

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

ADRIANA CRISTINA HAMMES

**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM COLÉGIO
ESTADUAL NA CIDADE DE CASCAVEL – PR**

**CASCAVEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

ADRIANA CRISTINA HAMMES

**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM COLÉGIO
ESTADUAL NA CIDADE DE CASCAVEL – PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora: Profª. Engenheira Civil Dra.
Ligia Eleodora Francovig Rachid**

**CASCADEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ADRIANA CRISTINA HAMMES

**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM COLÉGIO
ESTADUAL NA CIDADE DE CASCAVEL – PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora **Engenheira Civil Dra. LIGIA ELEODORA FRANCOVIG RACHID**.

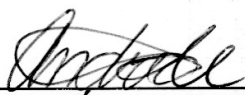
BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^a. **Dra. LIGIA ELEODORA FRANCOVIG RACHID**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil



Professor **Esp. GUILHERME PEROSSO**
Universidade Estadual de Maringá - UEM
Engenheiro Civil



Professora **Esp. ANDRÉA RESENDE SOUZA**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil

Cascavel, 28 de outubro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as graças alcançadas.

Aos meus pais Rosa e Miguel, que sempre me apoiaram em todas as dificuldades, me deram força e incentivo. Agradeço por todas as imensuráveis demonstrações de amor.

Agradeço a minha orientadora Professora Ligia Eleodora Francovig Rachid pela imensa ajuda. Por ter me acolhido em um momento crítico do processo e ter enfrentado comigo todas as dificuldades, ter me criticado e mostrado o melhor caminho. Agradeço pela sorte e honra de tê-la como orientadora.

Um muito obrigado a todos os professores do Curso de Engenharia Civil da FAG, por toda sabedoria transmitida.

E a todos que de alguma forma participaram dessa etapa tão importante.

Porque somos mortais, curtamente mortais, inevitavelmente mortais, tendemos a acreditar que tudo o que dura mais do que nós é eterno. Nossa crença, em realidade, é simplesmente desejo, ou talvez mentira que nos pregamos, por querermos acreditar que tudo aquilo que fazemos, que construímos, ou de que participamos da criação, brilhará para sempre no infinito.

Vicente Custódio Moreira de Souza

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o levantamento das manifestações patológicas de um Colégio Estadual do município de Cascavel-PR. A metodologia utilizada foi a vistoria do local, mapeamentos dos problemas e a anamnese da situação. Depois, analisou-se a relação entre as morfologias presentes no Colégio e as relatadas nas bibliografias. Finalmente, embasada em pesquisas bibliográficas, definiu-se a conduta para cada problema, indicando possíveis medidas corretivas. Para complementar e enriquecer esse levantamento, foi realizada a estimativa de custos para reparo da manifestação patológica mais grave. Dentre os problemas encontrados podem-se citar: as eflorescências, manchas escuras, mofo, fissuras, desagregação do concreto e corrosão das armaduras; oriundos de falhas nas etapas de concepção, execução e utilização. A maioria desses problemas não prejudica a funcionalidade das edificações do Colégio, porém, as fissuras por flexão e a corrosão das armaduras são consideradas manifestações patológicas que comprometem as estruturas. O Colégio Estadual tem 15 anos e até o momento não passou por nenhuma manutenção significativa. A estimativa de custo para correção da patologia mais grave que foi detectada, a desagregação do concreto com corrosão nas armaduras na base de 144 pilares, seriam necessários em torno de R\$ 2.281,04, sem contabilizar os custos de bonificação e despesas indiretas (BDI).

Palavras-chave: Patologias. Manutenção preventiva. Desagregação do concreto. Corrosão nas armaduras. Obras Públicas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Atuação da relação Custo/Desempenho no tempo.	18
Figura 2- Gráfico de Sitter.	19
Figura 3 - Origem dos problemas patológicos.	20
Figura 4 - Origem dos problemas patológicos.	21
Figura 5 - Recalque nas fundações posicionadas nas extremidades de uma parede contínua.	25
Figura 6 - Recalque nas fundações posicionadas no centro de uma parede contínua.	25
Figura 7 - Fissuras verticais que deslizam pelas camadas de argamassa de assentamento.	25
Figura 8 - Fissuras orientadas pelas aberturas.	25
Figura 9 - Movimentação da laje sob ação da elevação da temperatura.	26
Figura 10 - Trinca presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.	27
Figura 11 - Trinca presente no topo da parede paralela à largura da laje.	27
Figura 12 - Trinca horizontal na base da alvenaria por efeito da umidade do solo.	28
Figura 13 - Destacamento da argamassa no topo do muro.	29
Figura 14 - Fissuras por retração da argamassa de assentamento.	30
Figura 15 - Fissuras por retração da argamassa de reboco.	30
Figura 16 - Eflorescência em revestimentos.	31
Figura 17 - Manchas de mofo e bolor.	32
Figura 18 - Localização de Cascavel em relação ao Paraná.	35
Figura 19 - Localização do Colégio Estadual em relação ao município de Cascavel.	35
Figura 20 - Visão aérea do local do estudo de caso.	36
Figura 21 - Ampliações e reformas do Colégio Estadual.	37
Figura 22 - Clima nos dias 22 e 26/08/2016.	38
Figura 23 - Método de Lichtenstein.	39
Figura 24 - Croqui das edificações do Colégio.	41
Figura 25 - Legenda relacionando os símbolos geométricos e as regiões dos ambientes.	42
Figura 26 - Legenda relacionando os números e as tipologias das patologias.	42
Figura 27 - Fissuras inclinadas nas arestas das janelas.	44
Figura 28 - Fissuras verticais sob as janelas.	45
Figura 29 - Mapeamento das fissuras das janelas.	46
Figura 30 - Deficiência na impermeabilização das aberturas.	47
Figura 31- Fissuração típica em parede com aberturas, devido atuação de cargas.	47
Figura 32 - Movimentação diferenciada de tensões.	48
Figura 33 - Ilustração do avanço da contraverga.	49
Figura 34 - Execução recomendada de peitoril.	50
Figura 35 - Lado interno do muro do bloco 1.	50
Figura 36 - Lado externo do muro do bloco 1.	51
Figura 37 - Mapeamento das manifestações patológicas do muro do bloco 1.	51
Figura 38 - Sistema A para recuperação de fissuras.	53
Figura 39 - Primeira demão de selante acrílico.	53
Figura 40 - Ilustração de rufo ou cimalha.	54
Figura 41- Manchas de eflorescência na região posterior do portal.	55
Figura 42 - Manchas de eflorescência na região frontal do portal.	55
Figura 43 - Friso da superfície da alvenaria.	56
Figura 44 - Manchas escuras abaixo do topo do portal.	56

Figura 45 - Fissuras na região frontal do portal.....	57
Figura 46 - Fissuras na região posterior do portal.	58
Figura 47 - Mapeamento das manifestações patológicas do portal do colégio.	59
Figura 48 - Vista atual do portal.	60
Figura 49 - Vista no portal em 2011.	60
Figura 50 - Morfologia de fissuras causadas por movimentação térmica.....	62
Figura 51 - Morfologia das fissuras verticais em decorrência de sobrecargas.....	63
Figura 52 - Morfologia das fissuras horizontais em decorrência de sobrecargas.....	63
Figura 53 - Fissuras típicas nas arestas das aberturas causadas por sobrecarga.....	64
Figura 54 - Solução genérica para impermeabilização de alicerce.....	65
Figura 55 - Fissuras mapeadas e manchas escuras na central de GLP e poço de luz.	66
Figura 56 - Fissura horizontal na central de GLP.....	67
Figura 57- Fissura horizontal no poço de luz.	67
Figura 58 - Fissura horizontal no poço de luz em uma altura média.....	68
Figura 59 - Manchas de eflorescência da central de GLP.....	68
Figura 60 - Falta de drenagem no piso do poço de luz.	69
Figura 61- Manchas no revestimento cerâmico no refeitório dos funcionários.	69
Figura 62 - Fissura na parede do refeitório dos funcionários.....	70
Figura 63 - Mapeamento das manifestações patológicas em ambientes do bloco 7.	70
Figura 64 - Fissura horizontal decorrente da dilatação térmica da laje.	71
Figura 65 - Sistema E para recuperação de fissuras.	73
Figura 66 - Aplicação de selante acrílico com fibras de vidro.	74
Figura 67 - Falha do piso cerâmico do hall de entrada.....	75
Figura 68 - Argamassa de assentamento do piso cerâmico.....	75
Figura 69 - Mapeamento das manifestações patológicas e classificação dos pilares.	79
Figura 70 - Pilares em bom estado de conservação (Verdes).....	80
Figura 71- Pilares em médio estado de conservação (Amarelos).....	81
Figura 72 - Pilares em pior estado de conservação (Vermelhos).	83
Figura 73 - Piso em concreto alisado na região do saguão.	86
Figura 74 - Aresta entre o piso e o muro do canteiro de flores.	87
Figura 75 - Saguão atualmente.	88
Figura 76 - Imagem do saguão em 2013.....	88
Figura 77 - Galeria de águas pluviais existente no Colégio.....	89
Figura 78 - Solução proposta para drenagem de águas pluviais.....	90
Figura 79 - Calçada com deformações.....	90
Figura 80 - Árvore entre os blocos 3 e 4.....	91
Figura 81 - Árvore Angico branco.....	91
Figura 82 - Diâmetro aproximado da copa da árvore.	93
Figura 83 - Forro da cobertura do corredor do bloco 3.....	94
Figura 84 - Forro da cobertura do refeitório dos alunos.	94
Figura 85 - Cobertura em telhas cerâmicas.....	95
Figura 86 - Ondulação nas telhas do bloco 5.	95
Figura 87 - Mapeamento dos problemas no forro de madeira.....	96
Figura 88 - Manchas de mofo na parede do corredor da quadra.	98
Figura 89 - Rompimento e obstrução da calha da quadra.....	98
Figura 90 - Fissuras verticais na parede do corredor.	99
Figura 91 - Vista parcial da quadra de esportes em 2011.	99

Figura 92 - Problemas próximos ao bebedouro da quadra.....	100
Figura 93 - Fissura no piso da quadra de esportes.....	100
Figura 94 - Manifestações patológicas na quadra de esportes	101
Figura 95 - Solução proposta para drenagem das águas pluviais do corredor.	102
Figura 96 - Gráfico com a frequências das manifestações patológicas do Colégio	104
Figura 97 - Área de 3 faces	106
Figura 98 - Área de uma face.	106
Figura 99 - Volume do grauteamento.	107
Figura 100 - Estimativa de custos para reparo nos pilares.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos pilares.....	78
Tabela 3 - Manifestações patológicas levantadas por ambiente.....	103
Tabela 2 - Relação entre patologias e locais onde se manifestaram.....	104
Tabela 4 - Frequência das manifestações patológicas mais graves	105

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
CAPÍTULO 2	17
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1.1 Manutenção de obras públicas	17
2.1.2. Patologia das edificações	17
2.1.3 Custo da recuperação em função do tempo	18
2.1.4 Origem das manifestações patológicas	19
2.1.5 Tipos de patologias	23
CAPÍTULO 3	34
3.1 METODOLOGIA	34
3.1.1 Tipo de estudo	34
3.1.2 Caracterização do local do estudo de caso	34
3.1.3. Evolução dos ambientes construídos	36
3.1.4 Vistoria do local de estudo de caso	38
3.1.5 Método para levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas	38
3.1.6 Levantamento de subsídios	39
3.1.7 Diagnóstico da situação	43
3.1.8 Definição de conduta	43
CAPÍTULO 4	44
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1.1 Manifestações patológicas levantadas	44
4.1.2 Síntese das manifestações patológicas por ambiente afetado	103
4.1.3 Frequência das manifestações patológicas no colégio	103
4.1.4 Definição da manifestação patológica para a estimativa de custos	105
4.1.5 Estimativa de custos	105
CAPÍTULO 5	109
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	111

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Para Helene (1988, p.15), “a patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, o mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.”

O estudo das manifestações patológicas é indispensável para entender o porquê do surgimento e do desenvolvimento delas, ou seja, é a busca pelo esclarecimento das causas. Esse conhecimento é fundamental para a prescrição de medidas corretivas, não apenas para que se possam realizar os reparos exigidos, mas também para se garantir que, depois de reparada, a estrutura não volte a se deteriorar (RIPPER e SOUZA, 1998). Dependendo de sua condição, a estrutura danificada, poderá passar por trabalhos de recuperação, reforço ou até mesmo de demolição (MACHADO, 2002).

As características construtivas modernas, como a busca pela maior economia possível e o uso máximo da capacidade dos materiais, têm favorecido o aparecimento de manifestações patológicas. Com o conhecimento preciso das propriedades dos materiais, pode-se reduzir o seu consumo, porém, o mínimo erro poderá comprometer a estrutura (VERÇOZA, 1991). A queda gradativa da qualidade das construções também está fortemente ligada a fatores como a concepção de projetos incompatíveis ou mal detalhados, a falta de compatibilização entre os projetos de instalação, a falhas de planejamento, a carência de especificações técnicas, a ausência de mão de obra qualificada, a falta de fiscalização e, por vezes, as imposições políticas de prazos e preços (THOMAZ, 1989).

Nas obras públicas, como é o caso do local tratado nesse trabalho, nota-se a falta da manutenção das edificações, principalmente a preventiva. Por vezes, os órgãos responsáveis pelas obras públicas priorizam apenas as execuções, enquanto que a manutenção, quando executada, é de caráter corretivo. Esse cenário torna-se crítico, pois como ocorre a deterioração gradativa das estruturas afetadas pelos problemas patológicas, em alguns casos, chega-se ao ponto da manutenção torna-se impraticável ou inviável (VITÓRIO, s/d).

Para Helene (1988, p.15) “os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como se podem estimar suas prováveis consequências”. Para tanto, esse trabalho visa realizar um levantamento das patologias presentes nas edificações de um Colégio Estadual localizado na

Cidade de Cascavel, procurando conhecer as manifestações presentes nas edificações e, dessa forma, determinar os possíveis fatores que influenciaram no desenvolvimento das patologias. O estudo minucioso das manifestações patológicas revela a prioridade de intervenção nestas, pois dessa forma, pode-se prever a gravidade das consequências de cada uma delas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Levantar as manifestações patológicas nas áreas internas e externas das edificações de um Colégio Estadual na cidade de Cascavel – PR.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a vistoria do local, com o levantamento e mapeamento das manifestações patológicas nas edificações do Colégio Estadual;
- Classificar por tipologia as manifestações patológicas nas edificações do Colégio Estadual;
- Estimar custos para reparos das manifestações patológicas mais graves.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com o intuito de facilitar os procedimentos em caso de futuras reformas ou ampliações, uma parceria entre o Núcleo Regional da Educação (NRE) de Cascavel e o Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fundação Assis Gurgaz possibilitou a realização desse trabalho. Com o desenvolvimento da presente pesquisa, busca-se fortalecer o banco de dados relacionado com a estrutura do colégio escolhido, e ainda, almeja-se apontar a prioridade de intervenção, caso essa seja realizada futuramente.

O conhecimento minucioso sobre as manifestações favorece o processo de recuperação das estruturas, fator extremamente importante para vida útil da edificação e de grande influência no custo das manutenções, pois, quanto antes as ocorrências patológicas forem descobertas e corrigidas, menor será a perda do desempenho das edificações e mais barata será a reabilitação (MACHADO, 2002).

Portanto, o estudo das manifestações presentes no Colégio Estadual é um primeiro passo na busca por intervenções, tentando incentivar medidas imediatas e, conseqüentemente, a redução do gasto de recursos financeiros, a melhora da qualidade e a maior durabilidade e vida útil das obras de gestão pública.

De modo geral, todo estudo das manifestações patológicas tende a contribuir para que elas não ocorram, pois como cita Ripper (1996, p.8), “Conhecendo os erros possíveis, sabe-se como evitá-los”. Sendo assim, o pleno conhecimento das causas possibilita que futuros erros sejam evitados. Entretanto, como aponta Verçoza (1991, p.8), “infelizmente, porém, há pouca bibliografia metodizada sobre a Patologia das Edificações” e como menciona Thomaz (1989, p.17), “a falta, entre nós, dos registros e divulgação de dados sobre os problemas patológicos retarda o desenvolvimento das técnicas de projetar e de construir”. Visando à importância desse assunto, viu-se a necessidade de contribuir para o fortalecimento desses estudos e, assim, minimizar os índices de problemas patológicos.

Outra preocupação é a relação que os estudantes têm com o ambiente escolar, pois, esses locais abrigam pessoas com a finalidade de adquirir conhecimento e cultura. Sendo assim, eles devem oferecer ambientes adequados para receber os estudantes e propiciar condições de aprendizagem (BETRAMÉ e MOURA, 2009). Para a pesquisadora Bárbara Barbora, “não é ponto pacífico que a infraestrutura da escola vai influenciar de forma definitiva na aprendizagem dos alunos, mas é possível perceber que a existência de alguns recursos básicos para o bom andamento escolar influencia no desempenho” (GAZETA DO PARANÁ, 2016).

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As manifestações patológicas comprometem a funcionalidade das edificações do Colégio Estadual localizado na cidade de Cascavel–PR?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esse trabalho se trata de um estudo de caso realizado nas dependências de um Colégio Estadual localizado no bairro Esmeralda da cidade de Cascavel - PR. As edificações totalizam uma área construída de 2270,97 m² em um espaço territorial de 7786,00m². Dentre as características construtivas das edificações, listaram-se algumas: estrutura em concreto,

parede em alvenaria, forro de madeira, cobertura com telha de barro e piso cerâmico. O estado de conservação é considerado bom, com índice 0,9 (GEOPORTAL DE CASCAVEL, 2016).

A pesquisa limitou-se ao levantamento de manifestações patológicas presentes nas áreas internas e externas das edificações, selecionando os ambientes mais afetados, sendo esses, os que apresentaram o maior índice de problemas ou os mais significantes. A observação incluiu a verificação das alvenarias, tetos, pisos, portas e janelas. Não foram consideradas as anomalias relativas às instalações elétricas e hidráulicas, nem as fundações.

O processo do levantamento foi delimitado pelo método de Lichtenstein, seguindo parcialmente as três etapas que o compõe: a de levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e a definição de conduta. A etapa de levantamento foi plenamente seguida realizando o levantamento de todas as manifestações patológicas, porém, nas outras duas etapas, considerou-se apenas o problema mais grave.

Quanto ao processo de levantamento de recursos para o diagnóstico dos fenômenos patológicos, não foram aplicados ensaios complementares, em virtude da falta de recursos financeiros, de tempo ou pela indisponibilidade de equipamentos específicos.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Manutenção de obras públicas

Para Vitorio (s/d, p.1), as manutenções em órgãos públicos são ineficientes, citando que:

É fato notório que a cultura dominante nos órgãos responsáveis pelas obras públicas de infraestrutura, nos níveis municipais, estaduais e federal, faz com que sejam priorizadas apenas as ações voltadas para a execução, não havendo maiores preocupações com as questões relacionadas à manutenção, em especial a preventiva. A manutenção corretiva por sua vez, na maioria dos casos, só é realizada quando a obra já está atingindo (ou já atingiu), o seu estado limite de utilização (VITÓRIO, p. 1, s/d)

2.1.2. Patologia das edificações

Tal como a patologia médica, a patologia das edificações estuda e identifica as causas dos problemas patológicos (diagnóstico) e sua correção (terapia). Afirma-se, portanto, que os defeitos nas construções são análogos a doenças humanas. Entre os defeitos, podem-se citar alguns como, rachaduras, manchas, descolamentos, deformações, rupturas, entre outros (VERÇOZA, 1991).

O crescimento do setor da construção civil desencadeou inovações e paralelamente a aceitação implícita de maiores riscos. O natural desenvolvimento tecnológico e o maior conhecimento das estruturas e os materiais, tiveram seu aprimoramento devido, principalmente, ao estudo e análise dos erros acontecidos. Porém, apesar da significativa evolução alcançada ainda existem sérias limitações ao desenvolvimento científico e tecnológico, além das ainda inevitáveis falhas involuntárias e os casos de imperícia (RIPPER e SOUZA, 1998).

Em países em desenvolvimento como o Brasil, conjunturas socioeconômicas têm conduzido as obras a velocidades maiores, porém, com problemas como o pouco rigor no controle dos materiais e serviços. Esse contexto desenvolveu condições para que os trabalhadores mais qualificados optassem por setores industriais melhor remunerados, resultando na consequente queda gradativa da qualidade das construções (THOMAZ, 1989).

