Autor

Através do Gráfico 2 foi possível observar por meio da correlação das principais manifestações entre os três edifícios, que trincas/fissuras são as mais recorrentes, seguido de infiltração.

## 6.2. Principais causas

Os gráficos a seguir mostram as causas das manifestações que mais ocorreram em cada um dos três edifícios, fazendo a correlação deles e totalidade.

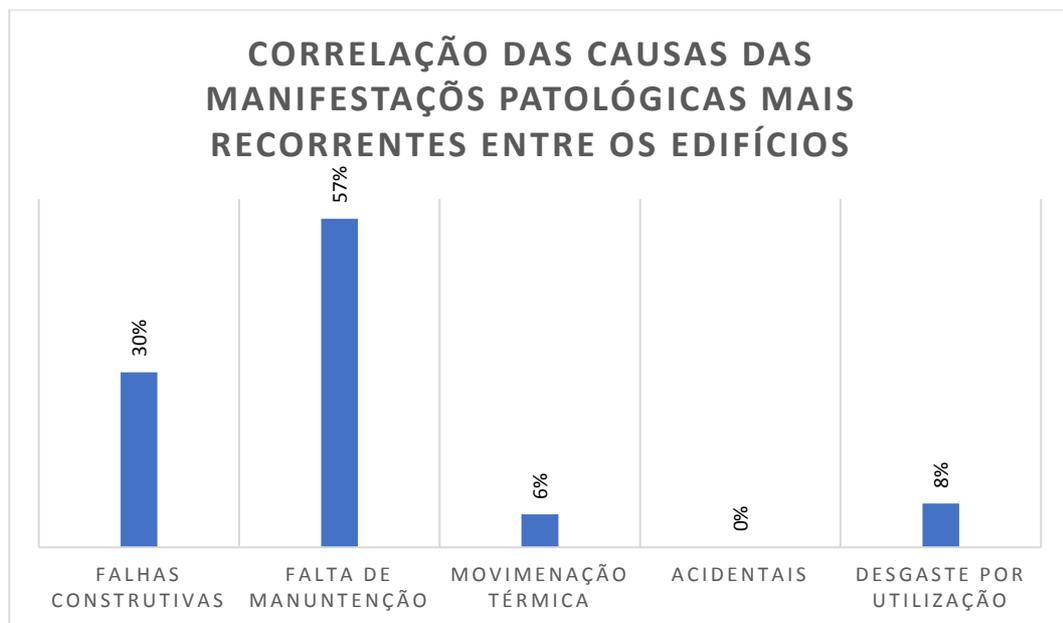
Gráfico 3 – Causas das manifestações patológicas dos Edifícios



Fonte: Autor

Nos edifícios A e C, a maior causa das ocorrências de manifestações foi por falta de manutenção adequada. Em contrapartida no edifício B, a principal causa das manifestações, foram falhas construtivas.

Gráfico 4 – Correlação das causas das manifestações patológicas mais recorrentes entre os Edifícios



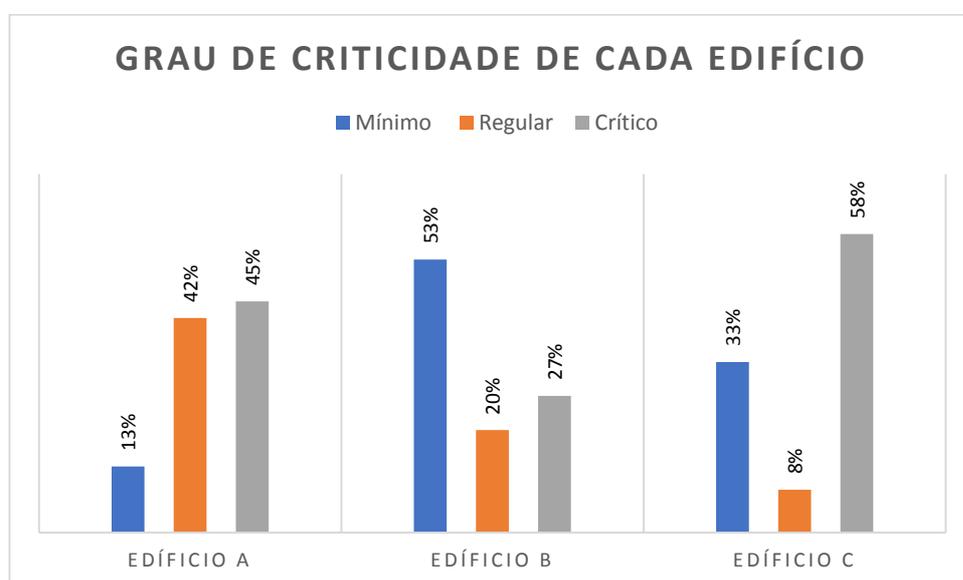
Fonte: Autor

Através da correlação das causas das manifestações é possível apontar que o maior motivo para a ocorrência dessas, foi pela falta de manutenção adequada dos condôminos das edificações.

### 6.3. Grau de Criticidade

Os gráficos a seguir mostram os graus de criticidade que mais ocorreram em cada um dos três edifícios, fazendo a correlação deles e totalidade.

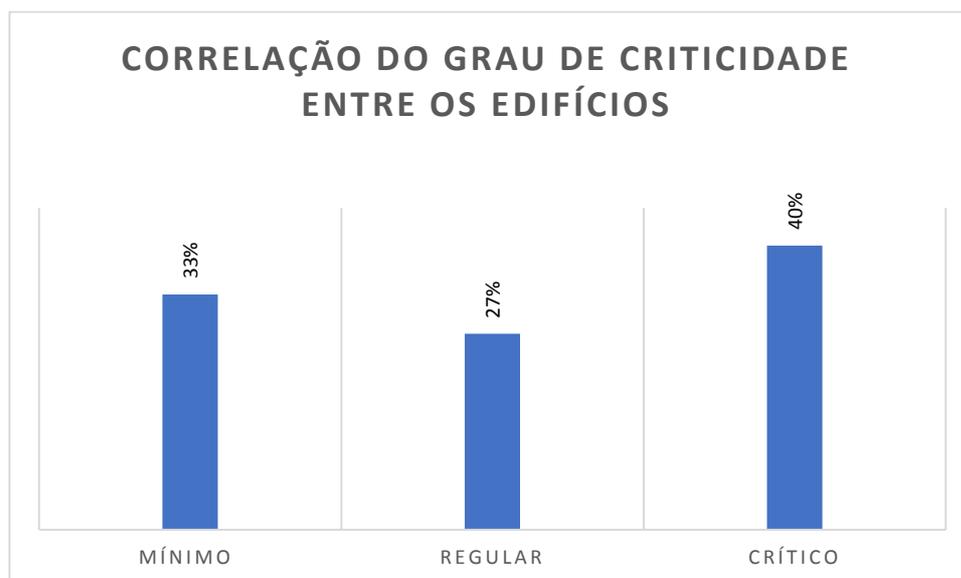
Gráfico 5 – Grau de Criticidade de cada Edifício



Fonte: Autor

Nos edifícios A e C, o maior índice de criticidade presente foi o crítico. Em compensação no edifício B, o principal índice foi o mínimo.