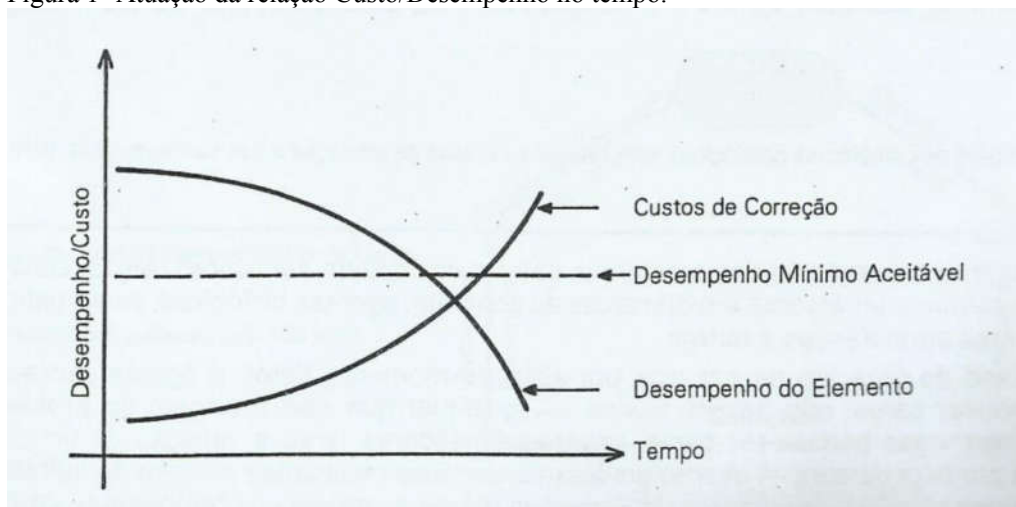
2.1.3 Custo da recuperação em função do tempo

No passado, as estruturas de concreto eram consideradas intrinsecamente duráveis, porém, a partir dos anos 1980, notou-se uma realidade oposta a essa (BERTOLINI, 2010). Em tempos modernos, é sabido que o concreto apresenta instabilidade com o passar do tempo, pois suas propriedades físicas e químicas se alteram conforme as condicionantes do meio ambiente (RIPPER e SOUZA, 1998).

Com o passar do tempo, além de causar o agravamento da própria condição, o fenômeno patológico pode desencadear outros problemas, como exemplo, uma fissura de momento fletor pode dar origem à corrosão da armadura (HELENE, 1988).

No gráfico da Figura 1, Helene (1988) demonstra que com o passar do tempo, ocorre uma gradativa perda no desempenho e o aumento dos custos de correção.

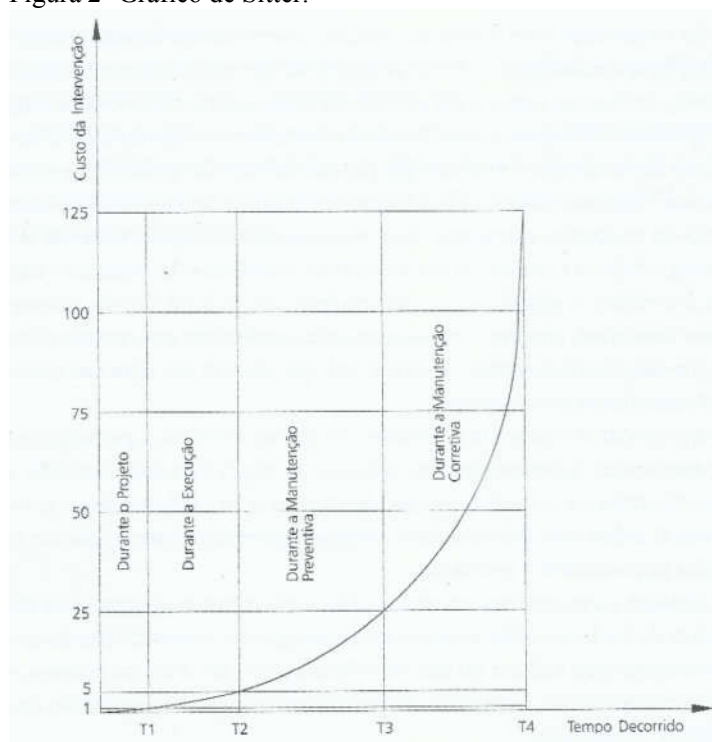
Figura 1- Atuação da relação Custo/Desempenho no tempo.



Fonte: HELENE, 1988.

Sobre os custos de reabilitação, o Gráfico de Sitter (Figura2) relaciona, seguindo uma progressão geométrica de razão 5, o aumento de custo de intervenção com o tempo decorrido, desde a fase de projeto até a fase de utilização. Como exemplo, uma ocorrência patológica prevista e evitada imediatamente, durante uma manutenção regular, irá custar 5 vezes menos do que se ela for reparada após sua ocorrência. (MACHADO, 2002).

Figura 2- Gráfico de Sitter.



Fonte: MACHADO, 2002.

2.1.4 Origem das manifestações patológicas

Com exceção dos problemas patológicos causados por catástrofes naturais, sendo essas de caráter imprevisível, pode-se dizer que eles têm suas origens em falhas que ocorrem em uma ou mais etapas do processo denominado construção civil, sendo este dividido em três etapas primárias: concepção, execução e utilização (RIPPER e SOUZA, 1998).

2.1.4.1 Patologias geradas na etapa de concepção

Os problemas provenientes da etapa de concepção de uma edificação têm sua origem relacionada aos processos de desenvolvimento do estudo preliminar, do anteprojeto ou do projeto de execução (RIPPER e SOUZA, 1998). A relevância dessa etapa está no fato dela orientar as demais fases do processo, pois definições concebidas por ela servirão de base para os demais passos. Portanto, um projeto mal elaborado trará complicações futuras, tanto na execução quanto após a conclusão do empreendimento (OLIVEIRA, 2013).

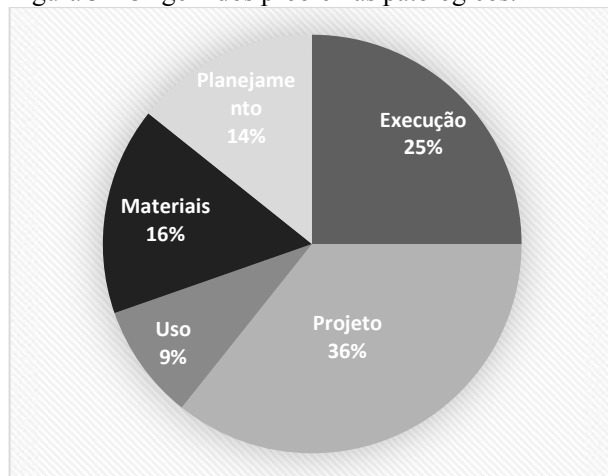
No Brasil, a fase de projeto representa em torno de 3 a 10% do custo do empreendimento o que é relativamente pouco, se comparada com a quantidade de problemas que pode resultar de um projeto mal concebido (SOUSA, 2014 *apud* TAN E LU, 1995).

A tentativa de economizar tempo com projetos pode se tornar uma opção onerosa, pois, a proporção das dificuldades técnicas e o custo para solucionar um problema são proporcionais a antiguidade da falha, o que se pode concluir que, os erros cometidos durante a fase de concepção são os mais complexos de se resolver (RIPPER e SOUZA, 1998).

Medidas como a compatibilização de projetos, detalhes executivos, especificação de materiais, o conhecimento das normas e a solução de interfaces projeto e obra, contribuem para a minimização de futuros problemas da execução do empreendimento, bem como, de possíveis patologias (SOUSA, 2014).

Segundo Helene (1988, p.17) “uma elevada porcentagem das manifestações patológicas tem origem nas etapas de planejamento e projeto”. Conforme o mesmo autor, os erros cometidos nessas etapas resultarem em problemas graves, o que também se torna um fator preocupante por contabilizarem um valor elevado, conforme o gráfico da Figura 3.

Figura 3 - Origem dos problemas patológicos.



Fonte: adaptado de HELENE, 1988.

2.1.4.2 Patologias geradas na etapa execução

Para os pesquisadores Antônio Carmona Filho e Arthur Marega, da Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado, citados por Verçoza (1991), as causas

das patologias apresentam outras estatísticas, sendo a etapa de execução a mais problemática, como representado na Figura 4.

Figura 4 - Origem dos problemas patológicos.



Fonte: adaptado de VERÇOZA, 1991.

São várias as falhas cometidas durante a etapa de execução que podem resultar em problemas patológicos, entre elas Ripper e Souza (1998, p.25) citam algumas, “falta de condições de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão de obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnicas e até mesmo sabotagem”.

Quanto maior for o conhecimento técnico dos trabalhadores sobre os materiais a usar e as estruturas a construir, menor a probabilidade de ocorrência de erros (RIPPER e SOUZA, 1998). Sendo assim, o conhecimento das consequências dos defeitos e suas causas nas edificações é primordial para todos os trabalhadores da construção, desde operários até engenheiros e arquitetos, sendo necessário um nível de conhecimento tão maior quanto a responsabilidade do profissional (VERÇOZA, 1991).

Em alguns casos os problemas patológicos são facilmente identificados entre os quais Ripper e Souza (1998, p.25) citam alguns, “falta de prumo, de esquadro e de alinhamento de elementos estruturais e alvenarias, desnivelamento de pisos, falta de caimento correto em pisos molhados, ou execução de argamassa de assentamento, para pisos cerâmicos, demasiadamente espessa e flechas excessivas em lajes”. Os erros cometidos na execução podem ainda levar a erros mais graves quando cometidos nas atividades como as de implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto (RIPPER e SOUZA, 1998).

Um erro cometido no início da execução do empreendimento é provável que seja sucedido por outros erros. Como exemplo, uma laje desnivelada pode resultar em um contrapiso desnivelado, e conseqüente, em problemas com a instalação de piso cerâmico. Também pode ocorrer de um erro ser consertado ainda durante a execução; porém, como esse erro normalmente não é previsto, nem sempre se faz um correto planejamento para consertá-lo. Podem ser erros que não se manifestam em um primeiro momento, mas que com o passar do tempo, revelam problemas patológicos.

2.1.4.3 Patologias geradas na etapa utilização

Depois de concluídas as etapas de concepção e execução, mesmo que tenham sido realizadas de forma adequada, as edificações podem vir a apresentar problemas patológicos, sendo nesse caso, decorrentes da falta de manutenção, ou seja, do uso inadequado das estruturas (RIPPER e SOUZA, 1998). Para o mesmo autor, a origem dos problemas está ligada a alguns fatores, sendo eles, o desconhecimento técnico, a incompetência, o desleixo e problemas econômicos por parte do responsável pela edificação.

Na revolução moderna da construção civil, o usuário é responsável como elemento participante da última etapa da edificação, a utilização. Ele deverá contribuir se dispondo a suportar os custos com o sistema de manutenção concebido pelos projetistas para garantir o desempenho previsto (RIPPER e SOUZA, 1998).

Segundo Ripper e Souza (1998, p.21), “entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a custo compensador”.

A NBR 5674 (ABNT, Manutenção de edificações – Procedimento, 1999, p.1) também expõe que a etapa de uso da edificação é integrante do processo de construção, já que “a manutenção de edificações é um tema cuja importância tem crescido no setor da construção civil, superando, gradualmente, a cultura de se pensar o processo de construção limitado até o momento quando a edificação é entregue e entra em uso”.

Para que o usuário saiba como proceder para realizar a manutenção da edificação, as construtoras devem fornecer a ele o Manual de operação, uso e manutenção ou também denominado simplesmente, Manual do usuário. A NBR 5674/1999 (p.1) o descreve como “documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação”.

Porém, nem sempre o usuário dispõe ou segue esse manual, e por essa razão pode vir a cometer algumas ações danosas à edificação. Entre essas ações podem-se destacar algumas como, sobrecargas, quando se ultrapassa a carga prevista em projeto; alterações estruturais indevidas em função das reformas; utilização de produtos agressivos; e a falta de inspeções periódicas para detecção de patologias (PINA, 2013).

2.1.5 Tipos de patologias

2.1.5.1 Patologia da umidade

Para Verçozza (1991), a umidade está entre os defeitos mais comuns das construções. Ele cita que além de ser muito frequente, ela ocasiona grandes estragos, como por exemplo, quando uma pequena infiltração no telhado pode inutilizar muitos equipamentos ou bens (VERÇOZA, 1991).

A umidade é responsável pelas manifestações de patologias como a eflorescência, ferrugem, perda de pinturas, de rebocos e em alguns casos, de acidentes estruturais. Identificar a causa do surgimento das infiltrações nem sempre é tarefa fácil, pois os pontos de vazamento nas impermeabilizações normalmente são ocultos (VERÇOZA, 1991).

No que se refere à umidade presente nas edificações, Ripper (1996) relata que:

A umidade é o maior inimigo das construções e da saúde dos seus ocupantes. E é justamente contra este mal que não se tomam muitos cuidados nas obras, por falta de conhecimentos das soluções corretas ou por falta de senso de responsabilidade, partindo-se para soluções mais baratas, mesmo por simples negligência do pessoal encarregado da execução. É de se admirar que justamente em regiões como a nossa, onde são frequentes chuvas em grandes quantidades e intensidades, notam-se frequentemente falhas neste particular. Principalmente nas residências, não é bem cuidada a proteção da alvenaria e dos pisos contra a umidade, a negligência no tratamento dessa proteção é como que um crime contra a saúde dos ocupantes (RIPPER, 1996, p.65).

A umidade nas construções pode ser oriunda da fase de construção, por capilaridade, chuva, vazamentos em redes e por condensação. Na fase de construção, a umidade é originada pelas águas usadas para concretos, argamassas, pinturas, entre outros, mas que secam após algum tempo. Por capilaridade, a umidade é levada do solo, por capilares do próprio material de construção, para a superfície dos revestimentos. As infiltrações providas de água de chuva são inconstantes, pois o aparecimento delas pode variar conforme alguns fatores, dentre eles, a direção e velocidade do vento, intensidade de precipitação e a umidade do ar. Os

vazamentos em redes de água, pluviais e esgoto são complicados para se corrigir, pois sua localização é dificultada por estarem, na maioria das vezes, encobertos pela construção. A umidade de condensação é aquela que já está presente no ambiente e que se deposita nas superfícies dos materiais (VERÇOZA, 1991).

2.1.5.2 Fissuras de recalque

Problemas com as fundações são causas frequentes de rachaduras e outras lesões em prédios, sendo que o mais comum é o recalque diferencial (VERÇOZA, 1991).

“Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e não raras vezes material orgânico. Sob efeito de cargas externas todos os solos, em maior ou menor proporção, se deformam” (THOMAZ, 1989, p.83).

A fundação descarrega no solo a carga por ela recebida dos pilares, ao se deformar, o solo leva consigo a fundação, gerando o recalque.

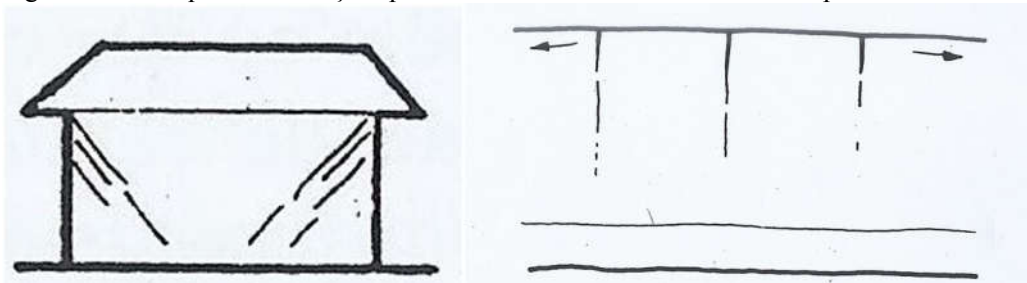
Para Verçoza (1991), a amplitude do recalque depende da carga aplicada e da resistência do solo. Quando essas grandezas atuam de forma variada ao longo do plano das fundações, formam-se recalques diferenciados, sendo esses, responsáveis por causar tensões na estrutura, e consequente desenvolvimento de trincas (THOMAZ, 1989).

A deformação do solo pode ocorrer de duas formas: por mudança de forma ou redução de volume. A primeira dá-se em argilas duras ou areias compactas, quando em função da atuação de cargas e do módulo de deformação, o solo tem sua forma alterada. A segunda, presente em solos fofos e moles, acontece pela percolação da água contida no bulbo de tensões, para regiões sujeitas a pressões menores, resultando assim, na diminuição do volume do solo (THOMAZ, 1989).

Geralmente, as fissuras causadas por recalques diferenciais são inclinadas, apresentando aberturas maiores em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Podem apresentar também, esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios de tensão de cisalhamento que as provocaram (THOMAZ, 1989).

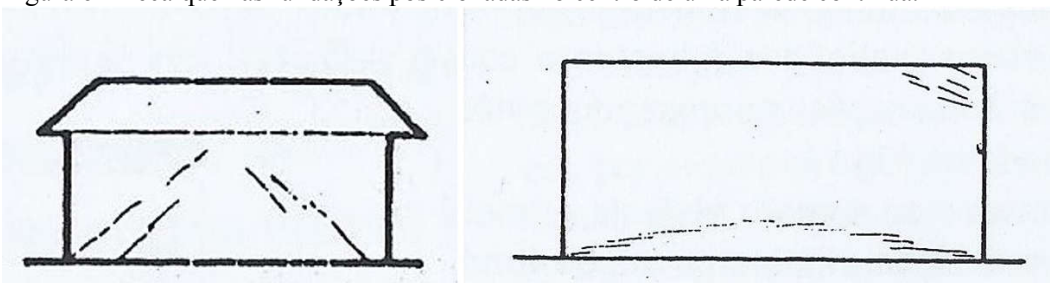
As Figuras 5, 6, 7 e 8, demonstram as principais configurações típicas de trincas causadas por recalques.

Figura 5 - Recalque nas fundações posicionadas nas extremidades de uma parede contínua.



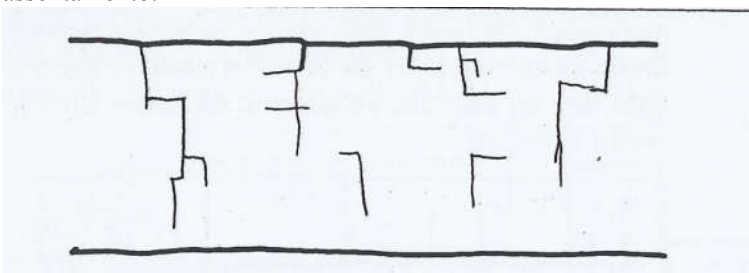
Fonte: VERÇOZA, 1991.

Figura 6 - Recalque nas fundações posicionadas no centro de uma parede contínua.



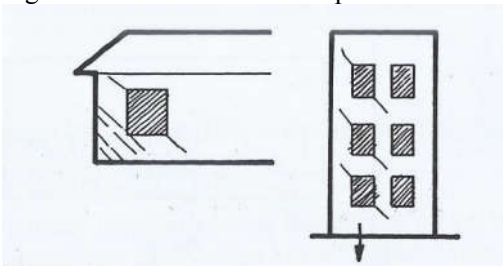
Fonte: VERÇOZA, 1991.

Figura 7 - Fissuras potencialmente verticais que deslizam pelas camadas de argamassa de assentamento.



Fonte: VERÇOZA, 1991.

Figura 8 - Fissuras orientadas pelas aberturas.



Fonte: VERÇOZA, 1991.

2.1.5.3 Fissuras de movimentação térmica

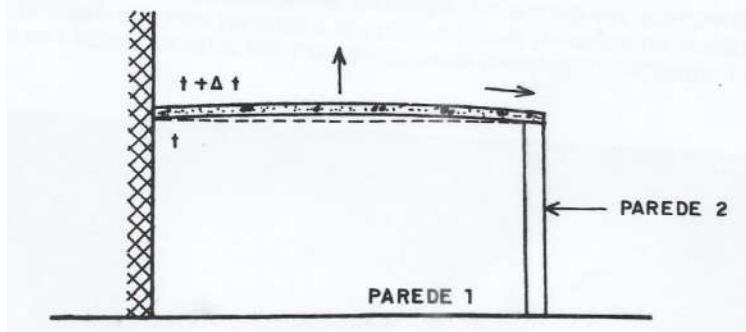
De forma sazonal ou diária, os materiais empregados nos elementos das construções, estão sujeitos a variações de temperatura, sofrendo dilatações com o aumento de temperatura, e a contrações com a sua diminuição. Vínculos das estruturas que envolvem esses elementos restringem a variação dimensional dos mesmos, desenvolvendo assim, tensões que podem provocar o aparecimento de fissuras (THOMAZ, 1989).

As movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade de variação de temperatura. Portanto, a atuação desses fatores nos materiais resulta em movimentações térmicas diferenciadas. Essas movimentações podem vir a ocorrer em função de materiais expostos às mesmas variações de temperatura, com coeficientes de dilatação térmica diferentes. Ou ainda, quando possuem um gradiente de temperatura ao longo de sua extensão e quando elementos diferentes são expostos às mesmas condições térmicas (THOMAZ, 1989).

O sol é o principal responsável pela variação de temperatura dos componentes, sendo que sua intensidade depende da intensidade da radiação solar (direta e difusa), da absorvência da superfície do elemento à radiação (varia conforme a cor da superfície), da emitância da superfície, da condutância térmica, entre outras propriedades térmicas (THOMAZ, 1989).