Gráfico 6 – Graus de Criticidade correlacionando edifícios



Fonte: Autor

Por meio da correlação do grau de criticidade entre os edifícios, é possível apontar que a maior recorrência foi do grau crítico nas edificações.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 7.1. Edifício A

O sistema estrutural de concreto armado, inspecionado de maneira visual e utilizando-se de ensaios tecnológicos não destrutivos, na região do subsolo do edifício, apresenta manifestações patológicas críticas, indicando um alto grau de degradação, trazendo, conseqüentemente, a perda de desempenho de forma acentuada da estrutura, senão vejamos.

- Os subsolos apresentam fissuras diversas localizadas nas lajes, bem como no piso de concreto armado, tais como fissuras, sinais de infiltração e inconformidades nas instalações elétricas que trazem risco aos usuários. Percebeu-se, juntamente, que as juntas de dessolidarização apresentam perda de desempenho do material selante.
- Os blocos de coroamento, localizados no 2º subsolo do edifício em tela, apresentam brechas com abertura de até 2 (dois) centímetros de espessura. Recomenda-se que seja realizado o monitoramento, por um profissional devidamente capacitado e habilitado, destas anomalias para identificar seu comportamento face ao tempo.

- O sistema de fachada apresenta manifestações patológicas causada principalmente, pela passagem da água pelo revestimento cerâmico, tais como eflorescências e manchas. Percebeu-se, também, a presença de fissuras localizadas na região dos balanços. Tais fissuras são consequência da movimentação natural da estrutura, trazendo, por sua vez, desconforto aos usuários e, se esta anomalia não ser tratada de forma adequada, poderá desencadear outras implicações ao sistema de fachada. Recomenda-se a investigação mais detalhada, com a realização do ensaio de percussão na fachada com objetivo de avaliar, de maneira mais precisa, o desempenho atual do sistema de fachada.

Segundo Andrade (1997), a medida em que os danos evoluem, os custos necessários para a correção aumentam exponencialmente através da chamada Lei de Sitter, conforme pode ser observado na figura a seguir.

Figura 145 - Lei de Sitter



Fonte: SITTER, 1984 apud HELENE, 1997

Em oportuno, sugere-se que ao Condomínio a contratação de empresa especializada para elaboração de Manual de Uso e Operação dos Sistemas Construtivos que compõem o Edifício e Plano de Manutenção contendo orientações técnicas e prazos pertinentes às medidas corretivas e preventivas que deverão ser adotadas para cada item, tendo como foco principal os itens classificados com grau de risco Crítico. O controle e registro das atividades operacionais e obras civis realizadas no Condomínio, desde que haja cumprimento deste programa, contribuirá no sentido de prolongar a vida útil dos sistemas e elementos construtivos.

## **7.2. Edifício B**

Foi constatado por meio das análises visuais e fotográficas, como também através dos ensaios tecnológicos realizados no edifício B, que o mesmo apresenta um bom estado de conservação apesar de sua idade avançada. Porém, foi averiguado como principal problema e causa das manifestações patológicas, falhas construtivas que podem abranger desde materiais inadequados até falhas na execução.

Sugere-se aos condôminos, realizar os reparos recomendados, tendo como prioridade as patologias classificadas com grau de risco crítico, tendo visto que a não correção de tais falhas pode causar danos na estrutura do edifício.

## **7.3. Edifício C**

Após analisados os sistemas construtivos da edificação, por meio de análise visual e registro fotográfico, e com base nos questionamentos realizadas com a comissão de obra e moradores, constata-se que o Edifício C encontra-se em bom estado de conservação, apesar da idade da edificação e da falta de manutenção preventiva.

Recomenda-se aos condôminos, tratar as manifestações patológicas que foram descritas neste trabalho e ressalta-se a importância de sanar, primeiramente, aquelas que foram classificadas com grau de risco Crítico, uma vez que, sua falta de tratamento coloca em risco todos os usuários do edifício, transeuntes e a própria vida útil do prédio.

## **7.4. Correlação dos dados**

O presente estudo possibilitou avaliar e correlacionar as três edificações selecionadas para análise. O foco da pesquisa foi obter um padrão dos motivos que levaram as edificações a apresentarem manifestações patológicas.

Avaliando-se as principais causas, manifestações mais recorrentes e graus de criticidade foi possível recomendar soluções para cada prédio, assim como, obter estatísticas que permitiram correlacionar os mesmos.

Foi constatado através dos dados coletados, que assim, como as estruturas citadas na justificativa que chegaram ao colapso, dois dentre os três edifícios avaliados, tiveram como principal causa de manifestações patológicas a falta de manutenção, sendo necessário uma

conscientização da população em sua maioria, para atentar-se ao fato de que é de suma importância um plano de manutenção para suas respectivas construções. Vale-se ressaltar também o cuidado do profissional que executa a obra, para se evitar falhas construtivas que foram a segunda maior causa de manifestações recorrentes, como visto no edifício B.

## 8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. *Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras* São Paulo: PINI, 1992.

ANDRADE, J.J.O. *Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.*

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6118. *Projeto de estruturas de concreto — Procedimento*. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7584: *Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio*, Rio de Janeiro, 2012

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8802:2013 – *Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica*.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9077/2001: *Saída de Emergência em Edifícios*. Rio de Janeiro, 2001.

DE OLIVEIRA NASCIMENTO, Camila. *Análise das manifestações patológicas nas estruturas de concreto do campus Goiabeiras da UFES*. Vitória, ES: Revista On-line IPOG, 2015. 3 p.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. NT 10: *Saídas de Emergência*. Distrito Federal, 2015.

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

FIGUEIREDO, E. P. *Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto*. In: ISAIA, G. C. *Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005.

GRANATO, J. E. *Apostila: Patologia das construções*. São Paulo, 2002.