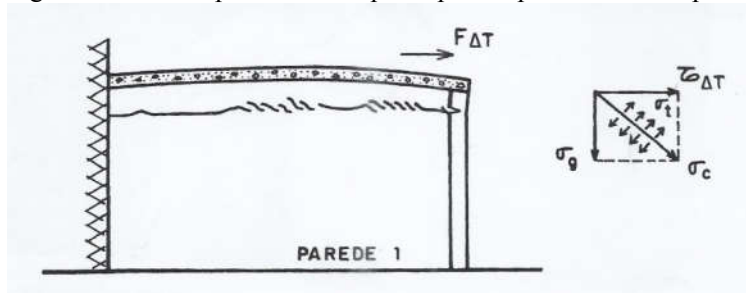
Os elementos parede e laje, normalmente encontram-se vinculados entre si, ao passo que quando a laje sofrer dilatação térmica e consequente abaulamento (Figura 9) introduzirá tensões de tração e cisalhamento das paredes, configurando as trincas típicas demonstradas na Figura 10 e na Figura 11 (THOMAZ, 1989).

Figura 9 - Movimentação da laje sob ação da elevação da temperatura.



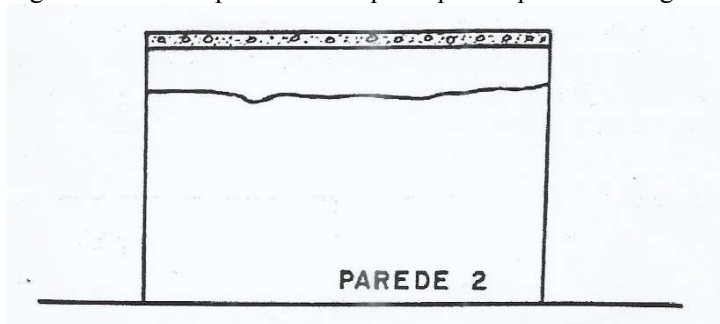
Fonte: THOMAZ, 1989.

Figura 10 - Trinca presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.



Fonte: THOMAZ, 1989.

Figura 11 - Trinca presente no topo da parede paralela à largura da laje.



Fonte: THOMAZ, 1989.

2.1.5.4 Fissuras de infiltração e movimentação higroscópicas

As fissuras causadas pela movimentação higroscópica têm origem na variação dimensional sofrida pelos elementos porosos que expandem na presença de umidade higroscópica excedente, e contraem quando esta água evapora (THOMAZ, 1989).

Segundo Thomaz (1989, p.37), “as aberturas poderão variar em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou da umidade”.

Dois tipos de movimentação podem ocorrer nos materiais: as irreversíveis e as reversíveis. A primeira acontece logo após a fabricação do material, em decorrência da perda ou ganho de água até que ele atinja a umidade higroscópica de equilíbrio; a segunda é causada pela variação do teor de umidade do material, porém essa movimentação é delimitada até um determinado intervalo (THOMAZ, 1989).

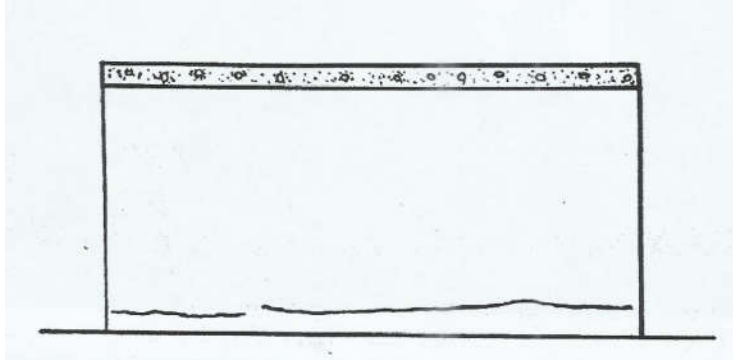
A umidade pode ter acesso aos materiais durante o processo de produção, quando se adiciona uma quantidade de água superior a necessária para a realização das reações químicas de hidratação; durante a execução, que consiste no exagero de água usada para o processo de

assentamento de elementos na alvenaria; através da absorção da umidade contida no ar e pela água ascendente por capilaridade, proveniente do solo (THOMAZ, 1989).

A capilaridade, o fator mais importante que rege a variação do teor de umidade, é causada pela tensão superficial dos líquidos. Para o entendimento do processo, Verçozza (1983) exemplifica que se observada a borda de um líquido em um copo, se notará que a superfície se curva, formando mísulas, em decorrência da tensão superficial. Quando houver a união dessas mísulas nas paredes dos capilares dos materiais, a resultante de tensão irá ascender o líquido pelos capilares, até que haja equilíbrio entre ambas.

Uma das manifestações patológicas causada pela capilaridade pode ser observada na base das paredes. Trincas horizontais são formadas (Figura 12) pela movimentação diferenciada entre o material úmido (próximo ao solo) e o material superior, que se encontra mais seco e sujeito a maior insolação. Nesse caso, a impermeabilização mal executada dos alicerces, facilita a passagem da umidade presente no solo para a alvenaria (THOMAZ, 1989).

Figura 12 - Trinca horizontal na base da alvenaria por efeito da umidade do solo.

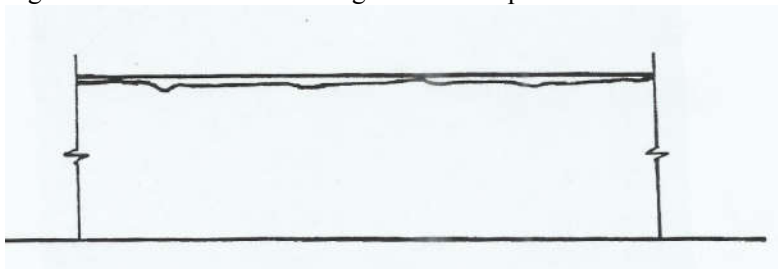


Fonte: THOMAZ, 1989.

Nas argamassas de revestimento, a impermeabilização deficiente da superfície, associada com as movimentações térmicas, provoca, em decorrência do umedecimento e secagem, microfissuras formando assim, aberturas que agravam a patologia por permitirem a infiltração da água (THOMAZ, 1989).

A infiltração na argamassa de revestimento também pode provocar o destacamento dela da alvenaria. Esse fato ocorre pela movimentação diferenciada entre argamassa e alvenaria, provocada essencialmente pela diferença de umidade entre elas. Topo de muros, peitoris e platibandas são locais típicos de acontecer esse fenômeno, como demonstra a Figura 13 (THOMAZ, 1989).

Figura 13 - Destacamento da argamassa no topo do muro.



Fonte: THOMAZ, 1989.

2.1.5.5 Fissuras de retração

Sobre a hidratação do cimento Thomaz (1980) define que:

A hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis, ocorrendo na hidratação uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros. De acordo com Helene, para que ocorra a reação química completa (estequiométrica) entre água e os compostos anidros é necessário cerca de 22 a 32% de água em relação a massa de cimento. Para a constituição do gel é necessária uma quantidade adicional em torno de 15 a 25%. Em média, uma relação água/cimento de aproximadamente 0,40 é o suficiente para que o cimento se hidrate completamente (THOMAS, 1989, p. 103).

Para alcançar uma maior trabalhabilidade, normalmente se adiciona água em quantidade superior a necessária para a preparação do concreto ou argamassa. Essa quantidade excedente fica livre no interior da massa e posteriormente, sua evaporação gera uma compressão isotrópica na massa, diminuindo seu volume. Esse processo é designado como retração de secagem, sendo inclusive, o fator que mais causa retrações nos compostos constituídos por cimentos (THOMAZ, 1989).

A retração também pode ocorrer por carbonatação, quando uma redução de volume acontece, após a cal hidratada, liberada na hidratação do cimento, reagir com o oxigênio presente no ar, formando o carbonato de cálcio. Pode acontecer ainda, de a retração ocorrer em função da combinação química da água, quando forças interiores de coesão ocasionam a redução de aproximadamente 25% do volume original (THOMAZ, 1989).

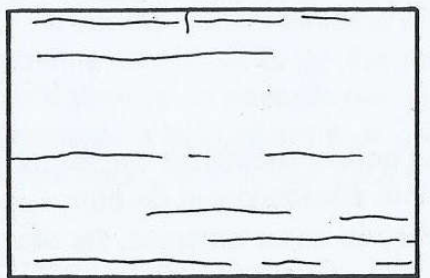
Fatores como a composição química e finura do cimento; a granulometria e a natureza dos agregados e as condições de cura, também interferem na retração do concreto ou argamassa (THOMAZ, 1989).

Quando se reboca uma parede sem deixar que a argamassa de assentamento seque, fissuras horizontais podem vir a surgir (Figura 14). Isso ocorre porque quando a argamassa

terminar de secar, mesmo que com velocidade de evaporação da água reduzida, irá retrair e provocar o esmagamento do reboco seco (VERÇOZA, 1991).

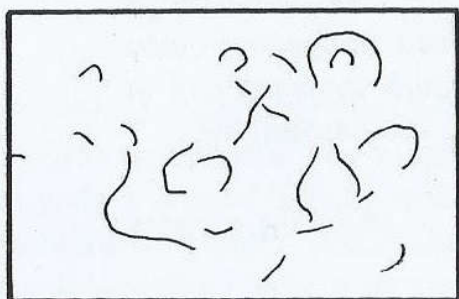
Fissuras que formam desenhos irregulares, chamadas de fissuras mapeadas (Figura 15) observadas nos rebocos, são formadas pela retração da argamassa quando essa não é curada adequadamente. A água necessária para hidratação evapora antes que a reação do cimento termine (VERÇOZA, 1991).

Figura 14 - Fissuras por retração da argamassa de assentamento.



Fonte: VERÇOZA, 1991.

Figura 15 - Fissuras por retração da argamassa de reboco.



Fonte: VERÇOZA, 1991.

2.1.5.6 Eflorescência

Eflorescência é o aparecimento de formações salinas na superfície dos materiais. Na maioria dos casos, os sais solúveis que formam essas salinas são parte integrante do material de construção. Ao serem atravessados pela umidade, são dissolvidos. Quando a solução migrar para a superfície do material, a água irá evaporar, mas os sais se depositam (VERÇOZA, 1991).

A água presente nos materiais, que dissolve os sais, pode ser proveniente, segundo Bauer (2001, p. 923), “da umidade do solo; da água de chuva, acumulada antes da cobertura da obra ou infiltrações através das alvenarias, aberturas ou fissuras; de vazamentos de

tubulações de água, esgoto, águas pluviais; da água utilizada na limpeza e de uso constante em determinados locais”.

As eflorescências, na maioria dos casos, segundo Verçoza (1991, p. 28), “são causadas por sais de cálcio, de sódio, de potássio, de magnésio ou de ferro; raramente por outros”. A origem dos sais pode ser proveniente do uso de cimentos álcalis, que na hidratação podem transformar-se em sódio e potássio; da água ou areia de amassamento, que podem ter em sua composição cloretos e sulfatos; da composição dos blocos de concreto, que podem apresentar sais provenientes da fabricação, entre outros fatores que propiciam em suas reações a presença de sais solúveis no material (BAUER, 2001).

A superfície na qual a eflorescência se deposita pode sofrer alterações em sua aparência, o que normalmente resulta apenas em mau aspecto (Figura 16). Porém em casos mais graves, pode causar o descolamento dos revestimentos ou pinturas, desagregação das paredes e até queda de elementos construtivos (VERÇOZA, 1991).

Figura 16 - Eflorescência em revestimentos.



Fonte: IBAPE/BA, 2006.

2.1.5.7 Mofo/Bolor

O mofo é a manifestação de um tipo de microrganismo pertencente ao grupo dos fungos. Sua morfologia pode ser observada, devido à grande quantidade, macroscopicamente na superfície de diferentes materiais (YAZIGI, 2009). Apresenta-se através de manchas que normalmente possuem coloração preta (Figura 17) ou ainda variada, conforme a cor do fungo (VERÇOZA, 1991).

Figura 17 - Manchas de mofo e bolor.



Fonte: IBRACON, 2013.

Por não possuírem clorofila como nas plantas, os fungos não produzem seu próprio alimento. Para isso, eles segregam enzimas responsáveis pela decomposição de substâncias orgânicas que, após o processo, servirão de alimento para os fungos (VERÇOZA, 1991).

Para se desenvolverem, os fungos têm preferência por bases orgânicas, ambientes com umidade acima de 75% e temperaturas entre 10 e 35° C. Para combatê-los devem-se restringir essas condições. Para isso, é importante uma impermeabilização eficiente e uma boa ventilação, que faz secar as superfícies (VERÇOZA, 1991).

A umidade que causa condições propícias ao aparecimento dos fungos pode ser proveniente de infiltrações de água por trincas ou fissuras; por condensação do vapor de água na superfície das paredes, tetos ou pisos, causada principalmente pela falta de ventilação; ou ainda, proveniente do solo, onde a água percola por capilaridade através dos elementos em contato com o solo (YAZIGI, 2009).

2.1.5.8 Corrosão das armaduras e a desagregação do concreto

A boa durabilidade das estruturas de concreto armado depende, entre outros aspectos, da proteção que o concreto exerce sobre as armaduras. O cobrimento de concreto sobre as armaduras, além de formar uma barreira física de proteção, desenvolve sobre elas, uma camada passiva de alta alcalinidade (ANDRADE, 1992).

A camada passiva é formada por uma capa compacta e contínua de óxidos transparentes. Ela ocorre, em presença de certa quantidade de oxigênio, devido a substâncias como o hidróxido de cálcio e os álcalis, situarem os valores de pH, da fase aquosa contida dos poros do concreto, entre 12,6 e 14, explica Andrade (1992).

Apesar da proteção do concreto sobre as armaduras, fatores como o ambiente agressivo ou substâncias adicionadas durante o amassamento do concreto, podem provocar a destruição da capa passivante do aço e assim, a corrosão das armaduras. Substâncias como cloretos, adicionadas durante o amassamento ou, cloretos e substâncias ácidas, penetradas do exterior (ANDRADE, 1992).

A ação degradante do ambiente, tanto no concreto como nas armaduras, pode ser de diversas formas, entre elas, as do tipo físico, químico, biológico ou mecânico. Como exemplo do tipo físico, pode-se citar a degradação direta dos compostos do concreto (pasta de compostos de cimento e agregados), que podem induzir a corrosão das armaduras. Em outros casos, pode ocorrer o processo inverso, onde o ambiente determina a corrosão da armadura e o concreto acaba sendo afetado em um segundo momento (BERTOLINI, 2010).

Sobre a corrosão das armaduras Helene (1986, p. 5) cita que:

Nas regiões em que o concreto não é adequado, ou não recobre, ou recobre deficientemente a armadura, a corrosão torna-se progressiva com a consequente formação de óxi-hidróxidos de ferro, que passam a ocupar volumes de 3 a 10 vezes superiores ao volume original do aço da armadura, podendo causar pressões de expansão superiores a 15Mpa (HELENE, 1986, p.5).

O fenômeno da corrosão é menos propenso a ocorrer em concretos sãos e de boa qualidade (ANDRADE, 1992). Fatores como um bom cobrimento das armaduras, um concreto de alta compacidade, que seja homogêneo e possua um teor de argamassa adequado, garantem, por impermeabilidade, a proteção das armaduras de possíveis agentes agressivos externos (HELENE, 1986).

Portanto, se o projeto da estrutura, a mistura do concreto ou a execução da obra não forem feitos corretamente, pode ocorrer uma degradação precoce do concreto, dando origem a um processo que inicia na superfície e avança para o interior do material (BERTOLINI, 2010).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

Esse trabalho trata-se de estudo de caso, que tem por objetivo fazer o levantamento das manifestações patológicas, nas áreas internas e externas, de um Colégio Estadual localizado no Município de Cascavel, PR.

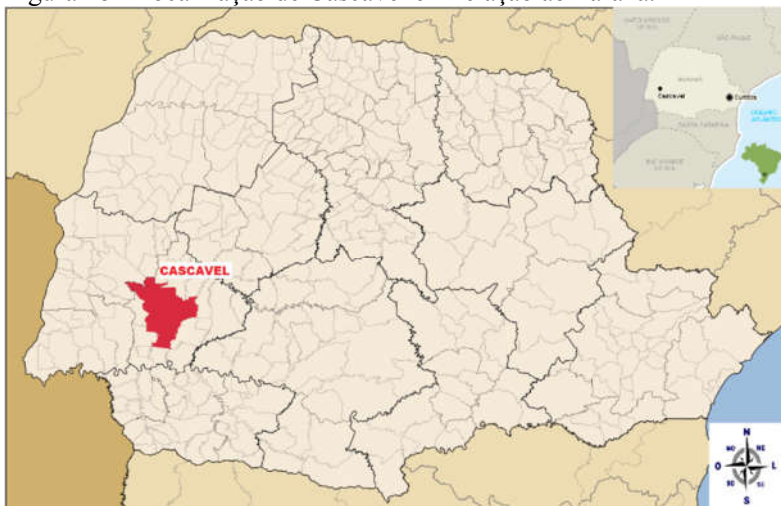
3.1.1 Tipo de estudo

O estudo de caso visa explorar de forma detalhada os fenômenos em seu contexto real, realizando o levantamento de evidências que possibilitem o desenvolvimento de suposições teóricas, para então prosseguir com a coleta e análise de dados. Para alcançar um estudo de qualidade são necessárias seis fontes de evidências: a documentação, os registros em arquivos, as entrevistas, a observação direta, a observação participante e os artefatos físicos (MIOTTO, 2010 *apud* YIN, 2001).

3.1.2 Caracterização do local do estudo de caso

O município de Cascavel, onde está edificado o local do estudo de caso, localiza-se na região oeste Paranaense, distante 491 km da capital, Curitiba, como pode ser observado na Figura 18. Tem altitude de 781 metros e área de 2.091,40 Km². O município foi emancipado em 14 de dezembro de 1952. Cascavel é conhecida como a Capital do Oeste Paranaense por ser o polo econômico da região e um dos maiores municípios do Paraná (PORTAL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL, 2016).

Figura 18 - Localização de Cascavel em relação ao Paraná.



Fonte: www.veroneseempreendimentos.com.br, 2016.

O estudo de caso desse trabalho trata-se de um Colégio Estadual de ensino fundamental e médio, da rede pública estadual, situado no Bairro Esmeralda, Rua Eden Luiz Figueiredo, 305, na cidade de Cascavel – PR, ilustrada a sua localização na Figura 19.

Figura 19- Localização do Colégio Estadual em relação ao município de Cascavel.

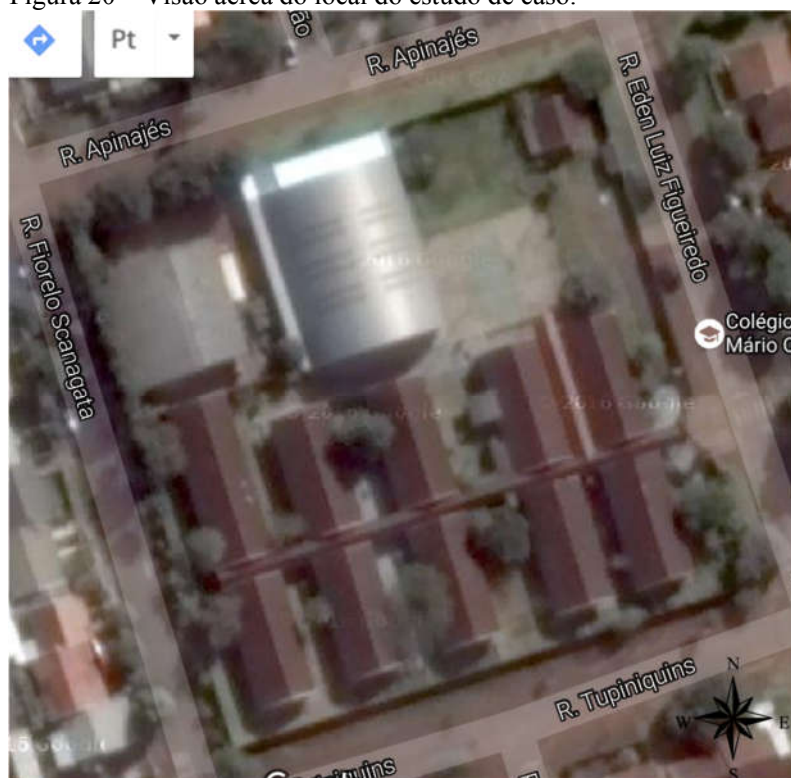


Fonte: www.geocascavel.cascavel.pr.gov.br, 2016.

A história desse colégio começou em 1997, no entanto, nessa época ele não tinha o atual nome, pois ainda se tratava de uma extensão de outro colégio e estava instalado em dependências alugadas. Em 1998 se consolidou com a atual denominação, porém, somente em 2001 passou a funcionar em instalações próprias, no endereço atual.

O espaço físico tem capacidade para atender em torno de 1500 alunos; compreende 15 salas de aula, biblioteca, sala de multiuso, laboratórios, refeitório, almoxarifado, mecanografia, cozinha, cantina, secretária, sala dos professores, sala para direção e quadra esportiva. A área construída é de 2.270,97m², em um espaço territorial de 7.786,00m². Pode-se ter uma ideia da amplitude do local pela ilustração da Figura 20.

Figura 20 – Visão aérea do local do estudo de caso.



Fonte: Google Maps, 2016.