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

MALHOTRA, V. M. *Surface hardness methods*. In MALHOTRA, V. M.; CARINO, N. J. *Handbook on nondestructive testing of concrete*. 2. ed. CRC Press, p. 17-31, 2004.

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

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. *Concreto, estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: PINI, 1994. 572 p.

OLIVEIRA, J. C. *Laudo Técnico de Avaliação Estrutural e Elaboração de Projetos de Reforço*. SQN 406 Bloco E, Asa Norte, Brasília, 2016.

\_\_\_\_\_. *Realização de inspeção preliminar, ensaios tecnológicos e laudo técnico. Áreas: Pilares dos Pilotis, Garagem Descoberta e Subsolos*. Quadra 206, Lote 05, Águas Claras, Brasília, p.13-46, 2018.

\_\_\_\_\_. *Realização de inspeção preliminar, ensaios tecnológicos e laudo técnico. Área: Subsolo da Edificação (Garagem)*. SQN 314, Bloco C, Asa Norte, Brasília, p.78-80, 2018.

\_\_\_\_\_. *Laudo Técnico de Inspeção Predial. Área: Sistemas Construtivos Prediais*. SQS 113 Bloco D Asa Sul, Brasília, p.34-46, 2018.

PEREZ, A. R. *Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas*. *Tecnologia de Edificações*, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

SOUZA, V.; RIPPER, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. – São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Pini, EPUSP, IPT, 1989.

## **ANEXO A – Relatório Fotográfico**

Figura 4 - Localização geográfica do Edifício A



Fonte: Google Earth

Figura 5 - Manchas de eflorescência no revestimento cerâmico.



Figura 6 - Trincas e Fissuras no Piso da Cobertura



Figura 7 - Deslocamento de peças cerâmicas do piso da cobertura coletiva.

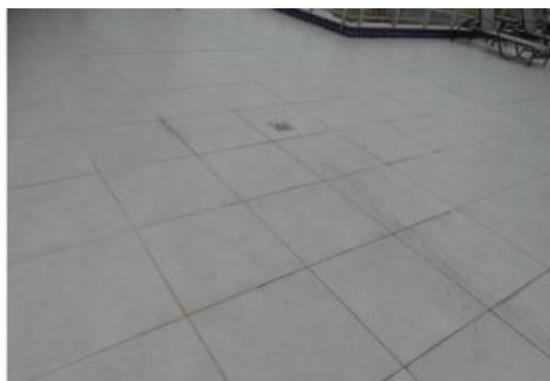
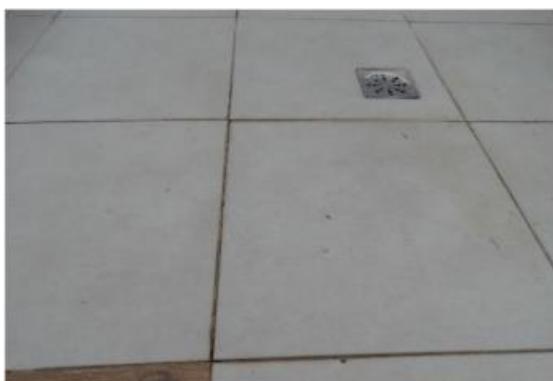


Figura 8 - Eflorescências no piso da cobertura



Figura 9 - Junta de dilatação estrutural deteriorada.



Figura 10 - Revestimento cerâmico. (a) Manchas de infiltração e sujeira. (b) Falha no rejunte do revestimento cerâmico.



(a)



(b)

Figura 11 - Sinais de Eflorescência

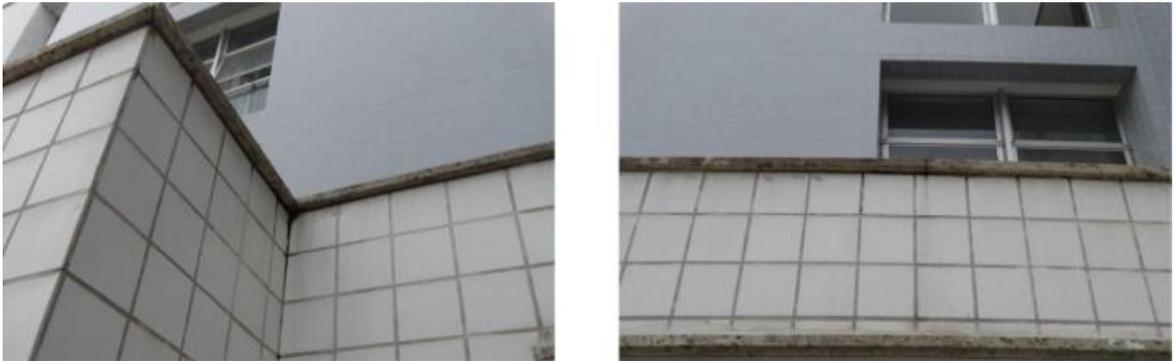


Figura 12 - Fissura na parede na caixa de escada do 2º subsolo

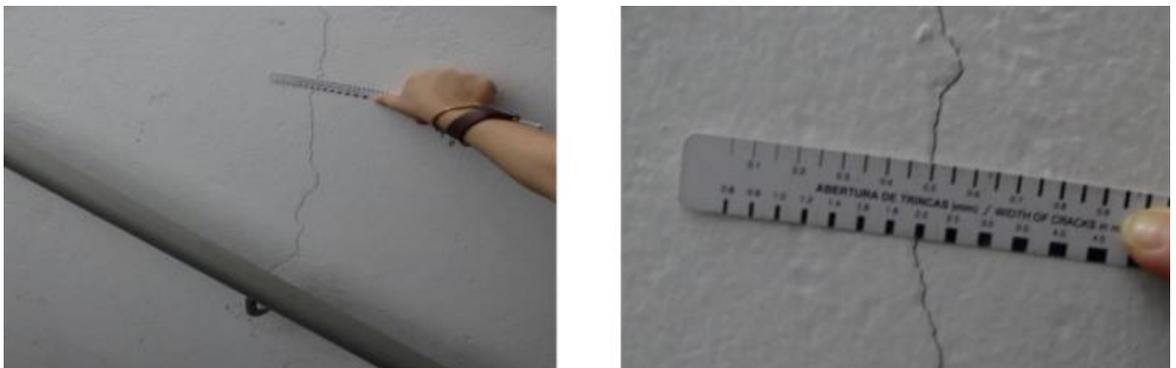


Figura 13 - Sinais de infiltração na parede do hall social do 3º pavimento da Entrada A.

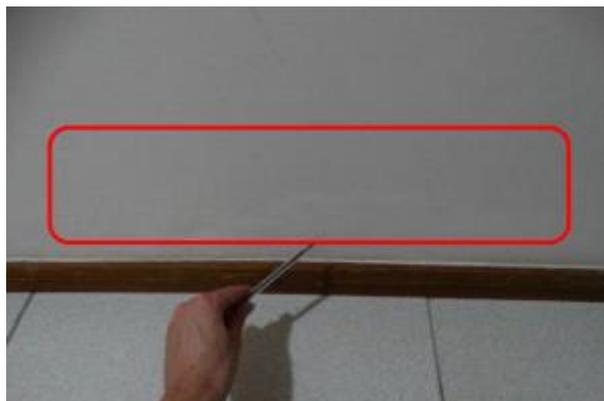


Figura 14 - Sinais de infiltração na parede do corredor que dá acesso à Cobertura Coletiva pela Entrada A.



Figura 15 - Manchas de umidade na pintura com aberturas do forro de revestimento das lajes de avanço.



Figura 16 - Manchas e descolamento na pintura; manchas de umidade e eflorescência no revestimento cerâmico e falhas no gesso da laje (aberturas)



Figura 17 - Região da Guarita com som cavo (oco) no piso cerâmico do Pilotis.



Figura 18 - Peças cerâmicas danificadas

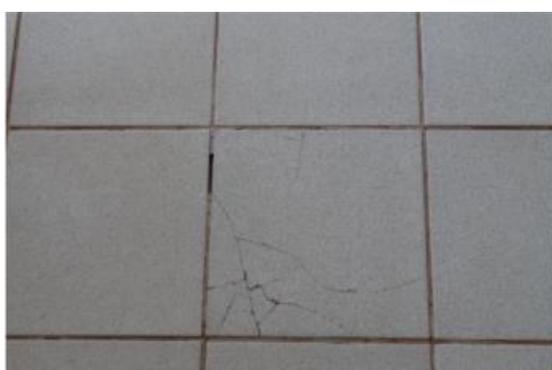


Figura 19 - Material da junta de dilatação estrutural do Edifício no Pilotis deteriorado



Figura 20 - Material da junta de dilatação estrutural do Edifício no Pilotis fissurado



Figura 21 - Vista do 1º subsolo externo



Figura 22 - Piso muito fissurado

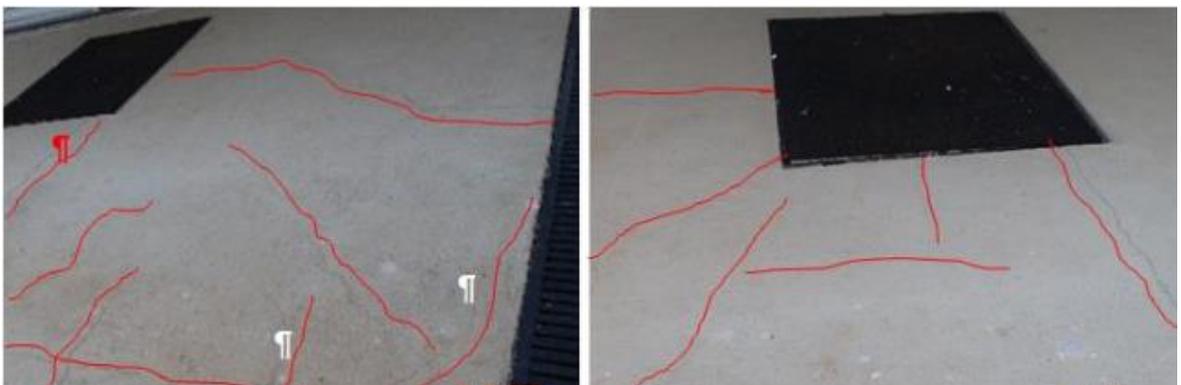


Figura 23 - Peças cerâmicas danificadas e deslocadas



Figura 24 - Rejunte e material de preenchimento da junta de dilatação estrutural deteriorado



Figura 25 - Peças cerâmicas perfuradas, com manchas de infiltração e sinais de eflorescência.



Figura 26 - Peças cerâmicas com manchas de infiltração e de sujeira e sinais de eflorescência



Figura 27- Falhas, fissuras E deterioração pontual dos cobogós.



Figura 28 - Falhas no revestimento cerâmico.



Figura 29 - Falhas no revestimento cerâmico.



Figura 30 - Instalações hidráulicas: (a) Infiltração na cubeta da laje. (b) Grauteamento da laje não adequado.



(a)



(b)

Figura 31 - Sinais de infiltração; Manchas causadas pela percolação da água.



Figura 32 - Infiltração perto ao acesso A.



Figura 33 - Perfurações para passagem de instalações hidráulicas.



Figura 34 - Visitas não fechadas de maneira adequada.



Figura 35 - Armadura exposta durante o fechamento da abertura.



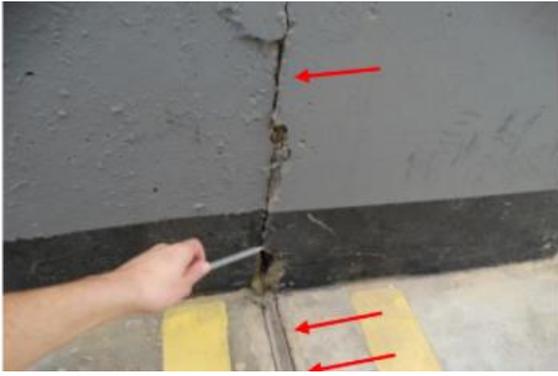
Figura 36 - Fissuras encontradas nas cubetas da laje.



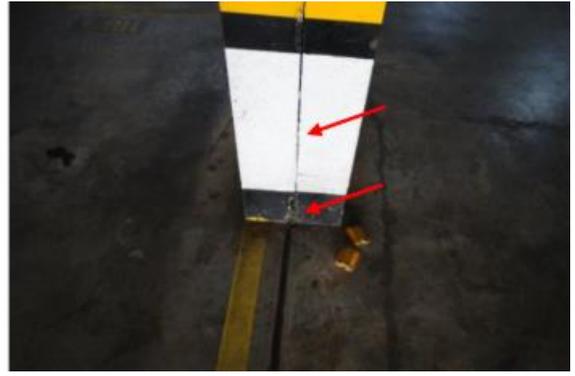
Figura 37 - Junta de Dilatação dos pisos do 1o subsolo. (a) Visão geral junta do piso deteriorada; (b) Visão detalhada da junta.