3.1.3. Evolução dos ambientes construídos

A coordenação do Colégio não tem muitos registros sobre as ampliações e reformas realizadas no mesmo, afirmou apenas que os ambientes, refeitório dos funcionários, central de GLP, poço de luz, cantina, coordenação e parte do refeitório dos alunos foram edificadas em 2009 (paredes laranjadas).

Perante informações obtidas no *Google Maps*, conclui-se que a cobertura do corredor da quadra (hachura cinza) foi edificada depois de 2011. Por uma imagem observada em uma rede social do Colégio, deduz-se que o piso do saguão (hachura verde) foi feito depois de 2013. Os locais das ampliações e reformas podem ser observados na Figura 21.

Figura 21 – Ampliações e reformas do Colégio Estadual.



Fonte: AUTORA, 2016.

3.1.4 Vistoria do local de estudo de caso

Foram realizadas três visitas ao local de estudo de caso, a primeira em 22/08/2016, a segunda do dia 26/08/2016 e a terceira no dia 22/09/2016. A temperatura do primeiro dia foi a mais baixa, chegando a 9° Celsius às 21:30horas, os outros dois dias já foram mais quentes, na casa dos 21° Celsius às 22:07 horas, como pode ser observado na Figura 22. Todos os dias de visita foram ensolarados.

Figura 22 - Clima nos dias 22 e 26/08/2016.

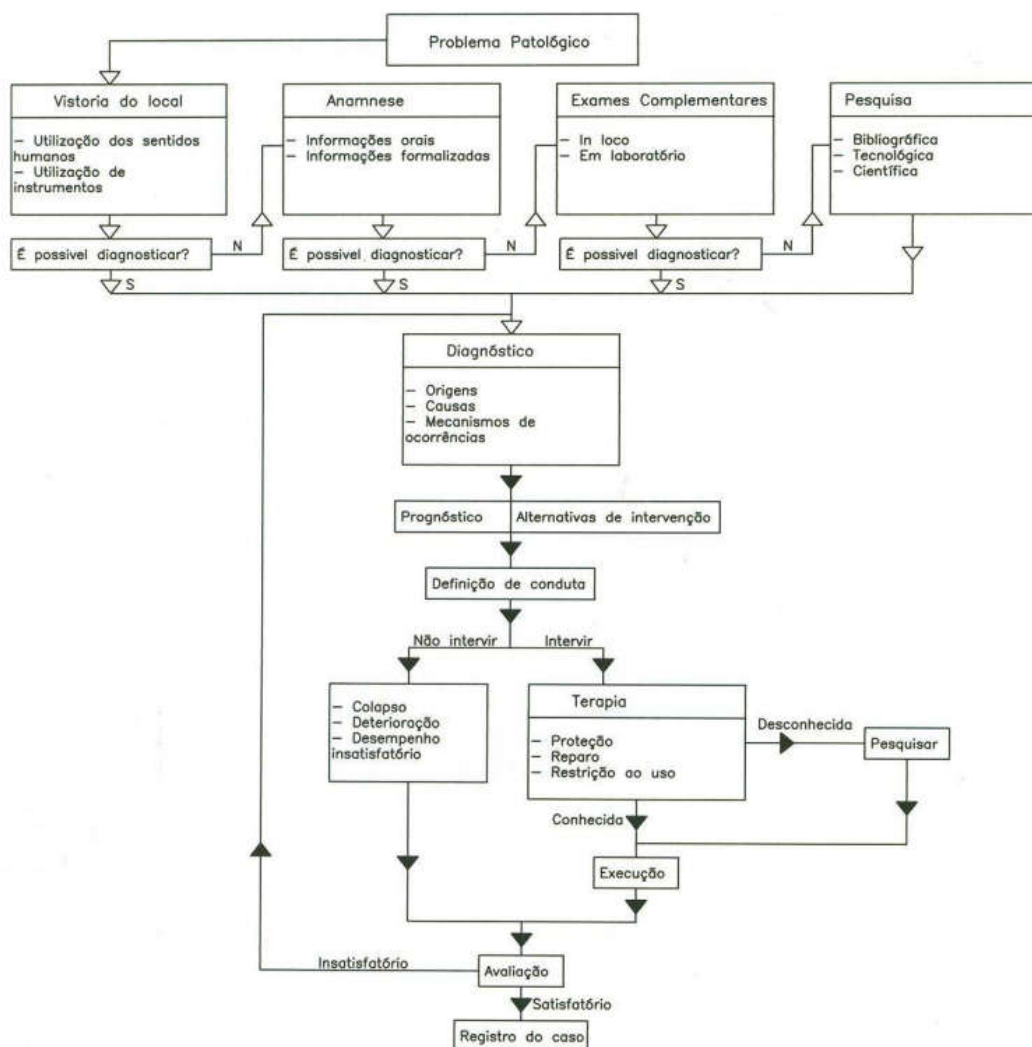


Fonte: CLIMATEMPO, 2016.

3.1.5 Método para levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas

Para realizar o levantamento das manifestações patológicas presentes no local do estudo de caso usou-se o método de Lichtenstein (Figura 23). O processo é dividido em três etapas: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e a definição de conduta.

Figura 23 - Método de Lichtenstein.



Fonte: LICHTENSTEIN, 1986.

3.1.61 Levantamento de subsídios

O levantamento de subsídios foi a etapa responsável por fornecer os dados necessários para a correta análise das manifestações patológicas (RIPPER e SOUZA, 1998). Ela foi completada através de duas fontes básicas de informações, a vistoria do local e o levantamento da história do problema e do edifício (anamnese do caso) (LICHTENSTEIN, 1986).

A vistoria do local foi o primeiro passo para o levantamento de subsídios. Durante esse processo, utilizou-se alguns instrumentos específicos e observou-se as características das manifestações patológicas, bem como, o entorno onde elas estavam inseridas, em particular,

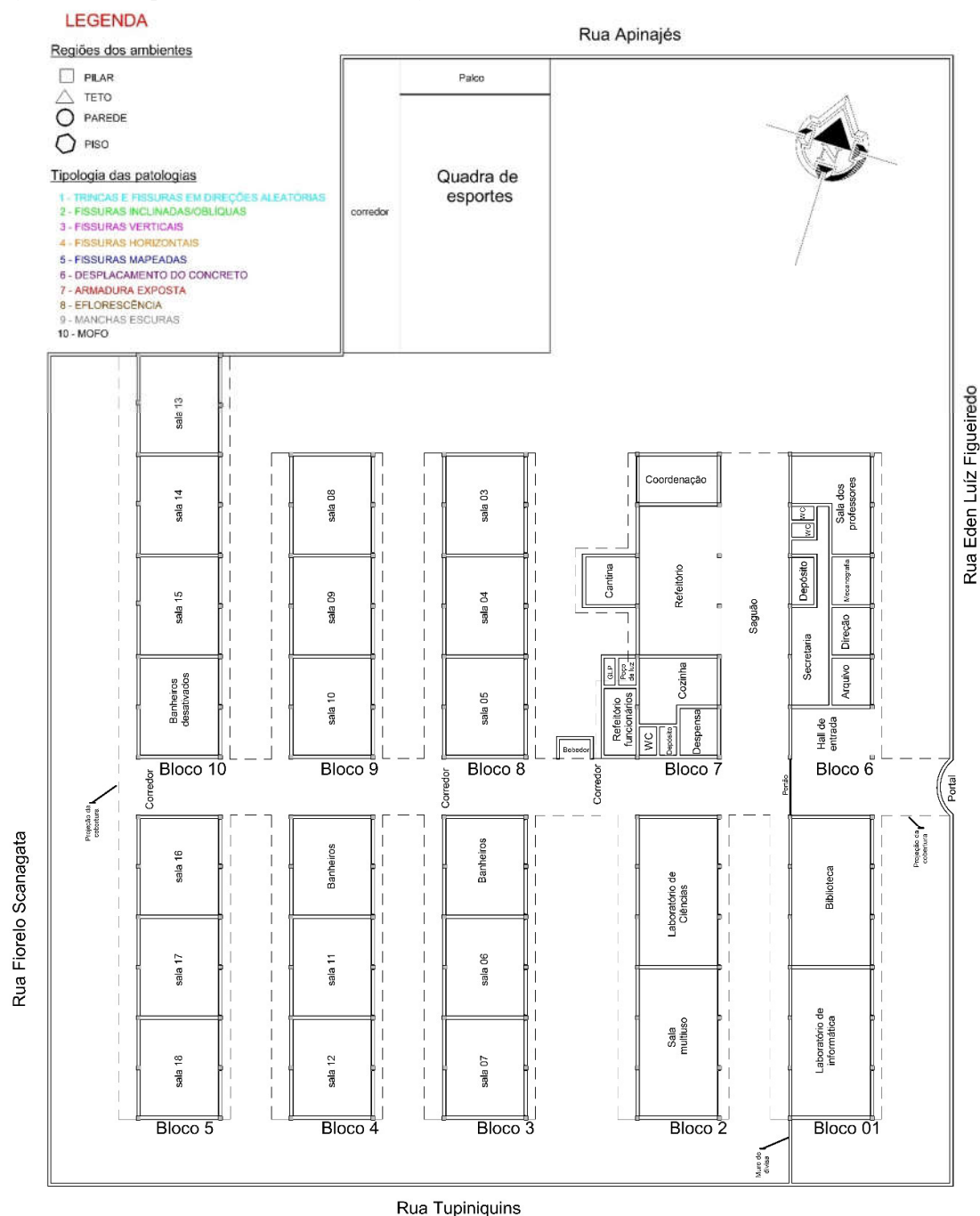
fatores potencialmente agressivos às estruturas. Dependendo do problema, já foi possível entender o fenômeno ocorrido (LICHTENSTEIN, 1986).

Dados relevantes como a data em que ocorreram as visitas, condições climáticas e a orientação solar, foram documentados. Também foram efetuados registros fotográficos das manifestações patológicas.

Com o intuito de organizar e facilitar a futura análise das manifestações desenvolveu-se um mapeamento destas. Cada anomalia foi registrada com o auxílio de um croqui das edificações do colégio (Figura 24).

As manifestações patológicas foram classificadas como casos, totalizando dez casos. Para classificá-las adotou-se como referência o local onde elas estavam inseridas, podendo ser um ambiente, uma região ou uma estrutura.

Figura 24 - Croqui das edificações do Colégio.

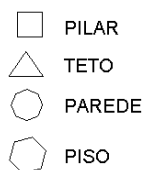


Fonte: AUTORA, 2016.

As regiões dos ambientes onde os problemas patológicos apareceram foram divididas em teto, parede, piso e pilares, atribuindo um símbolo (elemento geométrico) a cada uma delas, conforme Figura 25. Foi atribuído um símbolo (número) e uma cor para cada tipologia de manifestação patológica, sendo inserido na planta conforme a localização do problema correspondente.

Figura 25 - Legenda relacionando os símbolos geométricos e as regiões dos ambientes.

Regiões dos ambientes



Fonte: AUTORA, 2016.

Elas foram enumeradas durante a visita técnica, à medida que foram sendo identificadas, para posteriormente serem organizadas em uma legenda, conforme Figura 26.

Figura 26 - Legenda relacionando os números e as tipologias das patologias.

Tipologia das patologias

- 1 - TRINCAS E FISSURAS EM DIREÇÕES ALEATÓRIAS
- 2 - FISSURAS INCLINADAS/OBLÍQUAS
- 3 - FISSURAS VERTICAIS
- 4 - FISSURAS HORIZONTAIS
- 5 - FISSURAS MAPEADAS
- 6 - DESPLACAMENTO DO CONCRETO
- 7 - ARMADURA EXPOSTA
- 8 - EFLORESCÊNCIA
- 9 - MANCHAS ESCURAS
- 10 - MOFO

Fonte: AUTORA, 2016.

Em busca de informações complementares que pudessem colaborar com o processo anamnese da situação, foram feitas coletas de dados por meio de conversas informais para descobrir como as estruturas foram concebidas e as intervenções realizadas no decorrer da existência do colégio. Investigaram-se os dados relacionados com o projeto original e os projetos com modificações e ampliações; a existência de manutenções; a utilização das edificações; qual o método construtivo utilizado e os materiais empregados.

Ao final do levantamento as manifestações patológicas foram agrupadas e organizadas em gráficos, conforme sua tipologia, obtendo dessa forma, a mais frequente dentre elas.

3.1.7 Diagnóstico da situação

Na etapa do diagnóstico realizou-se a análise dos dados coletados na etapa anterior. Buscou-se o entendimento do comportamento da estrutura e de como surgiram e se desenvolveram os problemas patológicos. Também foi observado se as anomalias superficiais estariam ocultando problemas mais graves, bem como, a existência de mais de um fator gerador para uma mesma manifestação patológica (RIPPER E SOUZA, 1998).

Foram levantadas hipóteses para as causas dos problemas e com o complemento do progressivo processo de levantamento de dados, foi feita a gradativa eliminação de possibilidades. Dessa forma, se restringiu à hipótese ou as hipóteses mais coerentes (MIOTTO, 2010 *apud* LICHTENSTEIN, 1986).

3.1.8 Definição de conduta

Na etapa de o diagnóstico definiu-se a conduta a ser seguida, ou seja, a intervenção mais adequada para cada sintoma patológico. Porém, antes disso, foi considerada a possibilidade da evolução futura dos fenômenos (LICHTENSTEIN, 1986).

Para a decisão de qual conduta definir, foram considerados diversos fatores (econômicos, técnicos, de segurança, de conformo), concluindo assim, a viabilidade de recuperar ou reforçar a edificação, em função da extensão dos dados e dos possíveis custos envolvidos (RIPPER e SOUZA, 1998).

Também levaram-se em consideração, as condições das manifestações patológicas em relação a gravidade que elas apresentaram, onde em alguns casos elas apresentaram condições que poderiam comprometer a segurança das estruturas e em outros casos, que elas poderiam comprometer as condições de serviço e funcionamento da construção (HELENE, 1988).

Para realizar a estimativa de custos considerou-se a manifestação patológica mais grave e mais frequente. Para classificar a mais grave, usou-se relatos de bibliografias e para a mais frequente, fez-se tabelas quantitativas.

De posse das medidas corretiva dessa manifestação foi possível definir os serviços necessários e sua composição de custos. Para obtenção dos valores e estimativa do custo usou-se o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Manifestações patológicas levantadas

4.1.1.1 Caso 1 – Fissuras sob as janelas

- Levantamento de subsídios

Nas áreas internas dos ambientes foram observadas fissuras nas paredes que envolvem as janelas. Dentre as encontradas constam fissuras inclinadas em 45° nas paredes das arestas inferiores das janelas (Figura 27), e também fissuras verticais na alvenaria sob o peitoril interno das janelas, espaçadas em aproximadamente 20cm (Figura 28).

Figura 27 - Fissuras inclinadas nas arestas das janelas.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 28 - Fissuras verticais sob as janelas.



Fonte: Autor, 2016.

As fissuras inclinadas (45°) que constam na Figura 27 e as fissuras verticais ilustradas na Figura 28, estão presentes em quase todos os ambientes, sendo a segunda tipologia mais perceptível nos blocos 1 e 6. O mapeamento dessas manifestações patológicas pode ser observado na Figura 29, sendo a primeira representada pelo número 2 e a segunda pelo número 3. O círculo indica que as fissuras estão na parede, conforme a legenda da Figura 26.

Figura 30 - Deficiência na impermeabilização das aberturas.

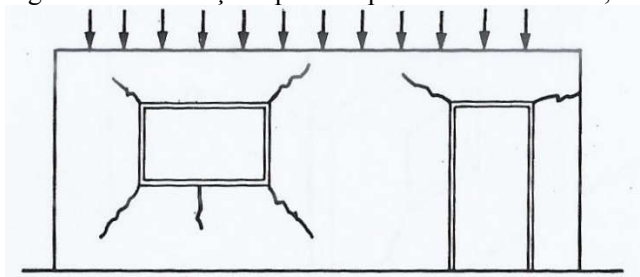


Fonte: Autor, 2016.

- Diagnóstico da situação

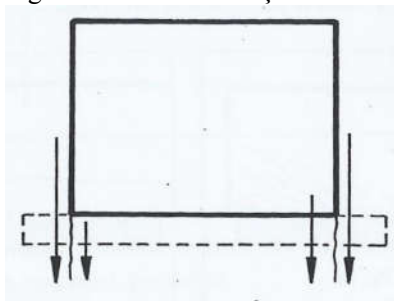
As fissuras que se formam a partir dos vértices das aberturas e sob o peitoril das mesmas (Figura 31), ocorrem em função da perturbação causada pelo caminhamento das isostáticas de compressão (THOMAZ, 1989). Uma diferença de tensão entre a parede que está sob as aberturas, que tem uma carga reduzida, e a parede localizada na lateral da abertura, que recebe uma carga maior, forma entre elas um plano de cisalhamento, conforme ilustra a Figura 32 (VERÇOZA, 1991). Para Thomaz (1989), as tensões aplicadas no topo de uma parede podem apresentar o dobro da magnitude ao chegar à região dos cantos inferiores das aberturas.

Figura 31 - Fissuração típica em parede com aberturas, devido atuação de cargas.



Fonte: THOMAZ, 1989.

Figura 32 - Movimentação diferenciada de tensões.



Fonte: VERÇOZA, 1991.

Um agravante da situação é que as fissuras formadas nas arestas das aberturas podem ter permitido a entrada de água para o interior da alvenaria, desencadeando um processo de movimentação higroscópica (dilatações e retrações na alvenaria), ocasionado pela variação da umidade. Pelo fato de a alvenaria constituir um elemento rígido, concebida para não aceitar deformações, a variação volumétrica pode ter contribuído para o surgimento ou intensificação das fissuras.

Constatou-se que a água responsável pelo processo de movimentação higroscópica teve fácil acesso devido à deficiência na impermeabilização e drenagem. A impermeabilização foi falha ao permitir que a água adentrasse na alvenaria pelas fissuras no material impermeabilizante entre a extremidade do peitoril e a alvenaria e pela descontinuidade da superfície do peitoril, formado de pastilhas entremeadas por juntas de material permeável. Sobre esse último fator Ripper (1996, p.62) cita que “qualquer descontinuidade no peitoril, de cerâmica ou outro material, é prejudicial e não devia ser rejuntado com argamassa de cimento e areia, que é um material rígido e sujeito a trincas quando sob influência de variações de temperatura”.

A drenagem mostrou-se ineficiente pelo fato de o peitoril possuir uma inclinação quase desprezível, fazendo com que a água não fosse escoada. A inexistência de pingadeira foi outro fator prejudicial, pois ela é responsável por interceptar a lâmina de água proveniente do peitoril, fazendo com que o líquido seja afastado da superfície da parede sob a janela.

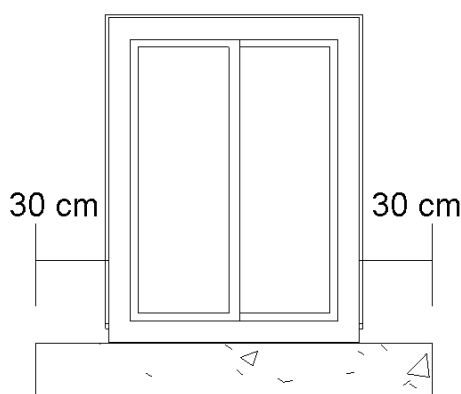
Conclui-se, pela morfologia das fissuras, que a causa desse problema está diretamente relacionada à inexistência ou subdimensionamento das contravergas, podendo ainda, ter sido agravado pelas movimentações higroscópicas.

- Definição de conduta

As patologias provenientes das tensões concentradas podem ser recuperadas com eficiência, caso se obtenha uma redistribuição destas. Sendo assim, nas regiões das aberturas, devem-se inserir contravergas.

A NBR 8545 (ABNT, Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos, 1984) esclarece que tanto as vergas quanto as contravergas devem exceder a largura do vão das aberturas em pelo menos 20 cm de cada lado e que sua altura mínima deve ser de 10 cm. Ripper (1996) menciona que o valor que ultrapassa o vão deve ser maior, entre 30 e 40 cm (Figura 33). Para este caso, portanto, onde cada abertura tem um vão de 160 cm, devem-se acrescentar 30 cm de cada lado, resultando em uma contraverga de 220 cm.

Figura 33 - Ilustração do avanço da contraverga.

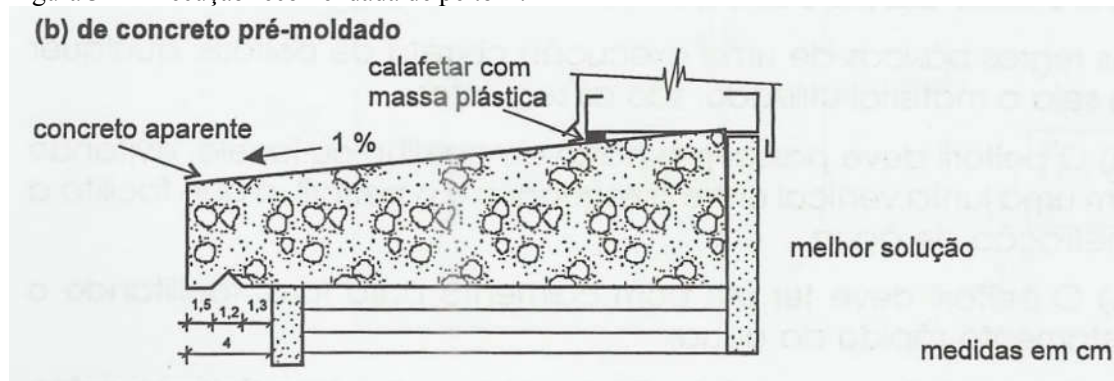


Fonte: Autor, 2016.