Figura 38 - Juntas de dessolidarização dos pilares. (a) descontinuidade do preenchimento com material flexível e ressecamento da junta do piso, (b) perda de desempenho do material.



(a)



(b)

Figura 39 – Fissura na rampa de acesso da Garagem 1º subsolo



Figura 40 – Fissura seguindo pelo piso de concreto 1º subsolo



Figura 41 - Fissuras encontradas no piso de concreto.



Figura 42 - Fissuras encontradas no piso de concreto.



Figura 43 - Brechas em bloco de coroamento localizado entre os dois reservatórios de água.  
(Compartimento dos reservatórios inferiores de água - 2º subsolo)



Figura 44 - Espessura da brecha no bloco de coroamento localizado entre os dois reservatórios de água



Figura 45 - Espessura da abertura no bloco de coroamento localizado entre os dois reservatórios de água



Figura 46 - Aberturas em bloco de coroamento localizado na entrada do acesso ao nível do piso do compartimento dos reservatórios inferiores de água - 2º subsolo



Figura 47 - Abertura com aproximadamente 2 centímetros de espessura.



Figura 48 - Abertura de 1,7 mm de espessura no bloco de coroamento.



Figura 49 - Abertura de 2,5 mm de espessura no bloco de coroamento.



Figura 50 - Fissuras nas paredes no cômodo dos reservatórios de água inferiores



Figura 51 - Corrosão das armaduras da laje superior localizadas no teto acima dos reservatórios de água



Figura 52 - Fissuras nas cubetas da laje com sinais de infiltração.



Figura 53 - Fissuras transversais localizadas na cubeta da laje.



Figura 54 – Processo de lixiviação na laje



Figura 55 – Abertura e exposição da armadura na laje



Figura 56 - Visitas não fechadas do jeito correto



Figura 57 – Passagem de instalação hidrossanitária com armadura exposta



Figura 58 - Passagem de Instalação Hidrossanitária com armadura exposta



Figura 59 - Infiltração localizada perto das instalações.



Figura 60 – Infiltrações; (a) Mancha provocada pela passagem da água; (b) Utilização de fitas adesivas pelos moradores para tentar mitigar os transtornos causados pela passagem da água pelo local.



(a)

(b)

Figura 61 - Sinais de Infiltração perto ao bicicletário.



Figura 62 - Juntas estruturais da edificação com ausência de material flexível.



Figura 63 - Juntas estruturais dos pilares.



Figura 64 - Piso de concreto: (a) Manchas de concreto. (b) Fissura não tratadas



(a)



(b)

Figura 65 - Fissuras no piso de concreto.

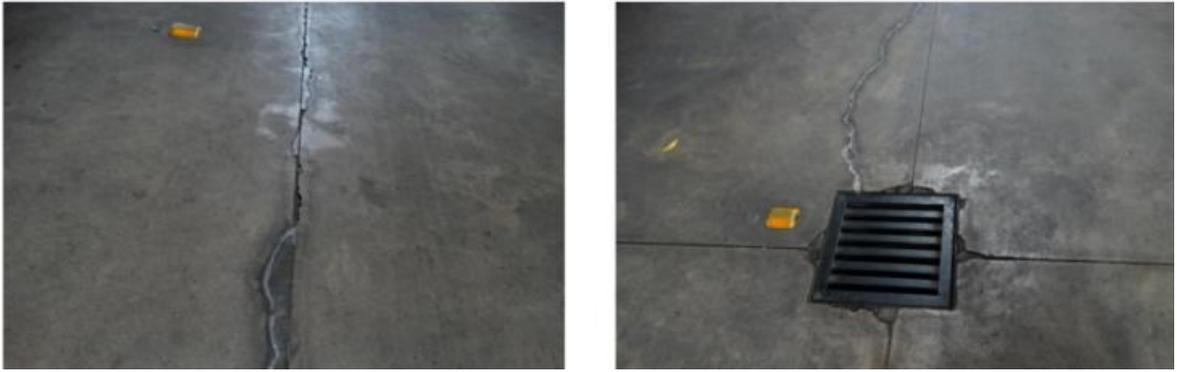


Figura 66 - Mancha ao redor do pilar.



Figura 67 - Desagregação na base do pilar.



Figura 68 - Revestimento cerâmico: (a) sinais de eflorescências; (b) manchas escurecidas decorrentes do fluxo constante de água.



(a)



(b)

Figura 69 - Revestimento cerâmico: (a) manchas escurecidas decorrentes do fluxo constante de água. (b) sinais de eflorescências



(a)



(b)

Figura 70 - Manchas no revestimento cerâmico.



Figura 71 - Eflorescência localizada no acesso à garagem.



Figura 72- Deslocamento do revestimento cerâmico no acesso à garagem.



Figura 73 - Descolamentos no revestimento cerâmico

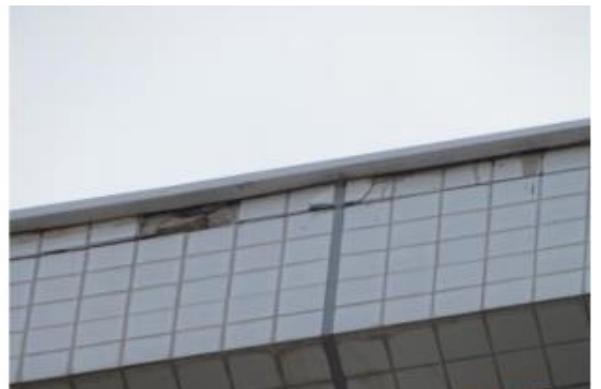


Figura 74 - Região em balanço. Fissuras em destaque.



Figura 75 - Região em balanço detalhada



Figura 76 - Malha do ensaio de esclerometria dividida em 16 quadrantes.

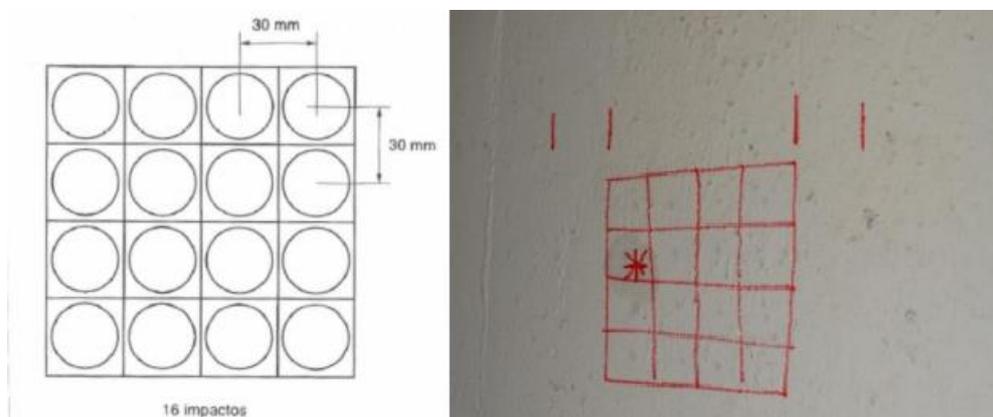


Figura 77 - Ensaio de esclerometria. (a) Esclerômetro de Schmidt. (b) Impacto efetuado com o aparelho com esclerômetro.



(a)



(b)

Figura 78 – Medição da altura onde seria feito o ensaio na peça (Pilar entre vagas 413 B e 414 B)

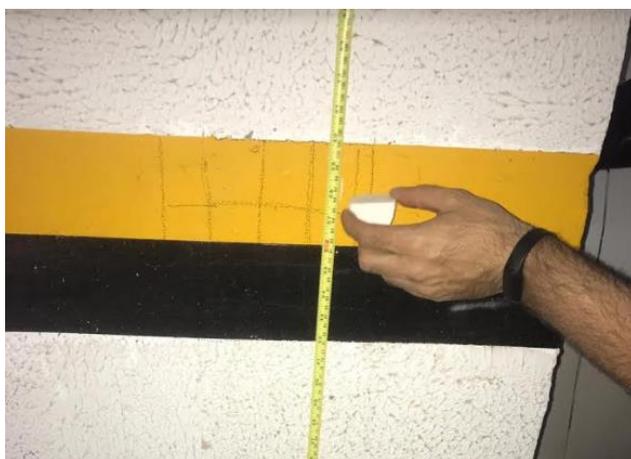


Figura 79 – Medição do comprimento onde seria feito o ensaio na peça (Pilar entre vagas 413 B e 414 B)

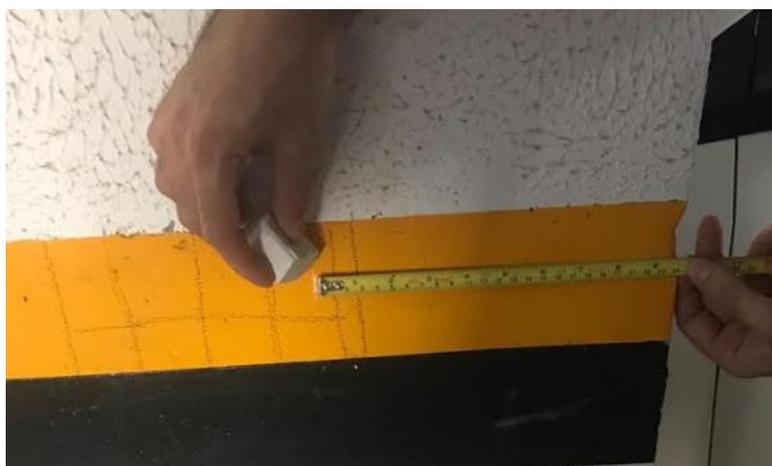


Figura 80 – Medição da dimensão da peça de concreto (Pilar entre vagas 413 B e 414 B)



Figura 81 - Calibração do equipamento usando a barra de referência



Figura 82 – Realização do Ensaio de Ultrassonografia (Pilar entre vagas 413 B e 414 B)



Figura 83 – Realização do Ensaio de Ultrassonografia (Viga entre vagas 401B e 402B)



Figura 84 - Localização da edificação



(Fonte: Google Earth).

Figura 85 – Ordem de inspeção da cobertura do Edifício Porto Real.



Figura 86 - Telha da cobertura. (a) Tratamento pontual; (b) Deformação da telha.



(a)



(b)

Figura 87 – Fissura na casa de máquinas

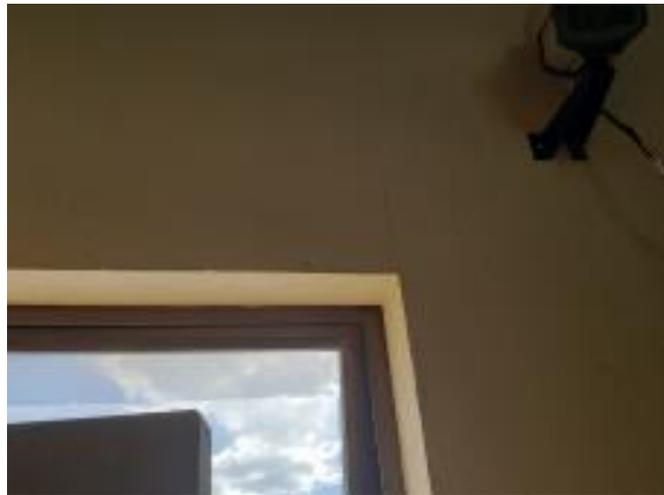
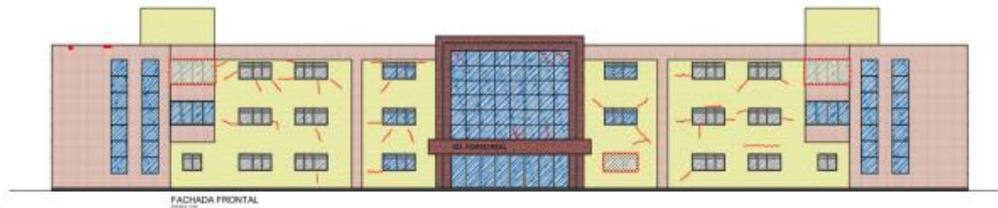


Figura 88 – Cobrimento nominal das barras de aço do teto da cobertura.



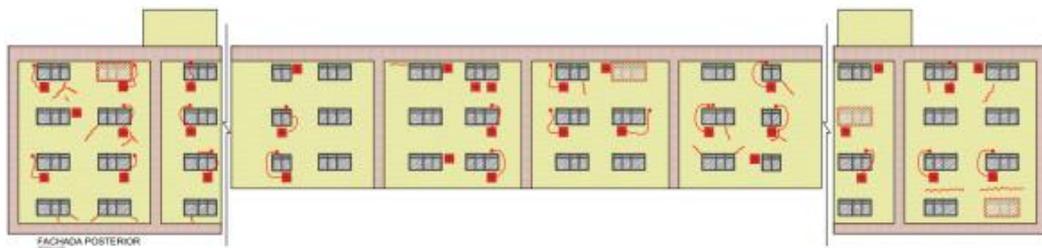
Figura 89 - Fachada frontal do edifício D.