Para realizar a eficiente estanqueidade das aberturas Thomaz (1990, p. 112) cita que se devem tomar providências no sentido de “efetuar um controle eficiente dos fluxos de água que atuam sobre as superfícies dos edifícios; dissipar as concentrações de água e proteger as partes vulneráveis da edificação, onde a água possa penetrar”.

Para executar um peitoril com escoamento da água de forma eficiente para longe da alvenaria, a melhor solução é a colocação do caixilho rente ao revestimento interno, com o peitoril feito em concreto pré-moldado com inclinação de 1%. Ele deve passar por baixo do caixilho, evitando dessa forma, uma junta vertical entre a esquadria e o peitoril, que eventualmente poderia facilitar a penetração de água. O peitoril deve ser projetado entre 3 cm a 4 cm para fora da face externa da parede e dotado de uma pingadeira, conforme se verifica na Figura 34 (RIPPER, 1996).

Figura 34 - Execução recomendada de peitoril.



Fonte: RIPPER, 1996.

4.1.1.2. Caso 2 - Manifestações patológicas no muro do bloco 1

- Levantamento de subsídios

Percebeu-se a ocorrência de fissuras mapeadas e manchas escuras em um muro ligado ao bloco 1, que faz divisa entre a área de acesso à via pública e a área interna do colégio. O muro está em contato com o pilar P129 e parece ter recebido uma ampliação em sua altura. Na Figura 35, pode-se observar a superfície do muro do lado interno e na Figura 36, o lado externo, ambas apresentando os mesmos problemas patológicos, que são fissuras mapeadas.

Figura 35 - Lado interno do muro do bloco 1.



Fonte: AUTORA, 2016.

- Diagnóstico da situação

As fissuras mapeadas presentes nas duas superfícies do muro podem ser decorrentes da retração da argamassa de revestimento. Esse processo pode ter se desenvolvido por diversos motivos, entre eles, o uso de um cimento muito fino ou composto por cloretos e álcalis, a adição de uma quantidade muito alta de cimento ou de água à mistura, o uso de agregados muito finos e a cura ineficiente da argamassa (THOMAZ, 1986).

Pela indisponibilidade de dados referentes ao processo de execução ou de ensaios que possam informar a composição da argamassa, torna-se difícil definir quais dos fatores anteriormente citados possam de fato ter contribuído para o aparecimento das fissuras mapeadas. Pode-se simplesmente afirmar, que pelo menos um, ou a associação deles, foi a causa do problema.

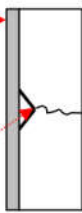
Quando os cuidados não são tomados, as fissuras mapeadas aparecem logo no início da vida dos compostos a base de cimento e não aumentam muito depois. Manifestam-se, geralmente, superficialmente, não representando grandes perigos à resistência da estrutura, em decorrência da pouca profundidade (VERÇOZA, 1991). Porém, vale ressaltar que, segundo Gonçalves (2015, p.43), as “fissuras são aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos à estrutura”. Portanto, a presença isolada das fissuras mapeadas pode não oferecer grandes riscos, porém, se associada a fatores agressivos como, por exemplo, a água, pode desencadear outros problemas, graves inclusive.

A formação das manchas escuras com aspecto escorrido é decorrente da falta de proteção do cimo, ou seja, a falta de um elemento que faça com que a água incidente sobre ele não infiltre na alvenaria e seja drenada para fora das superfícies laterais das paredes. Como o muro de divisa não dispõe desse elemento, as poeiras e outras sujeiras presentes no ar acabaram se depositando no cimo do muro. Com a chuva, a água dissolveu o depósito de impurezas e escorreu pelas superfícies das paredes laterais, formando rastros em forma de manchas escuras (WATANABE, 2010).

- Definição de conduta

Para o reparo das fissuras mapeadas no muro de divisa, recomenda-se o uso do sistema A (Figura 38) proposto por Sahade (2005), que é adequado para fissuras mapeadas ou geométricas (horizontal, vertical, inclinadas), ativas e sazonais (que não indicam problemas estruturais), onde a movimentação das mesmas não pode ser muito acentuada.

Figura 38 - Sistema A para recuperação de fissuras.

Sistemas de Recuperação	Materiais Empregados	Representação Esquemática
A	④ Tinta 100% Acrílica (5 a 6 demãos) ③ Selante Acrílico (2 demãos) ② Fundo Preparador de Paredes ① Abertura em "V" (1x1 cm)	

Fonte: SAHADE, 2005.

O procedimento desse sistema consiste em realizar sulcos em formato de V sobre as fissuras, com dimensões de 1 (um) cm de espessura e um 1 (um) cm de profundidade. Após, fazer a aplicação do fundo preparador de paredes, diluído com 10% de água e aguardar por quatro horas. Em seguida, deve-se aplicar uma demão de selante acrílico, preenchendo completamente os sulcos, conforme a Figura 39 (SAHADE, 2005).

Figura 39 - Primeira demão de selante acrílico.



Fonte: SAHADE, 2005.

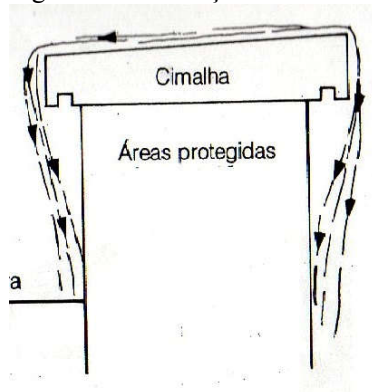
Passadas 24 horas, pode-se realizar a segunda demão de selante acrílico. Esse intervalo é importante para que a primeira demão cure e assim, a segunda faça a regularização da camada. Posteriormente, aplicam-se cinco a seis demãos de pintura 100% acrílica (SAHADE, 2005).

Essa solução é válida tanto para as manchas escuras escorridas rentes ao topo do muro quanto para a proteção da alvenaria contra infiltrações de águas descentes (chuva). Ela

consiste na proteção do topo e das laterais da parede do muro. Para o caso do topo, Verçoza (1991, p.168) cita que “a solução é o capeamento do topo da parede, o que pode ser feito com cerâmica apropriada, com chapas metálicas ou com telhas de cumeeira”.

Para proteger as laterais das paredes devem-se executar rufos ou cimalhas que contenham saliências (pingadeiras), responsáveis por deslocar o fluxo de água da superfície da parede, como mostra a Figura 40 (THOMAZ, 1990).

Figura 40 - Ilustração de rufo ou cimalha.



Fonte: THOMAZ, 1990.

4.1.1.3. Caso 3 – Manifestações patológicas no portal de entrada do colégio

- Levantamento de subsídios

Na área externa do Colégio, no portal de entrada, foram observadas em dois pontos distintos, manchas brancas de eflorescência, localizadas na superfície da alvenaria próxima ao piso, na região posterior do portal (considerando como ponto de observação a via pública), conforme se nota na Figura 41.

Figura 41- Manchas de eflorescência na região posterior do portal.



Fonte: AUTORA, 2016.

Em maior quantidade, junto aos frisos existentes na superfície do portal, se vê a mesma tipologia de manchas, sendo que essas predominam na área mais alta e na região frontal do portal (considerando como ponto de observação a via pública), como pode ser observado na Figura 42.

Figura 42 - Manchas de eflorescência na região frontal do portal.



Fonte: AUTORA, 2016.

Os frisos que estão presentes na superfície da região frontal e posterior do portal, possuem geometria reta e forma 90° entre suas faces internas (Figura 43). Essa característica pode ser favorável ao acúmulo de água.

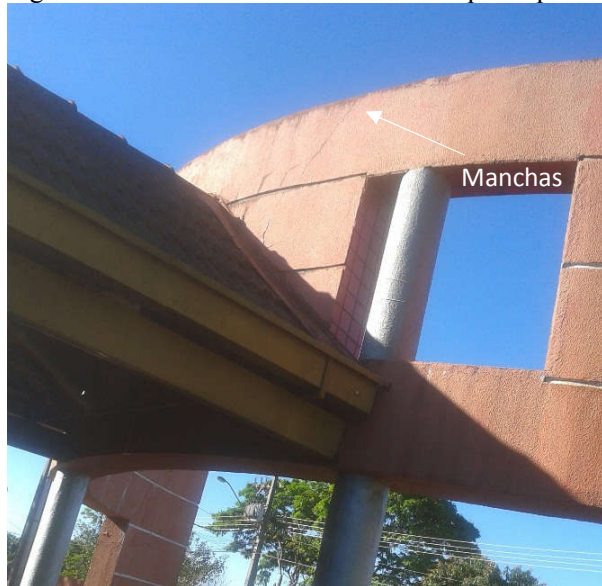
Figura 43 - Friso da superfície da alvenaria.



Fonte: AUTORA, 2016.

Também se notam manchas escuras com aspecto escorrido logo abaixo do topo da alvenaria, como é demonstrado na Figura 44.

Figura 44 - Manchas escuras abaixo do topo do portal.

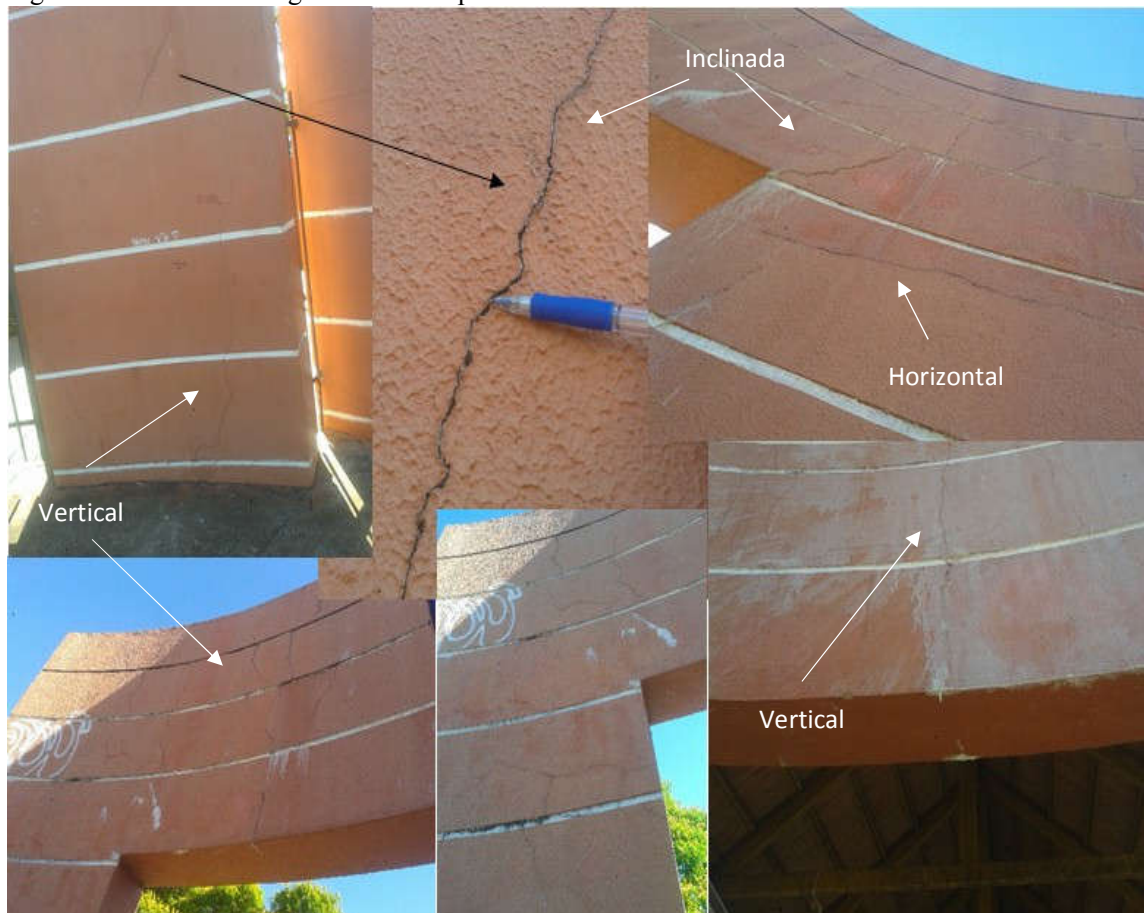


Fonte: AUTORA, 2016.

Na superfície da região frontal do portal há diversas fissuras com sentido horizontal, vertical e inclinado. Algumas das fissuras inclinadas têm sua origem na aresta interna entre a

parte superior e inferior do portal e as outras, localizadas nas proximidades das anteriores. As horizontais estão localizadas abaixo da aresta. As verticais são as de maior incidência, conforme visualizado na Figura 45.

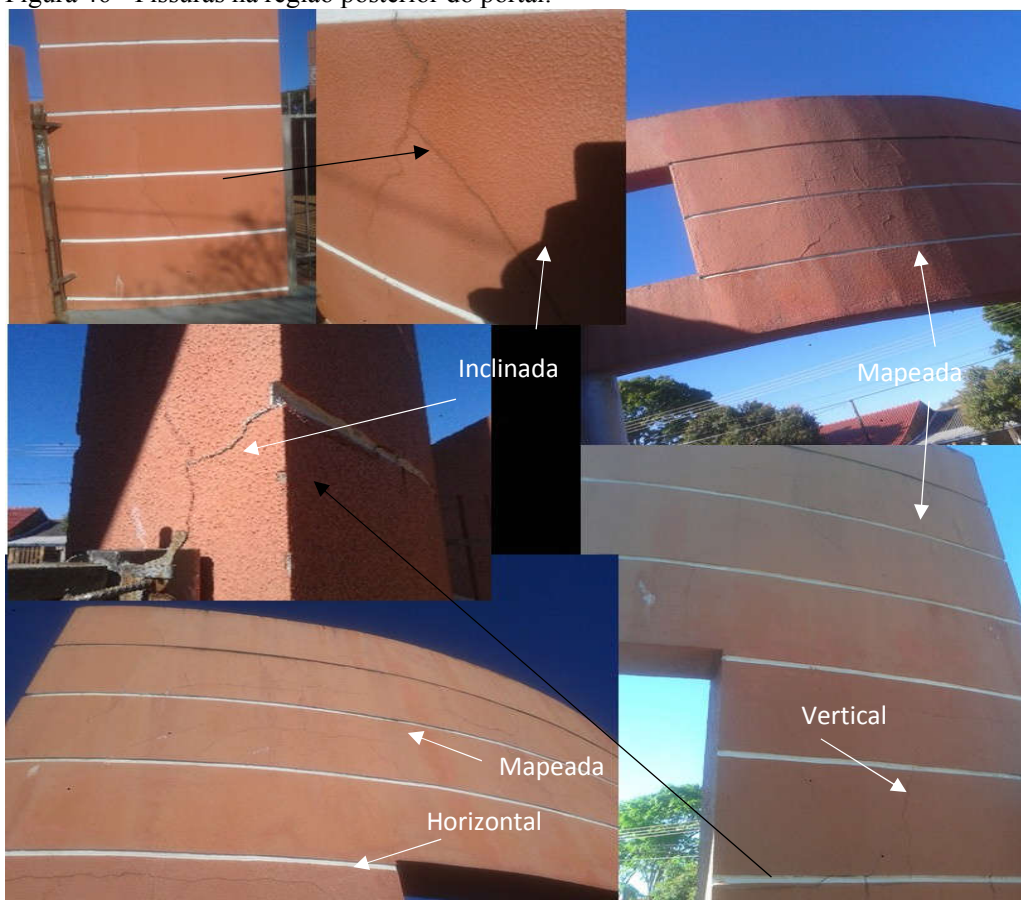
Figura 45 - Fissuras na região frontal do portal.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na região posterior do portal de entrada notam-se fissuras com direções horizontais, verticais e inclinadas mais definidas, bem marcadas. Na extremidade superior do portal as fissuras apresentam-se mapeadas, como demonstra a Figura 46.

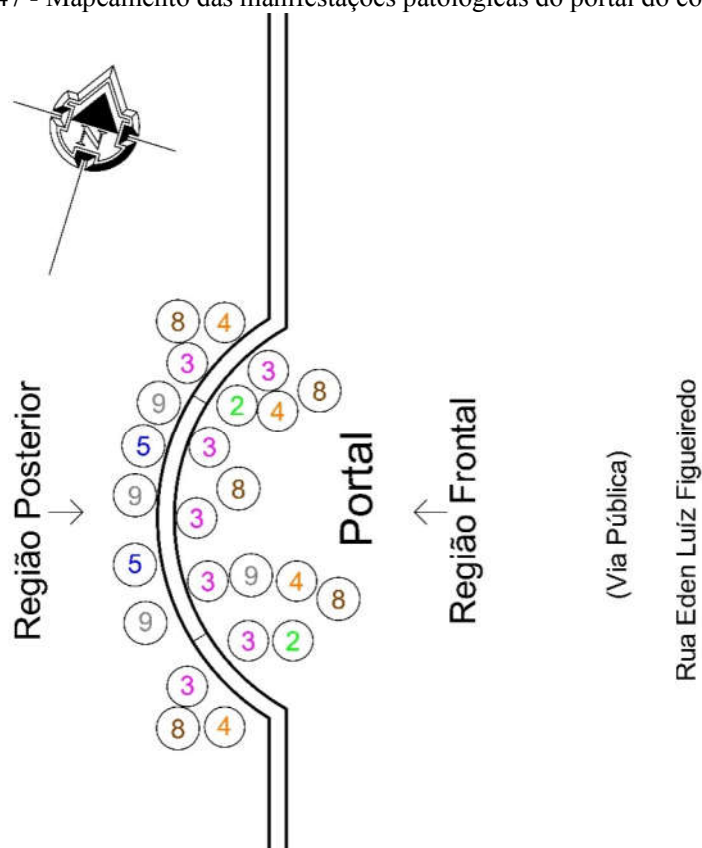
Figura 46 - Fissuras na região posterior do portal.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na Figura 47 estão mapeadas as patologias que foram encontradas no portal do Colégio, onde o círculo representa que as fissuras estão na parede. Os números 2, 3, 4, 5, 7 e 8 representam respectivamente os problemas patológicos, fissuras inclinadas, fissuras verticais, fissuras horizontais, fissuras mapeadas, eflorescência e manchas escuras.

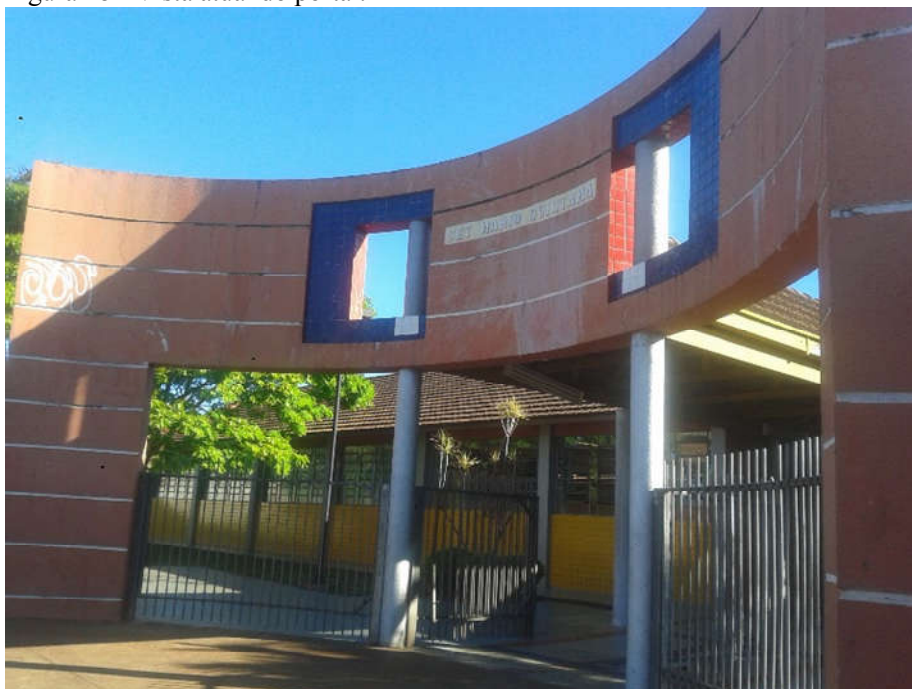
Figura 47 - Mapeamento das manifestações patológicas do portal do colégio.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na Figura 48 tem-se uma imagem do portal no dia da visita, no dia 22 de agosto de 2016 e na Figura 49, uma imagem extraída do *Google Maps* na data de 2011. As imagens não foram registradas pela mesma câmera fotográfica, porém mostram o desenvolvimento das manifestações patológicas nesse intervalo de 5 anos.

Figura 48 - Vista atual do portal.



Fonte: AUTORA, 2016.

Figura 49 - Vista no portal em 2011.