LEGENDA:



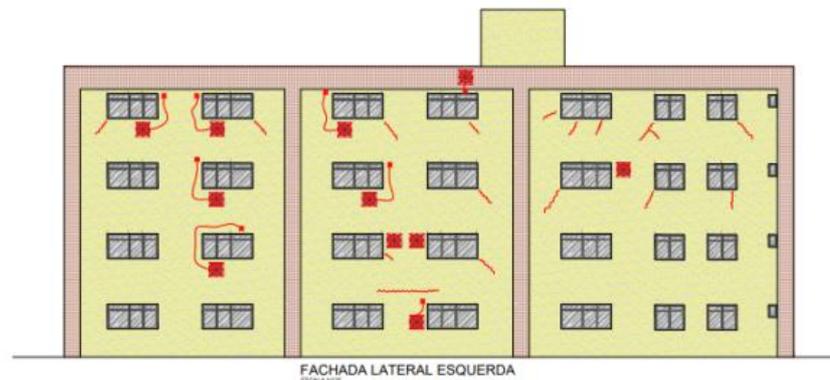
Figura 90 - Fachada posterior do edifício D.



LEGENDA:



Figura 91 - Fachada lateral esquerda do edifício D.



LEGENDA:



Figura 92 - Fachada lateral direita do edifício D.



Figura 93 - Fissuras nos pilares da entrada do edifício. (a) Pilar apresentando fissura; (b) Pilar apresentando fissuras e um cabeamento exposto.



(a)

(b)

Figura 94 - Sinais de deslocamento, bolhas e infiltração no teto da entrada principal da edificação. (a) próximo a câmera; (b) próximo a fachada frontal.



(a)

(b)

Figura 95 - Fissura no canto da porta do apto 229.



Figura 96 - Fissuras pontuais no piso cerâmico.



Figura 97 - Piso cerâmico; (a) Falta de rejunte. (b) Falha na cerâmica.



(a)

(b)

Figura 98 - Rampa de acesso ao subsolo.



Figura 99 - Fissuras na parede das rampas.



Figura 100 - Rampas internas. (a) Fissura próxima a grade de captação de água; (b) Desgaste.



(a)

(b)

Figura 101 - Rampa de acesso. (a) Deslocamento; (b) Degrau com uma pequena vegetação



(a)

(b)

Figura 102 – Estufamento e deslocamento de cerâmica da parede do vizinho ao lado.

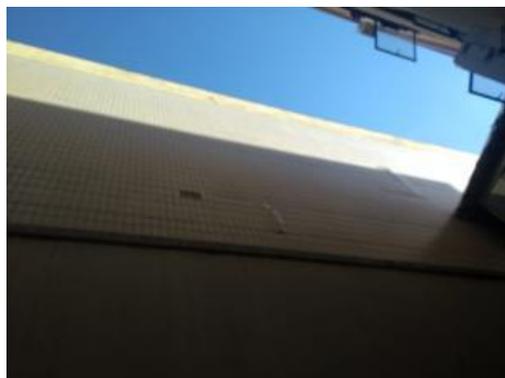


Figura 103 - Cobrimento nominal do concreto.



Figura 104 - Cobertura nominal insuficiente no piso, próximo à entrada do subsolo.



Figura 105 - Fissura próxima a casa dos sistemas elétricos.



Figura 106 - Fissura na junção do pilar e a viga.



Figura 107 - Fissura próxima a casa dos quadros elétricos.

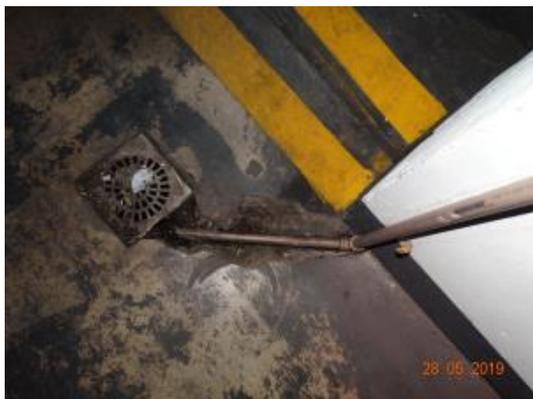


(a)



(b)

Figura 108 – Falha nos piso argamassado (a) 1º subsolo; (b) 2º subsolo.



(a)



(b)

Figura 109 - Infiltrações no teto dos subsolos.



Figura 110 - Sinais de infiltrações e estalactites.



Figura 111 - Umidade do piso do 2º subsolo.



Figura 112 - Tratamento paliativo com plástico das infiltrações.



Figura 113 - Tratamento paliativo com jornal amassado das infiltrações.



Figura 114 - Ausência do material selante



(a)

(b)

Figura 115 - Pilar com desgaste superficial.



Figura 116 - Fissura na parede do vestiário dos funcionários.



Figura 117 - Ensaio de pacometria



Figura 118 - Realização do ensaio de esclerometria.



Figura 119 – Localização Geográfica do Edifício C



Fonte: (Google Earth)

Figura 120 - Ordem de inspeção da cobertura do Edifício C



Figura 121 - Junta de dilatação



Figura 122 - Imagem ilustrativa do posicionamento dos reservatórios de água do Edifício C



Fonte: (Google Earth)

Figura 123 - Imagens dos reservatórios de água do Edifício



Figura 124 - Eflorescência do reservatório de água fria do Edifício



Figura 125 - Reservatório da prumada A. (a) Infiltração no pavimento inferior; (b) Fissura no interior do reservatório.



(a)

(b)

Figura 126 - Fachada frontal

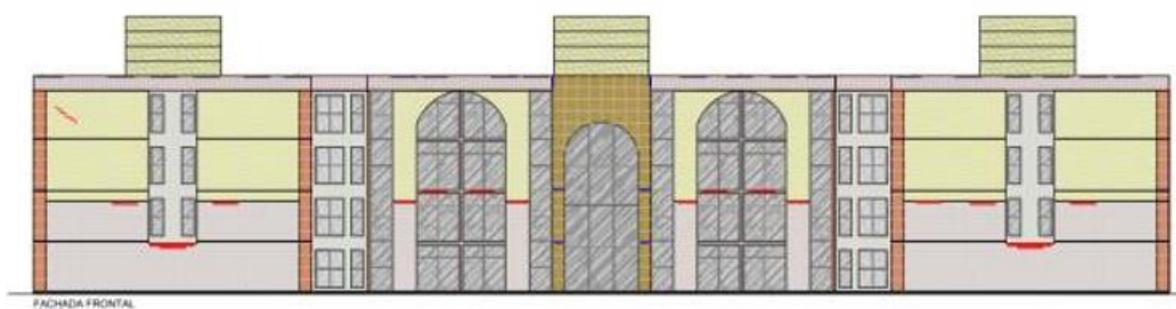


Figura 127 – Fachada posterior

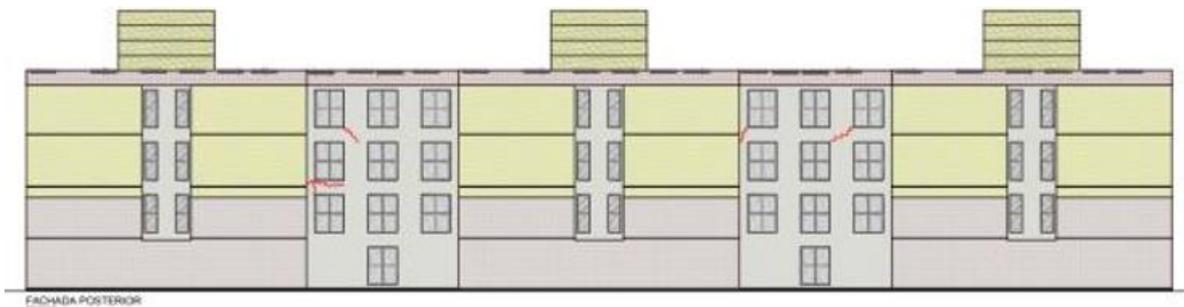


Figura 128 – Fachada lateral esquerda

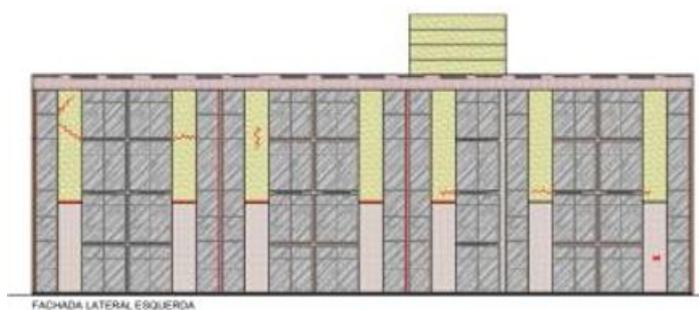


Figura 129 – Fachada lateral direita

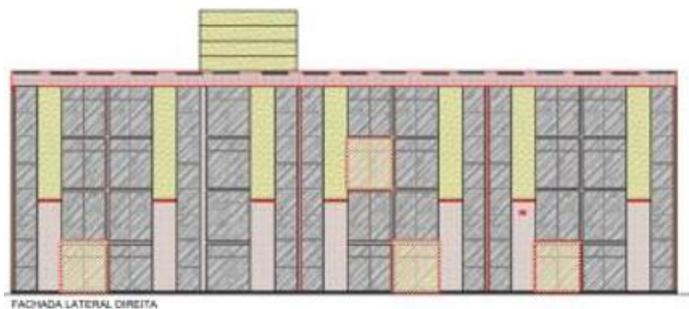


Figura 130 – Legenda das manifestações patológicas

LEGENDA:

- TELA DE PROTEÇÃO

- GANCHO DE FIXAÇÃO - TELA/PROTEÇÃO

- DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS

- TRINCAS E FISSURAS

- DESPLACAMENTO OU TRINCA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

- FALHAS NO REJUNTE

Figura 131 - Fissuras na mureta do jardim



Figura 132 – Fissuras nas vedações tipo cobogó do estacionamento



Figura 133 - Bolor na mureta do jardim



Figura 134 – Jardim da entrada do edifício



Figura 135 - Sinais de eflorescência no revestimento externo



Figura 136 – Visualização de fissuras na rampa de acesso



Figura 137 - Sinais de infiltrações provenientes da rampa de acesso e tratamento realizado



Figura 138 - Fissura abaixo da rampa de acesso, na parede da vaga 137.

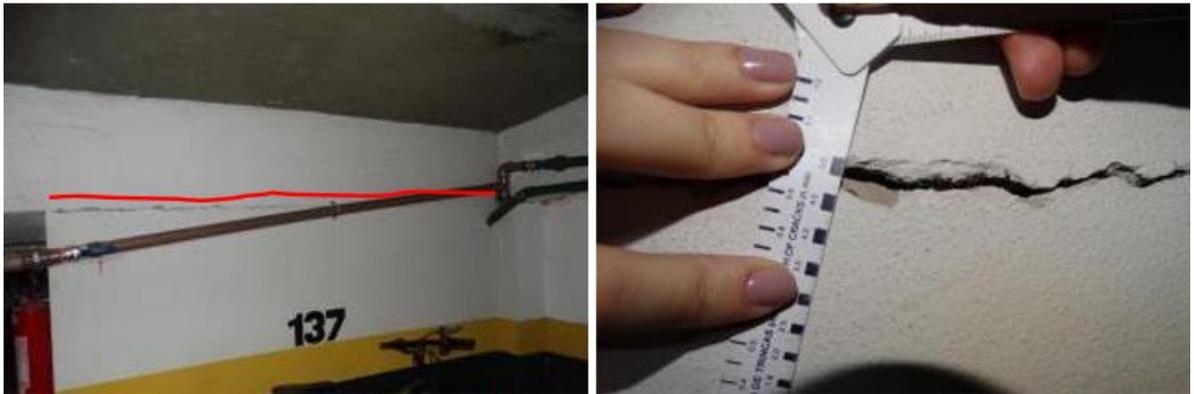


Figura 139 - Fissuras na laje nervurada (a) Fissura próxima a vaga 110; (b) Fissura próxima a vaga 123.



(a)

(b)

Figura 140 - Trincas/fissuras no piso (a) próximo à vaga 123; (b) Fissura próxima à vaga 126.



(a)

(b)

Figura 141 - Ausência de diamante ao redor do pilar



Figura 142 - Perfuração na laje nervurada.



Figura 143 - Corte no cobrimento viga e na laje nervurada



Figura 144 - Cobrimento insuficiente na laje nervurada