Fonte: Google Maps, 2011.

- Diagnóstico da situação

Para as fissuras verticais e horizontais diagnosticou-se a possibilidade de haver a atuação simultânea de três fatores degradantes: as sobrecargas, as movimentações higroscópicas e as térmicas.

Quanto às propriedades físicas das alvenarias na constituição de seus materiais, como o concreto e argamassa, são encontradas cavidades, vazios, bolhas, poros abertos e canais de reduzidas dimensões, dando-lhes dessa forma, a característica de permitir um fluxo de água em seu meio (FIORITO, 1994).

A alvenaria é um material naturalmente permeável, podendo a umidade penetrar nela por diversos meios. Entre as formas possíveis, no caso do portal do colégio, foi verificada a infiltração da umidade de duas formas, sendo elas, a umidade descendente e a umidade de elevação.

A umidade descendente ocorre em consequência do contato direto da água pluvial com a alvenaria (BERTOLINI, 2010). No portal, essa situação foi observada no topo da alvenaria e nos frisos da superfície. No primeiro caso, notou-se a falta de impermeabilização do topo, facilitando assim a penetração da água para o interior do material, principalmente, nas regiões mais altas. Paralelamente, os frisos, por constituírem uma depressão de geometria reta na superfície do portal, facilitaram o acúmulo de água em uma de suas faces, propiciando a ocorrência de infiltrações. O conceito do referido caso dos frisos é citado por Thomaz (1989):

A fissuração dos revestimentos em argamassa será mais acentuada em regiões onde, por qualquer motivo, ocorra a maior incidência de água. Os peitoris, as saliências e outros detalhes arquitetônicos inseridos nas fachadas têm, por exemplo, a função básica de interromper os fluxos de água que escorrem pela parede, defletindo-os para fora da construção; contudo, caso esses detalhes não tenham sido projetados ou bem executados, poderão causar problemas em regiões localizadas da fachada (THOMAZ, 1989, p. 42).

A umidade de elevação, ou ainda, a umidade por capilaridade acontece em decorrência do contato direto das partes baixas da alvenaria com a água ou solos úmidos (BERTOLINI, 2010). Para o presente estudo de caso, não foi permitida a realização de ensaios destrutivos para verificar a existência de impermeabilização entre a viga baldrame e as primeiras camadas de alvenaria do portal; porém, notou-se, pelas condições da estrutura próxima ao piso, que os problemas patológicos manifestados na região (fissuras e eflorescências), indicam que sua causa está relacionada com a umidade advinda do solo.

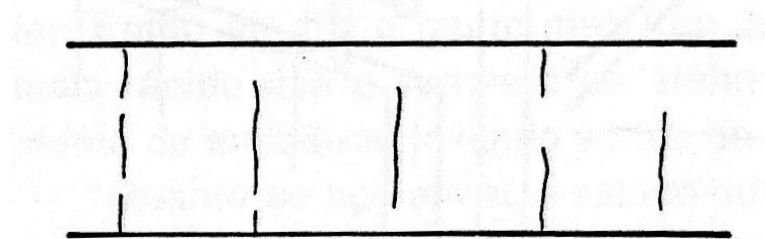
Tanto nas regiões altas, expostas à umidade descendente, como nas regiões baixas, vulneráveis à umidade de elevação, ocorre o processo de movimentação higroscópica do material, ou seja, a variação de volume da alvenaria sob efeito das variações de umidade. Esses ciclos de umedecimento e secagem acabaram por provocar a incidência das fissuras.

Sobre a ocorrência de manchas de eflorescência, Verçoza (1991, p.113) cita que “neste caso a patologia não é exatamente destrutiva, mas é uma desvalorização e aviso”. Portanto, a eflorescência, em geral, não é um problema que degrada as estruturas, mas que deve ser criticamente analisada por ser um importante indicador de problemas graves.

Sobre essa mesma manifestação patológica, Fiorito (1994, p.118) cita que “o quadro patológico da eflorescência tem como elemento determinante a presença e a ação dissolvente da água. Não é exagero afirmar que sem água não haverá eflorescência”. Perante essa afirmativa, buscou-se descobrir a origem da umidade na alvenaria, e, conseqüentemente, a causa da eflorescência. Portanto, notou-se que a falta de impermeabilização do cimo da alvenaria e dos alicerces, podem ter sido a causa das infiltrações, e assim, a causa das eflorescências.

As variações de temperatura provocadas pela radiação solar, também podem ter contribuído para o aparecimento das fissuras. A diminuição de volume com o frio e o aumento do volume com o calor, acabou inserindo tensões no material. Sobre esse fenômeno, Verçoza (1991, p.103) cita que “podem aparecer fissuras distribuídas com bastante uniformidade e preferencialmente em direção perpendicular à maior dimensão da peça”. Essa configuração típica pode ser observada na Figura 50.

Figura 50 - Morfologia de fissuras causadas por movimentação térmica.



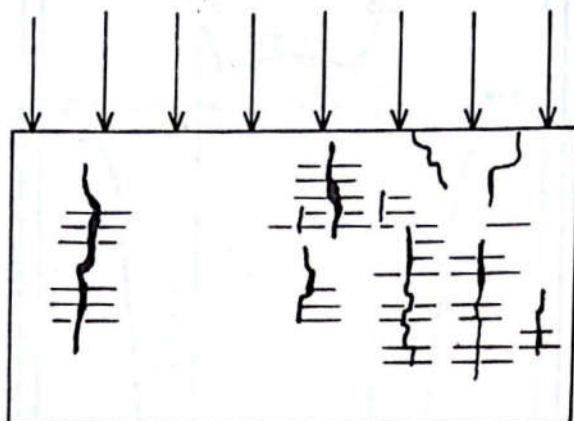
Fonte: Verçoza, 1991.

Como não se teve acesso ao projeto do portal, não se pôde afirmar com precisão a real existência de sobrecargas. Porém, após análise da morfologia das fissuras verticais, horizontais e inclinadas, verifica-se a semelhança com as características informadas por bibliografias.

Sobre as fissuras verticais, presentes tanto nas partes baixas do portal como nas altas, Thomaz (1989, p. 63) cita que, em casos de sobrecarga, elas são “provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou de flexão local dos

componentes de alvenaria”. Segundo o mesmo autor, elas apresentam a morfologia ilustrada na Figura 51.

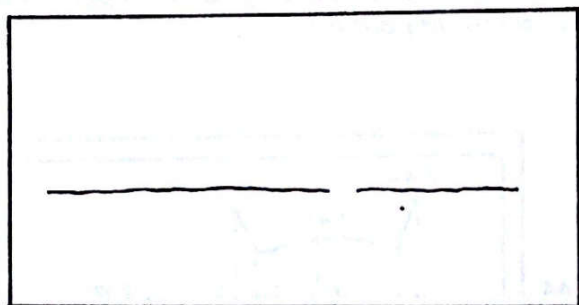
Figura 51 - Morfologia das fissuras verticais em decorrência de sobrecargas.



Fonte: THOMAZ, 1989.

Sobre as fissuras horizontais, Thomaz (1989, p.63) menciona que elas são “provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa, ou ainda de solicitações de flexocompressão da parede”. Nesse caso, as fissuras apresentam o mesmo aspecto retratado na Figura 52.

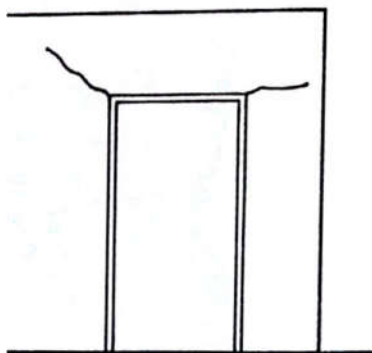
Figura 52 - Morfologia das fissuras horizontais em decorrência de sobrecargas.



Fonte: THOMAZ, 1989.

O portal do Colégio é constituído por um painel de alvenaria com uma abertura; as fissuras inclinadas presentes têm a mesma origem das fissuras típicas de aberturas com vergas subdimensionadas ou inexistentes (Figura53). Para essa situação, as fissuras inclinadas do portal têm sua gênese em função do caminhamento das isostáticas de compressão (THOMAZ, 1989).

Figura 53 - Fissuras típicas nas arestas das aberturas causadas por sobrecarga.



Fonte: THOMAZ, 1989.

As fissuras mapeadas presentes na superfície posterior do portal podem ser decorrentes da retração da argamassa de revestimento, tendo esse problema patológico a mesma causa citada no item 4.1.1.2. (Caso 2 - Manifestações patológicas no muro do bloco 1).

Ainda no item 4.1.1.2., foram explanadas as causas das manchas escuras com aspecto escorrido, tendo essa tipologia se manifestado também no topo do portal.

- Definição de conduta

Para as manchas escuras segue-se a mesma resolução proposta para o item 4.1.1.2. (Caso 2 - Manifestações patológicas no muro do bloco 1).

Para o problema das fissuras decorrentes de sobrecarga (verticais, inclinadas e horizontais), devem-se realizar reforços na estrutura do portal. Segundo Verçosa (1991), os reforços podem ser tanto em concreto armado como com vigas de aço. Porém, como não se teve acesso aos projetos do portal, torna-se difícil determinar um reforço adequado para o mesmo.

Para solucionar as causas das fissuras decorrentes da umidade descendente (verticais e horizontais) aplica-se a mesma solução proposta no item 4.1.1.2. (Caso 2 - Manifestações patológicas no muro do bloco 1), pois a impermeabilização do cimo do portal impedirá a degradação da alvenaria pelas águas pluviais.

Para as fissuras decorrentes da umidade de elevação (horizontais) deverá ser realizada a impermeabilização entre o alicerce e a alvenaria. Para realizar esse procedimento Ripper (1996) recomenda que se faça rasgos intercalados na alvenaria com 15 cm de altura e com largura intercalada entre 100 cm e 80 cm (Figura 54). Porém, como os pilares do portal

possuem dimensões insuficientes para a realização do procedimento conforme descrito por Ripper (1996), deverá ser feito com medidas menores.

Figura 54 - Solução genérica para impermeabilização de alicerce.

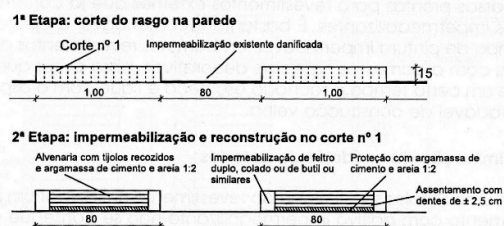


Figura 30 - Substituição da impermeabilização horizontal das paredes danificadas (1ª e 2ª etapas)

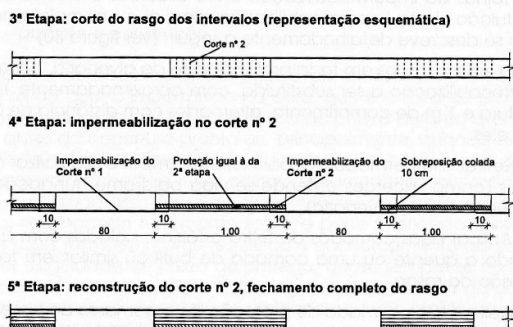


Figura 31 - Substituição da impermeabilização horizontal das paredes danificadas (3ª, 4ª e 5ª etapas)

Fonte: RIPPER, 1996.

Em cada pilar deverá ser feito um rasgo com 15 cm de altura e com largura igual a metade da largura total. Após isso, deve-se limpar e regularizar os alicerces desse rasgo; aplicar duas camadas de feltro asfáltico em toda a extensão, coladas com asfaltos oxidados a quente ou uma camada de butil ou similar; aplicar uma camada de proteção de argamassa de cimento e areia 1:4. Posteriormente, deve-se reconstruir a alvenaria, deixando-se uma sobra de 10 cm, com o objetivo de fazer um transpasse da impermeabilização. Deve-se realizar esse procedimento também na outra metade do pilar. Para finalizar, o processo completo de impermeabilização deverá ser realizado no pilar restante (RIPPER, 1996).

Com todos os problemas que causam as fissuras, recomenda-se realizar o reparo das mesmas através do processo Sistema A, proposto por Sahade (2005), já citado no item 4.1.1.2., Caso 2 - Manifestações patológicas no muro do bloco 1. Como é um procedimento que serve tanto para fissuras mapeadas como geográficas, o processo poderá ser perfeitamente usado em todas as fissuras do portal.

Quanto aos frisos, recomenda-se que eles sejam eliminados ou tenham suas arestas arredondadas para que não acumulem água.

Com a realização dos procedimentos descritos anteriormente, pode-se eliminar as infiltrações na alvenaria do portal; portanto, como essa é uma condição para a manifestação da eflorescência, ela também deverá ser eliminada.

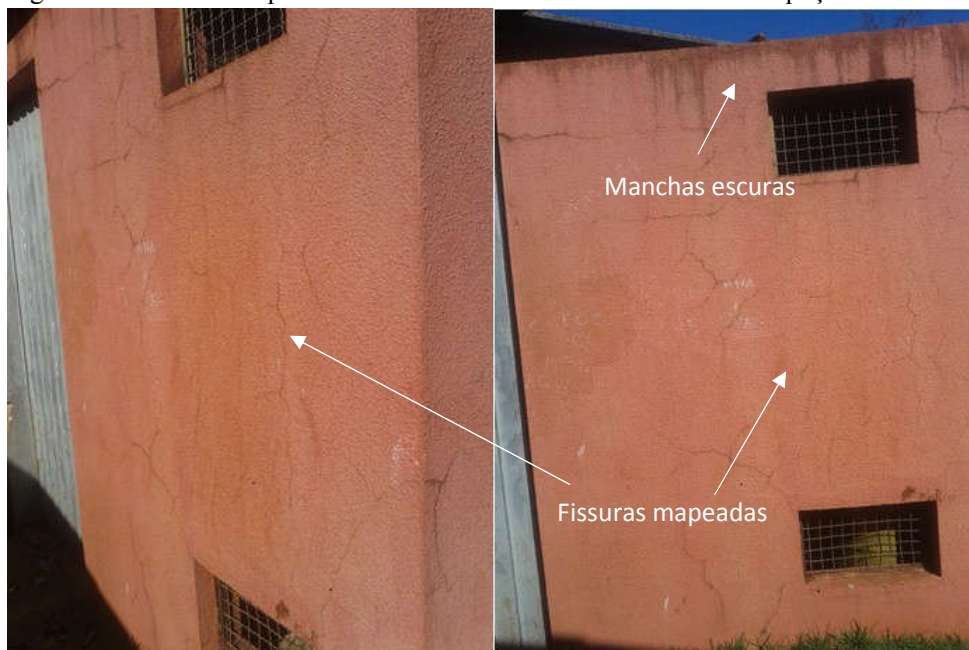
4.1.1.4. Caso 4 – Manifestações patológicas em ambientes do bloco 7

- Levantamento de subsídios

Algumas manifestações patológicas como fissuras, manchas escuras e eflorescências, foram observadas no refeitório dos funcionários, poço de luz e central de GLP, situados no bloco 7.

Fissuras mapeadas foram notadas com grande intensidade na argamassa de revestimento na área externa da Central de GLP e o poço de luz, bem como, manchas escuras com aspecto escorrido abaixo do cimo da parede, como mostra a Figura 55.

Figura 55 - Fissuras mapeadas e manchas escuras na central de GLP e poço de luz.



Fonte: AUTORA, 2016.

Também foi observada uma fissura horizontal bem evidente cerca de 30 cm abaixo do topo da parede, mostrado na Figura 56.

Figura 56 - Fissura horizontal na central de GLP.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na área interna também se notaram fissuras horizontais e manchas escuras com aspecto escorrido próximas ao topo da parede, como pode ser analisado na Figura 57.

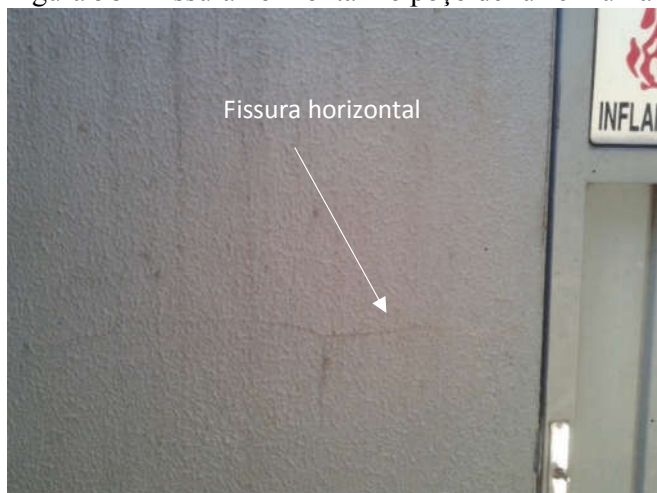
Figura 57 - Fissura horizontal no poço de luz.



Fonte: AUTORA, 2016.

Também no ambiente do poço de luz foi percebida uma fissura horizontal em uma das paredes, em uma altura média da parede, próxima ao trinco da porta (Figura 58).

Figura 58 - Fissura horizontal no poço de luz em uma altura média.



Fonte: AUTORA, 2016.

Manchas brancas de eflorescência foram encontradas na superfície interna das paredes (na região mais alta) da Central de GLP, como pode ser visualizado na Figura 59.

Figura 59 - Manchas de eflorescência da central de GLP.



Fonte: AUTORA, 2016.

Verificou-se falha na drenagem do piso do poço de luz, pois não há caimento para escoamento da água. Uma bolinha foi colocada em vários pontos do piso e ela não rolou para nenhuma direção, comprovando assim o que acontece com a água de chuva, que ficará acumulada na superfície ou infiltrará na edificação (Figura 60). Outro agravante dessa situação é o volume de água nessa região em dias de chuva, pois parte do beiral do bloco 7 termina no poço de luz.

Figura 60 - Falta de drenagem no piso do poço de luz.



Fonte: AUTORA, 2016.

Algumas peças de cerâmicas do revestimento da parede que divide o poço de luz e o refeitório dos funcionários apresentam manchas marrons, como pode ser visto na Figura 61.

Figura 61 - Manchas no revestimento cerâmico no refeitório dos funcionários.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na superfície externa de uma parede do refeitório dos funcionários, que faz divisa com o corredor, observou-se uma fissura horizontal em uma altura média (Figura 62).

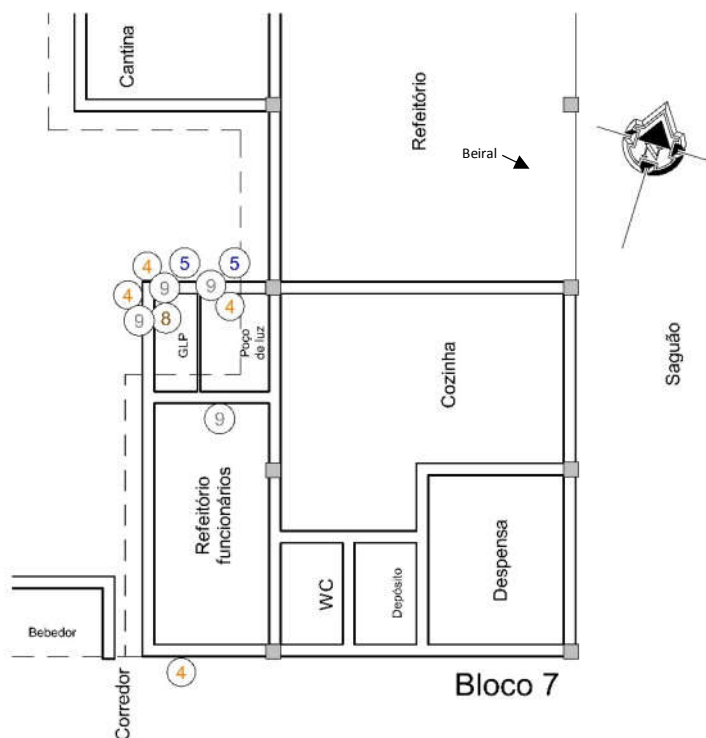
Figura 62- Fissura na parede do refeitório dos funcionários.



Fonte: AUTORA, 2016.

O mapeamento dos problemas patológicos pode ser verificado na Figura 63, onde o número 4 representa fissuras horizontais, o 5 as fissuras mapeadas, o 8 as manchas de eflorescência e o 9 as manchas escuras. O círculo representa que a manifestação está inserida na parede.

Figura 63 - Mapeamento das manifestações patológicas em ambientes do bloco 7.



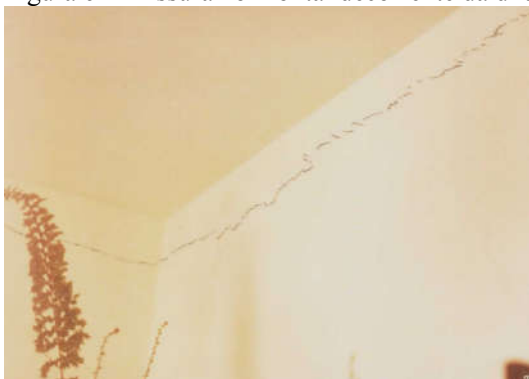
Fonte: AUTORA, 2016.

Os ambientes refeitório dos funcionários, central de GLP e poço de luz foram acrescentados em uma reforma realizada 8 anos após a construção das edificações originais do colégio. Durante a visita técnica não foi observado nenhum ressalto que pudesse caracterizar a existência de pilares nesses ambientes. Como não foi permitida a realização de ensaios destrutivos nem foram disponibilizados projetos, não se confirma a inexistência de pilares, nem tampouco se conclui se elas foram feitas em alvenaria estrutural.

- Diagnóstico da situação

Fissuras horizontais próximas ao topo das paredes da Central de GLP foram causadas pelas movimentações térmicas. A variação de dimensão sofrida pela laje que cobre esse ambiente induziu tensões nas paredes a ela vinculadas. Como cita Thomaz (1989, p. 23), “a dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperaturas ao longo de suas alturas induzem tensões de tração e de cisalhamento nas paredes das edificações”. A mesma tipologia de fissura presente na Central de GLP é ilustrada na Figura 64.

Figura 64 - Fissura horizontal decorrente da dilatação térmica da laje.



Fonte: THOMAZ, 1989.

Além das movimentações térmicas, as movimentações higroscópicas também podem ter contribuído para o desenvolvimento das fissuras horizontais. Por não haver a impermeabilização do topo das paredes, a água da chuva que infiltrou na alvenaria, provocou uma expansão desse material em uma proporção maior do que no restante da parede, que encontrava-se com menor grau de umidade. Essa situação é explicada por Thomaz (1989):

(...) tipo bastante característico de fissura causada por umidade é aquele presente no topo de muros, peitoris e platibandas que não estejam convenientemente protegidos por rufos; a argamassa do topo da parede absorve água (chuva ou mesmo orvalho), movimenta-se diferencialmente em relação ao corpo do muro e acaba destacando-se do mesmo (THOMAZ, 1989, p. 42).

Os ambientes da central de GLP e do poço de luz fazem parte de uma ampliação feita pela direção do Colégio, porém, notou-se que alguns pontos não foram planejados nessa reforma. Como já mencionado, um considerável volume de água vindo do telhado do bloco 7 deságua dentro da área e nas paredes do poço de luz, fato esse, que agrava as condições já deficientes desse ambiente, como a falta de caimento do piso e proteção do topo das paredes. Na central de GLP, a prevenção contra fatores degradantes como as variações de umidade e temperatura também não foram levados em consideração, pois as paredes e laje desse ambiente não foram protegidas.

As manchas escuras nas cerâmicas do refeitório dos funcionários são decorrentes de infiltrações. Por se apresentarem na parede que faz divisa com o poço de luz, conclui-se que a falta de caimento do piso desse ambiente tenha sido o fator mais relevante para a causa do problema. Por não existir uma drenagem adequada, a água acumulada no piso infiltra pelas juntas entre a parede e o piso ou outras brechas. Pela possível falta de uma impermeabilização adequada dessa parede, a umidade infiltra nela.

Pela comparação da morfologia da fissura horizontal na parede do refeitório dos funcionários com as trazidas por bibliografias, conclui-se que a causa dela é derivada da atuação de sobrecargas. A aparência desse problema já foi exposta no item 4.1.1.3. (Caso 3 – Manifestações patológicas no portal de entrada do colégio), mas é difícil afirmar com precisão, pela falta do fornecimento de informações, se de fato existe uma insuficiência da resistência dessas estruturas.

Como a causa da eflorescência sempre está atrelada à presença de infiltrações, a umidade descendente pelo topo da parede da central de GLP é responsável pelo desenvolvimento desse problema patológico.

A causa das fissuras mapeadas dos ambientes do bloco 7 tem a mesma relação que a citada no item 4.1.1.2. (Caso 2 Manifestações patológicas no muro do bloco 1), ou seja, pode ser devido à retração da argamassa de revestimento das paredes dos ambientes.

O item 4.1.1.2 explica as causas das manchas escuras próximas ao topo das paredes, sendo essas, decorrentes da falta de um elemento que proteja a alvenaria da ação da chuva e do acúmulo de poeira. Essas manchas também estão presentes nas paredes da central de GLP.

- Definição de conduta

Para as manchas escuras no cimo das paredes, segue-se a mesma resolução proposta para esse problema no item 4.1.1.2. Para as manchas escuras nas cerâmicas, deverá ser feita a impermeabilização entre o alicerce e a alvenaria, conforme a solução proposta por Ripper (1996) demonstrada no item 4.1.1.3. Caso 3.

Posteriormente, recomenda-se a execução de um novo piso no poço de luz, com caimento suficiente para drenar as águas pluviais. Recomenda-se, também, para diminuir a vazão de água incidente sobre o piso e sobre as paredes do poço de luz, a execução de uma calha no telhado que desagua nessa região.

Para solucionar o problema da fissura horizontal no refeitório dos funcionários, devem-se realizar reforços estruturais nessa região. Porém, pela falta de informações sobre cargas exercidas na estrutura, torna-se difícil dimensionar um adequado reforço para a mesma. Mas caso esse procedimento possa ser solucionado em algum momento, a fissura poderá ser reparada pelo Sistema A, proposto por Sahade (2005), já citado no item 4.1.1.2.

Antes de realizar a recuperação das fissuras, é indispensável solucionar a causa das mesmas, pois, caso contrário, elas poderão voltar a surgir após as correções.

Para as fissuras horizontais da Central de GLP, causadas pelas movimentações térmicas, não há muito que se fazer para solucionar a causa; assim, nesse caso deverá ser feito o uso de um método que permita maiores deformações da alvenaria. Sugere-se o Sistema E (Figura 65), proposto por Sahade (2005). Esse método trata a fissura e o revestimento como uma junta de movimentação (SAHADE, 2005).

Figura 65 - Sistema E para recuperação de fissuras.

Sistemas de Recuperação	Materiais Empregados	Representação Esquemática
E	③ Pasta Acrílica ② Selante Acrílico com fibras de vidro ① <i>Primer</i>	

Fonte: SAHADE, 2005.

O primeiro passo do método consiste em abrir sulcos retangulares sobre as fissuras, de 5 (cinco) cm de largura e 0,5 cm de profundidade. Em seguida, deve-se fazer a preparação

do *primer*, fazendo-se uma mistura de selante acrílico com fibras de vidro e água, na proporção de 1:4 (selante: água). Aguardam-se 30 minutos. Em seguida, aplica-se o selante acrílico com fibras de vidro (puro) nos sulcos, até o total preenchimento (Figura 66). Aguardam-se 72 horas (SAHADE, 2005).

Figura 66 - Aplicação de selante acrílico com fibras de vidro.



Fonte: SAHADE, 2005.

Posteriormente, deve-se preencher o sulco formado pela retração do selante com pasta acrílica e esperar 24 horas. Completa-se o acabamento com massa corrida e pintura (SAHADE, 2005).

Para reparar as demais fissuras horizontais e fissuras mapeadas na central de GLP e no poço de luz, recomenda-se o processo Sistema A, proposto por Sahade (2005), já citado no item 4.1.1.2. Caso 2.

As eflorescências serão consequentemente solucionadas com a execução da proteção do cimo da parede da central de GLP, como proposto anteriormente.

4.1.1.5. Caso 5 – Falhas no revestimento cerâmico do piso do hall de entrada

- Levantamento de subsídios

O piso cerâmico do hall de entrada do colégio apresentou destacamentos de peças cerâmicas, como pode ser visualizado na Figura 67.

Figura 67- Falha do piso cerâmico do hall de entrada.



Fonte: AUTORA, 2016.

Aparentemente, a argamassa de assentamento permanece, em sua maioria, fixa no substrato e pelo seu aspecto, acredita-se que tenha sido aplicada com desempenadeira dentada, pois os sulcos apresentam-se em mais de um sentido (Figura 68). O hall de entrada é coberto; porém, como ele delimita o ambiente externo do interno, com uma grande abertura, pode estar suscetível aos efeitos da chuva, do vento e do sol.

Figura 68 - Argamassa de assentamento do piso cerâmico.



Fonte: AUTORA, 2016.

- Diagnóstico da situação

Os destacamentos ocorrem pela perda de aderência entre o revestimento cerâmico e o substrato. Esse problema acontece quando as tensões nas placas cerâmicas superam a capacidade de aderência nas ligações entre a placa e a argamassa colante ou entre a argamassa e o substrato (IBAPE/BA, 2006).

As principais causas dos deslocamentos são: o descuido no preparo da argamassa colante, o desrespeito do prazo do tempo em aberto da argamassa, o uso de técnicas e ferramentas inadequadas, aplicação de uma pressão ineficaz durante a aplicação da placa cerâmica, infiltrações e contaminação do tardo (MANUAL DE ASSENTAMENTO, s/d).

Notou-se que a execução do assentamento das placas cerâmicas do piso do hall de entrada não foi adequada. Por tratar-se de peças com área maior que 900 cm², a argamassa colante deveria ter sido espalhada e penteada tanto no contrapiso quanto no tardo das placas (NBR 13753/1996 - Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento). Aparentemente, a argamassa foi aplicada apenas no contrapiso.

A NBR 13753 (ABNT, 1996) também recomenda que a placa cerâmica deve ser aplicada ligeiramente fora da posição desejada e em seguida, arrastada para a posição de destino. Esse procedimento tem o intuito de cruzar os cordões do tardo e do contrapiso, porém, provavelmente, não foi realizado desta forma.

No terceiro passo, a NBR 13753 (ABNT, 1996) orienta a aplicação de vibrações manuais de grande frequência sobre a peça para que ocorra a acomodação da mesma. Nessa etapa os cordões de argamassa devem ser totalmente esmagados, formando uma camada uniforme para garantir, dessa forma, o pleno contato entre a argamassa e o tardo das placas cerâmicas (MANUAL DE ASSENTAMENTO, s/d). É nitidamente perceptível que essa etapa não foi devidamente executada, pois os sulcos estão visíveis na argamassa que permaneceu no contrapiso.

A região que contém os descolamentos das peças cerâmicas está localizada na extremidade do hall e nessa região estão os recortes das peças. Pode-se deduzir que ela tenha sido executada por último, o que contribui com a possibilidade de que nesse ponto a argamassa já havia excedido seu tempo em aberto.

O tempo em aberto, ou seja, o prazo para se realizar o assentamento do piso sem que a argamassa perca sua eficiência, é da ordem de 2,5 horas (NBR 13753/1996). Porém, esse tempo depende das condições mais ou menos agressivas do ambiente (FIORITO, 1994).

Portanto, como o hall de entrada é um ambiente bem ventilado, existe a possibilidade de ter ocorrido uma redução do tempo em aberto.

As causas desse problema patológico podem ter sido originadas na execução, pelo não cumprimento das recomendações da NBR 13753 (ABNT, 1996).

- Definição de conduta

Para reparar o revestimento cerâmico do piso do hall de entrada, devem-se retirar os vestígios da argamassa de assentamento na região da falha e posteriormente realizar a execução de um novo revestimento, conforme as recomendações de NBR 13753 (ABNT, 1996). Vale ressaltar que essa condição é válida caso sejam encontradas placas cerâmicas iguais as existentes no restante do revestimento, e, caso contrário, deve-se proceder com a troca de todo o piso do hall.

O assentamento do piso cerâmico, segundo a 13753 (ABNT, 1996), deverá ser com o uso de desempenadeira 8mmx8mmx8mm, e executado da seguinte forma:

Espalhar e pentear a argamassa colante no contrapiso e no tardo das placas cerâmicas; aplicar cada placa cerâmica ligeiramente fora de posição, de modo a cruzar os cordões do tardo e do contrapiso e em seguida pressioná-la, arrastando-a até a sua posição final; atingida a posição final, aplicar vibrações manuais de grande frequência, transmitidas pelas pontas dos dedos, procurando obter a maior acomodação possível, que pode ser constatada quando a argamassa colante fluir nas bordas da placa cerâmica (NBR 13753 - Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento, 1996, p. 13).

A preparação da argamassa colante deverá ser feita conforme as recomendações do fabricante. Deve-se ainda, respeitar o tempo em aberto recomendado pelo mesmo ou limitar-se ao tempo máximo de 2 horas e 30 minutos, estabelecidos pela NBR 13753 (ABNT, 1996). Essa mesma norma também recomenda que após o preparo da argamassa, não deve ser feita adição de água ou qualquer outro produto.

4.1.1.6. Caso 6 – Manifestações patológicas nos pilares

- Levantamento de subsídios

Para realizar o mapeamento dos 144 pilares presentes nas edificações do colégio determinou-se um número para cada um e, em seguida, foram realizados registros fotográficos. Por ser inviável anexar todas as imagens ao trabalho, optou-se por simplificar e

separá-los em três classes, levando-se em consideração o grau de conservação em que os mesmos se apresentaram e após isso, mapeá-los.

Os problemas verificados foram os de desagregação do concreto, fissuras e armaduras expostas, prevalecendo a localização dos mesmos na base dos pilares. A minoria se concentrou em alturas médias.

Para classificar os pilares foi atribuída uma cor para cada classe de conservação: os que apresentaram manifestações patológicas irrelevantes foram representados pela cor verde (V); patologias relevantes, pela cor amarela (A); patologias muito relevantes, pela cor vermelha (VM), conforme Tabela1. Os pilares revestidos por peças cerâmicas, representados na cor verde, foram considerados como bons, com patologias irrelevantes, já que não havia como identificar a real situação.

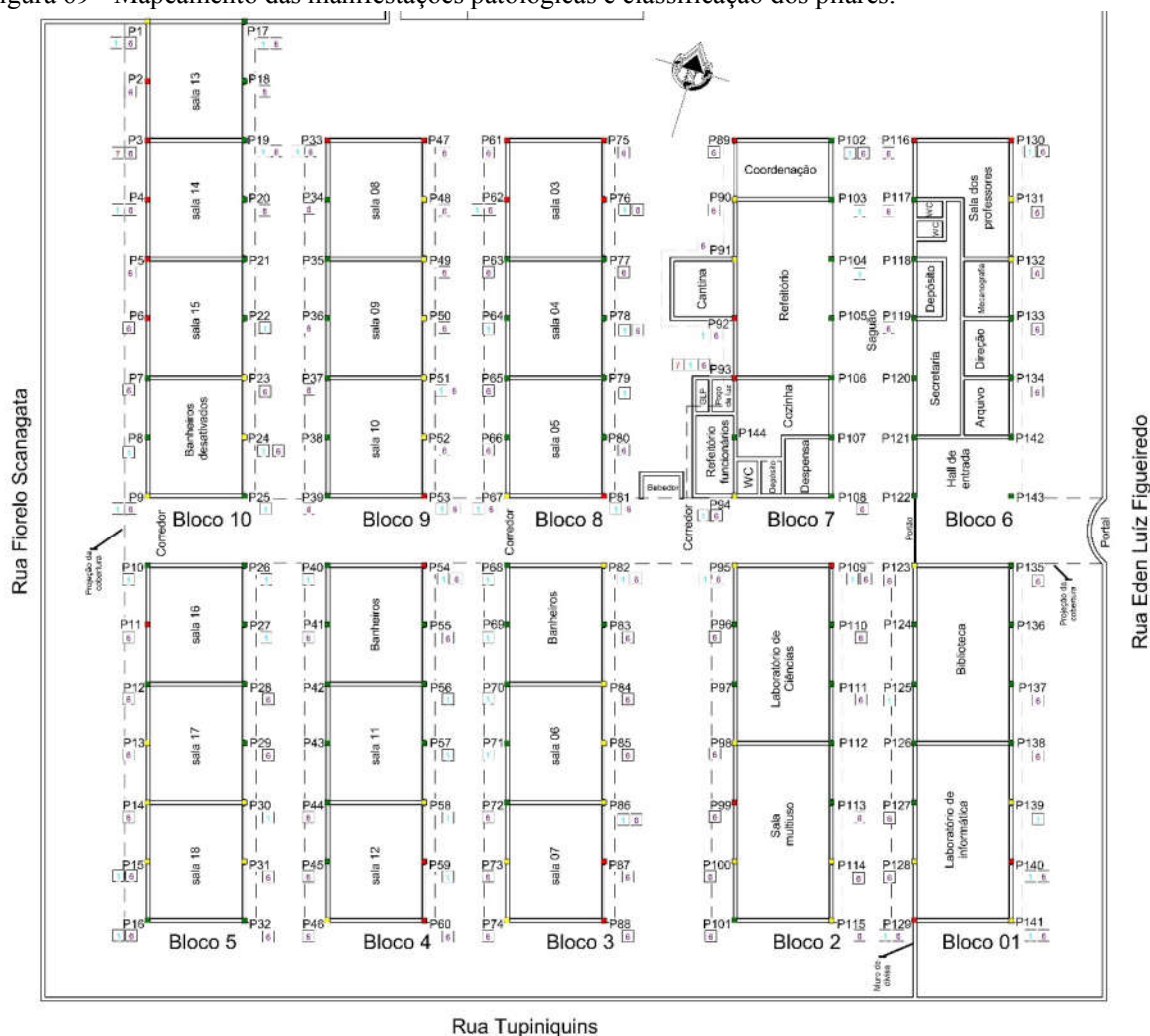
Tabela 1- Classificação dos pilares.

Pilar	V	A	VM	Pilar	V	A	VM	Pilar	V	A	VM	Pilar	V	A	VM
1	X			37	X			73		X		109			X
2			X	38	X			74		X		110	X		
3			X	39	X			75			X	111	X		
4			X	40	X			76			X	112	X		
5			X	41	X			77	X			113	X		
6			X	42	X			78	X			114		X	
7	X			43	X			79	X			115		X	
8	X			44	X			80	X			116			X
9		X		45	X			81		X		117	X		
10	X			46		X		82		X		118	X		
11			X	47			X	83	X			119	X		
12	X			48		X		84		X		120	X		
13		X		49		X		85		X		121	X		
14		X		50		X		86		X		122	X		
15		X		51		X		87			X	123		X	
16	X			52		X		88		X		124	X		
17	X			53			X	89			X	125	X		
18	X			54			X	90		X		126	X		
19	X			55	X			91		X		127	X		
20	X			56	X			92			X	128		X	
21	X			57	X			93			X	129		X	
22	X			58		X		94		X		130			X
23		X		59			X	95		X		131		X	
24		X		60			X	96	X			132		X	
25	X			61			X	97	X			133	X		
26	X			62			X	98		X		134	X		
27	X			63	X			99			X	135	X		
28	X			64	X			100		X		136	X		
29	X			65	X			101	X			137	X		
30		X		66	X			102	X			138	X		
31		X		67		X		103	X			139		X	
32	X			68	X			104	X			140			X
33			X	69	X			105	X			141		X	
34	X			70	X			106	X			142	X		
35	X			71	X			107	X			143	X		
36	X			72	X			108	X			144	X		

Fonte: AUTORA, 2016.

Para realizar o mapeamento dos problemas nos pilares, preencheu-se a representação dos mesmos no croqui, com as cores verde, amarelo ou vermelho, conforme a classificação da Tabela 1. Na Figura 69 fez-se o mapeamento das manifestações patológicas nos pilares, considerando que o número 1 representa fissuras em direções aleatórias, o número 6, a desagregação do concreto e o 7, as armaduras expostas.

Figura 69 - Mapeamento das manifestações patológicas e classificação dos pilares.



Fonte: AUTORA, 2016.

Os pilares que foram considerados em bom estado de conservação, representados pela cor verde, apresentaram algumas manifestações patológicas irrelevantes, ou até mesmo, nenhuma. As poucas e pequenas desagregações e fissuras têm dimensões que variam de 3 a 4

em de extensão para as fissuras e de largura ou comprimento para as desagregações, como pode ser melhor examinado na Figura 70. Os pilares em bom estado totalizam 54,9% do total.

Figura 70 - Pilares em bom estado de conservação (Verdes).



Fonte: AUTORA, 2016.

Os pilares com manifestações patológicas relevantes, que somam 25,7% do total, foram os que exibiram problemas mais visíveis do que os anteriores, como mostra a Figura 71.

Figura 71 - Pilares em médio estado de conservação (Amarelos).



Fonte: AUTORA, 2016.

Aqueles que manifestaram as piores condições de conservação são representados pela cor vermelha. Retratam problemas muito relevantes como, desagregação de concreto, fissuras e armaduras expostas, sendo o último problema observado nos pilares P3 e P93. Algumas fotos podem ser analisadas na Figura 72. Apesar de contabilizar 19,4% do total, a menor porcentagem, são os mais preocupantes.

Figura 72 - Pilares em pior estado de conservação (Vermelhos).



Fonte: AUTORA, 2016.

Segundo uma funcionária responsável pela limpeza do colégio, o produto utilizado para higienização dos pisos externos é fabricado no colégio; segundo ela, é um sabão caseiro em cuja composição há soda cáustica, álcool e óleo de soja.

Sobre as calçadas que envolvem os pilares, verificou-se que a maioria delas possui um caimento adequado, drenando satisfatoriamente a água da chuva, evitando assim possíveis acúmulos de água próximo às estruturas. Foi observado que as precipitações intensas podem favorecer acúmulo de água em áreas próximas aos pilares P116 e P102. A referida situação é exposta no item 4.1.1.6, caso 6.

- Diagnóstico da situação

A manifestação patológica mais presente nos pilares foi a desagregação do concreto, cujo problema é definido por Ripper e Souza (1998):

“Deve-se entender como desagregação a própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Como consequência, tem-se que uma peça com seções de concreto desagregado perderá, localizada ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que a solicitam” (RIPPER E SOUZA, 1998, p.71).

Concretos de baixa qualidade, ou seja, muito permeáveis, porosos, segregados ou confeccionados com materiais de má qualidade são mais suscetíveis a apresentar desagregações, pois são mais propensos ao ataque de agentes agressivos (RIPPER E SOUZA, 1998).

Dentre os procedimentos inadequados na concretagem, que resultam em um concreto poroso, segregado e de menor resistência, Arivabene (2015, p.7) cita “o lançamento livre de grande altura; concentração de armadura que impede a passagem da brita; vazamento da pasta de cimento através das fôrmas; má dosagem do concreto; uso inadequado de vibradores”, ou o uso de fôrmas sujas (GONÇALVEZ, 2015). Em decorrência da visível porosidade do concreto dos pilares, conclui-se que durante a execução dos mesmos, tenham sido cometidos um ou mais procedimentos inadequados.

Outro processo que pode ter provocado a desagregação do concreto é a corrosão da armadura dos pilares. Em concretos saudáveis existe uma dupla proteção às armaduras. A primeira delas é a alcalinidade do concreto, que age como capa passivadora para o aço. A outra é a massa do concreto, ou seja, o recobrimento, que atua como uma barreira física que impede o contato direto entre o aço e o meio ambiente agressivo (MEDEIROS, 2010). Porém, em decorrência da possível falta de qualidade do concreto dos pilares ou de fissuras contidas nele, agentes agressivos podem ter atacado as armaduras.

A corrosão provoca o aumento do volume das armaduras, podendo ocupar de 3 a 10 vezes seu volume original e exercer pressões de expansão superiores a 15MPa. Essas pressões podem provocar, inicialmente, fissuras paralelas à direção da armadura corroída, e posteriormente, o lascamento do concreto, em decorrência da penetração de agentes agressivos (HELENE, 1986).

A execução deficiente das técnicas durante a concretagem dos pilares pode ter resultado em um concreto de baixa resistência, poroso e não-homogêneo. Essas características favoreceram o surgimento das manifestações patológicas.

- Definição de conduta

Para realizar a recuperação dos pilares, devem-se seguir os seguintes passos:

1. O primeiro procedimento a ser realizado é o apicoamento do concreto, ou seja, a remoção do concreto deteriorado, pois, conforme recomenda Andrade (1992, p. 97), “a primeira atividade em um processo de recuperação estrutural é em geral a eliminação do concreto contaminado ou deteriorado. Este deve ser retirado até encontrar-se concreto sã”.
2. O segundo passo consiste na observação do grau de corrosão das armaduras; caso elas apresentem uma redução da seção transversal menor de 15%, não será necessário fazer uso de novas armaduras (ANDRADE, 1992). Como não se sabe a seção original das armaduras, pela falta de projetos, não tem como afirmar com precisão a variação de seção das armaduras. Apenas pode-se afirmar que aparentemente apresentam-se íntegras, optando-se, assim, por continuar o procedimento sem o uso de armaduras adicionais.
3. O concreto atrás das armaduras deve ser removido de dois a três cm. Esse procedimento visa assegurar o completo cobrimento do material de reparo ao redor das barras. Posteriormente, deve-se realizar a limpeza das armaduras com jato de areia (ANDRADE, 1992).
4. Executar a proteção das armaduras com tinta *primer* epóxi com alto teor de zinco metálico (GONÇALVES, 2005).
5. Para finalizar, deve-se preencher a abertura com graute, sendo esse um composto de alta fluidez e resistência (GONÇALVES, 2005).
6. Realizar a cura da região recuperada (GONÇALVES, 2005).

Recomenda-se essa solução para todos os 144 pilares, pois mesmo que só alguns tenham apresentado explicitamente corrosões nas armaduras, o problema pode estar presente em todos os pilares. Ou seja, mesmo que um pilar apresente apenas pequenas desagregações, ele deverá passar pelo processo de recuperação, pois ele tende a se agravar e resultar em grandes desagregações e corrosões nas armaduras.

4.1.1.7. Caso 7 – Falhas no piso do saguão

- Levantamento de subsídios

O piso externo entre a coordenação e a sala dos professores, na região do saguão, apresenta alguns problemas relacionados à drenagem de água. Com auxílio de uma bolinha de borracha foram examinados alguns pontos do piso, entre os quais se constatou que o caimento não era adequado.

Foi observado que a área central encontra-se em nível, pois a bolinha posicionada nesse local não rolou em nenhuma direção, conforme indicado na Figura 73, possibilitando o acúmulo de água. Este fato foi confirmado por relatos de um funcionário do colégio, que declarou que em dias de chuva há formação de poças.

Figura 73 - Piso em concreto alisado na região do saguão.



Fonte: AUTORA, 2016.

A calçada em torno da sala dos professores tem caimento satisfatório, porém fica água empoeada no canto entre o piso e o muro de um canteiro de flores; notadamente o caimento é insuficiente para escoamento em dias de chuva, conforme a indicação da Figura 74.

Figura 74 - Aresta entre o piso e o muro do canteiro de flores.



Fonte: AUTORA, 2016.

Ao realizar-se uma pesquisa na rede social do colégio, notou-se em uma imagem postada no ano de 2013, que na região do saguão havia um lastro de brita graduada; atualmente o piso é concreto alisado (Figura 75). Observou-se que havia valetas para drenagem da água, como mostra a Figura 76.

Figura 75 - Saguão atual.



Fonte: AUTORA, 2016.

Figura 76 - Imagem do saguão em 2013.



Fonte: Rede social do colégio, 2013.

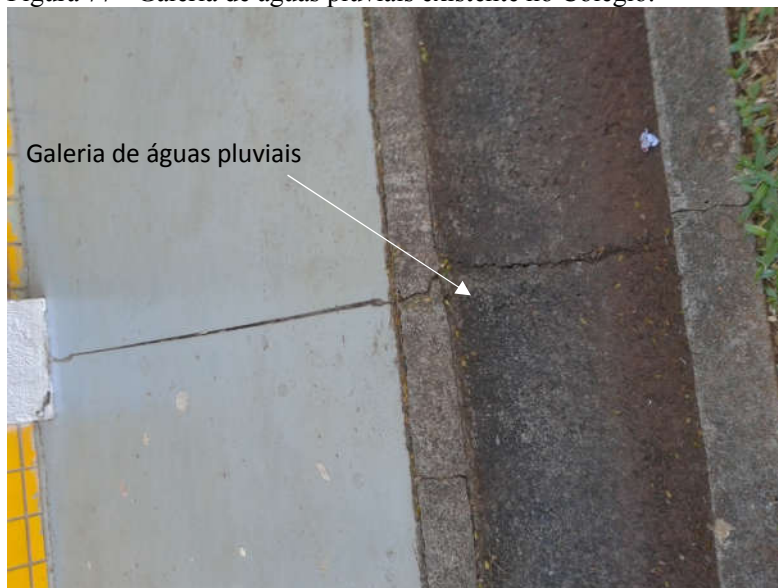
- Diagnóstico da situação

O problema do piso do saguão pode ser decorrente de uma reforma mal planejada e mal executada. O piso executado na reforma está com um nível que forma poças de água no saguão em dias de chuva. Na execução das alterações não foi levado em conta o destino das águas de chuva, visto que as galerias pluviais foram cobertas por piso, gerando falha da drenagem.

- Definição de conduta

Sugere-se a inserção de uma galeria de água pluvial no lugar do canteiro de flores. Essa galeria poderá ser executada com tubo de concreto, seguindo o mesmo padrão das galerias já existentes no Colégio (Figura 77).

Figura 77 - Galeria de águas pluviais existente no Colégio.



Fonte: AUTORA, 2016.

Para solucionar a falta de caimento do piso do saguão, deverá ser executado um novo piso, com a substituição do antigo. Com inclinação mínima de 1% (GIRIBOLA, 2015), de forma a escoar as águas de chuva em direção à galeria de águas pluviais, conforme ilustra a Figura 78.

Figura 78 - Solução proposta para drenagem de águas pluviais.



Fonte: AUTORA, 2016.

4.1.1.8. Caso 8 – Manifestações patológicas na calçada de concreto

- Levantamento de subsídios

Na área externa, entre os blocos 3 e 4, observou-se a existência de trincas e desníveis na calçada, na região em que há uma árvore, como ilustra a Figura 79.

Figura 79 - Calçada com deformações.



Fonte: AUTORA, 2016.

A árvore é alta, possui folhas pequenas e copa densa, ultrapassando o telhado da escola, como mostra a Figura 80.

Figura 80 - Árvore entre os blocos 3 e 4.



Fonte: AUTORA, 2016.

Para descobrir qual era a espécie da árvore, fez-se uma pesquisa levando-se em consideração as características apresentadas pela planta. A espécie *Anadenanthera colubrina*, conhecida popularmente como Angico Branco, foi a que mais se assemelhou com as características da árvore do Colégio. O angico é uma árvore de grande porte, de 12 a 15 metros de altura, muito copada e com folhas pinadas, conforme ilustra a Figura 81 (ÁRVORES DO BRASIL, s/d).

Figura 81 - Árvore Angico branco.



Fonte: ÁRVORES DO BRASIL, s/d.

- Diagnóstico da situação

É seguro afirmar que as manifestações patológicas presentes na calçada entre os blocos 3 e 4 foram causadas pelas raízes da árvore. Essa reação das raízes da árvore contra a calçada de concreto é típica de plantas que possuem as denominadas raízes agressivas, que são vigorosas, possuem crescimento superficial e engrossam com o tempo (PATRO, 2015).

O angico é indicado para o plantio em ruas e avenidas, em locais sem rede elétrica e com calçada com mais de 3m (LICENCIAMENTOAMBIENTAL, 2011). Portanto, essa espécie, apesar do grande porte, não é uma árvore com raízes agressivas, fato esse, que muda a causa do problema para outra direção.

Mesmo que o angico não possua tendência a desenvolver raízes agressivas, ele pode vir a apresentar essa característica em decorrência da atitude humana. Ao se impermeabilizar a área sob as raízes com a calçada de concreto, se restringe a quantidade de água disponível no solo, fazendo com que as raízes subam à superfície em busca de água, danificando assim, a calçada de concreto (PATRO, 2015).

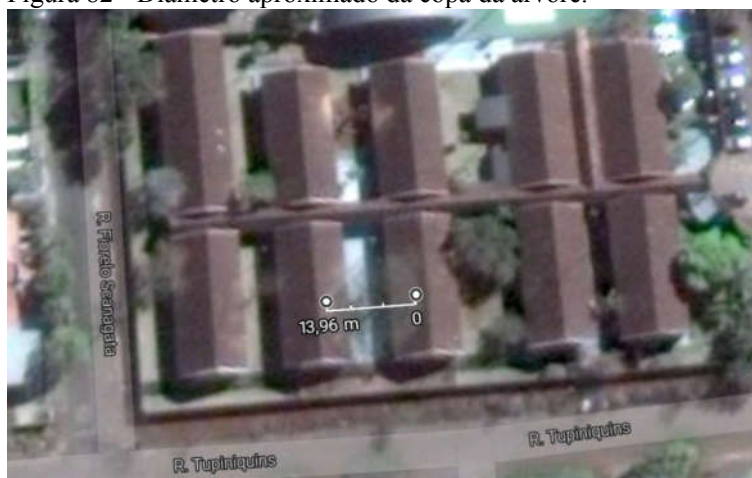
- Definição de conduta

A calçada em volta da árvore, que apresenta trincas e desníveis, deverá ser retirada e substituída por um piso permeável.

Uma solução genérica proposta por Watanabe (2016), consiste em executar duas faixas de pisos permeáveis em volta da árvore, ou seja, camadas em forma de circunferência. A distância dessas faixas deve ser proporcional a copa da árvore. O diâmetro da primeira faixa, mais próxima ao tronco da árvore, deve ser de 25% do diâmetro da copa e permeabilidade de 100%. A segunda faixa deve ter o diâmetro de 50% do valor do diâmetro da copa e permeabilidade de 80%.

Considerando uma medida aproximada extraída do *Google Maps* (Figura 82), de 13,96m, arredondando para 14m, a primeira faixa deve ter diâmetro de 3,5m, ou seja, do tronco da árvore até o limite da faixa deve haver uma distância de 1,75m. Para a segunda faixa, essa distância será de 3,5m.

Figura 82 - Diâmetro aproximado da copa da árvore.



Fonte: Google Maps, 2016.

Para facilitar a execução, recomenda-se a realização de apenas uma faixa de 3,5m de raio, revestida por um material que atenda tanto a permeabilidade da primeira camada quanto da segunda. Indicam-se materiais como, pedra graduada, grama ou similar.

Outra opção seria a substituição do angico por uma espécie de menor porte, como exemplo cita-se algumas espécies, Marinheiro (*Trichilia cathartica*), Ipê-Mirim (*Stenolobium stans*), Candelabro (*Erythrina speciosa*), Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Cambuci (*Campomanesia phaea*), Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Jabuticabeira (*Eugenia cauliflora*) (CICLOVIVO, 2016).

4.1.1.9. Caso 9 – Manifestações patológicas nos forros do teto

- Levantamento de subsídios

Com exceção dos blocos 6 e 7, todos os outros têm no corredor uma cobertura que dá acesso às portas das salas. Essas coberturas têm o forro feito em madeira, da mesma forma que o forro do refeitório dos alunos. Percebeu-se que nos forros há manchas brancas, indicando manifestações de mofo. Notou-se que todos os forros apresentam condições parecidas, como demonstram as Figuras 83 e 84.

Figura 83 - Forro da cobertura do corredor do bloco 3.



Fonte: AUTORA, 2016.

Figura 84 - Forro da cobertura do refeitório dos alunos.



Fonte: AUTORA, 2016.

A cobertura é constituída por telhas cerâmicas, tipo francesa, que apresentam manchas escuras, o que pode indicar uma idade avançada, ou falta de limpeza e de impermeabilização das telhas; não foi notado outro problema na cobertura, o que pode ser

visualizado na Figura 85, com exceção de um ponto, onde foi observada uma ondulação na cobertura, no bloco 5, como mostra a Figura 86.

Figura 85 - Cobertura em telhas cerâmicas.



Fonte: AUTORA, 2016.

Figura 86 - Ondulação nas telhas do bloco 5.



Fonte: AUTORA, 2016.

Segundo relatos dos funcionários, algumas telhas são quebradas por pedras, arremessadas por vândalos de fora da área escolar.

O mapeamento das manifestações patológicas nos forros pode ser analisado na Figura 87, na qual o número 10 indica tratar-se de manchas de mofo e o triângulo aponta que elas estão situadas no teto.

Figura 87 - Mapeamento dos problemas no forro de madeira.



Fonte: AUTORA, 2016.

- Diagnóstico da situação

Materiais de base orgânica em ambientes úmidos e pouco ventilados propiciam condições ideais para o desenvolvimento do mofo (VERÇOZA, 1991). Os forros do Colégio são de madeira, condição favorável aos fungos por serem de base orgânica.

A umidade que causa condições propícias ao mofo pode ser proveniente da condensação do vapor pela falta de ventilação, por infiltrações decorrentes de trincas e fissuras, ou advindas do solo (YAZIGI, 2009). Estando o forro em local bem arejado e longe do solo, conclui-se que a umidade é resultante de infiltrações.

Dois problemas podem ter causado as infiltrações: problemas culturais da região e a falta de manutenção. Os problemas culturais estão relacionados com o vandalismo, pelo fato de pedras serem arremessadas na cobertura. Essas pedras quebram as telhas e enquanto os danos não são detectados, pode haver infiltrações.

A falta de limpeza das telhas ou manutenção provocou o acúmulo de fungos na superfície superior e o consequente enfraquecimento das mesmas. Verçoza (1991, p.157) explica que mofo, “enfeia qualquer telhado e com o tempo pode corroer as telhas”. Telhas frágeis podem ser suscetíveis a fissuras e assim, resultarem em infiltrações.

A ondulação na cobertura pode ser consequência de uma instalação inadequada ou resultante de ventos fortes. Vale ressaltar que as imagens da cobertura foram registradas dia 22/09/2016 e que na data de 13/09/2016 a cidade onde está localizado o Colégio, foi atingida por rajadas de ventos com velocidade de 61 Km/h (CATVE, 2016).

- Definição de conduta

Para eliminar o mofo dos forros de madeira é necessário que se eliminem as infiltrações da cobertura. Como a face superior das telhas está cobertas por mofo e poeira, agentes degradantes das mesmas, deve-se realizar a limpeza da cobertura e após, pintá-la com vernizes impermeáveis (VERÇOZA, 1991).

Para remover o mofo, Verçoza (1991, p. 33) recomenda uma solução de “ 80g de fosfato trissódico, 30g de detergente comum, 90ml de hipoclorito de sódio e 2700ml de água”.

Como não há muito que fazer contra o vandalismo e possíveis soluções são de difícil execução, sugerem-se rotinas de inspeção para realização das trocas das telhas.

4.1.1.10. Caso 10 - Manifestações patológicas na quadra de esportes

- Levantamento de subsídios

Na base da parede de divisa do colégio com um lote vizinho constatarem-se manchas de mofo no decorrer de sua extensão. Essa parede fica em um corredor, ao lado da quadra de esportes, como mostra a Figura 88.

Figura 88 - Manchas de mofo na parede do corredor da quadra.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na mesma parede citada anteriormente perceberam-se manchas de mofo próximas à calha, que exibe trechos rompidos e uma quantidade considerável de folhas, indicando que a calha está obstruída, como pode ser visto na Figura 89.

Figura 89 - Rompimento e obstrução da calha da quadra.



Fonte: AUTORA, 2016.

Junto às manchas de mofo, também foram notadas fissuras verticais, como retrata a Figura 90.

Figura 90 - Fissuras verticais na parede do corredor.



Fonte: AUTORA, 2016.

Em uma vista extraída do *Google Maps*, notou-se que a parede do corredor, que também é um muro de divisa com o lote vizinho, já existia em 2011 (Figura91).

Figura 91 - Vista parcial da quadra de esportes em 2011.



Fonte: *Google Maps*, 2011.

Além das situações relatadas foi percebido que próximo ao bebedouro, localizado no corredor, a água coletada pelo tubo de queda da calha, leva a água da chuva para o piso do corredor, o qual tem o caimento para dentro da área da quadra, como demonstra a Figura 92.

Figura 92 - Problemas próximos ao bebedouro da quadra.



Fonte: AUTORA, 2016.

No piso da quadra de esportes, próximo ao bebedouro, notou-se uma fissura que se origina de uma das arestas de um pilar (Figura 93). A região do piso próxima a essa fissura apresenta som cavo a percussão.

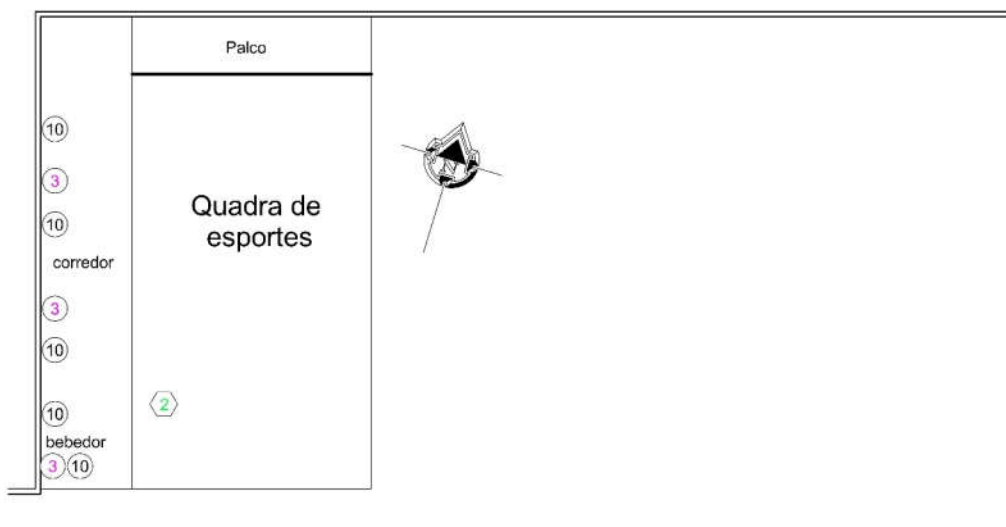
Figura 93 - Fissura no piso da quadra de esportes.



Fonte: AUTORA, 2016.

Na Figura 94 tem-se o mapeamento das manifestações patológicas da quadra de esportes; o círculo representa as paredes e o hexágono, no piso. O número 2 indica fissuras oblíquas, o 3, fissuras verticais e o 10 indica manchas de mofo.

Figura 94 - Manifestações patológicas na quadra de esportes
Rua Apinajés



Fonte: AUTORA, 2016.

- Diagnóstico da situação

A falta de manutenção das calhas resultou no acúmulo de folhas dentro delas e, conseqüentemente, o entupimento. Além das folhas terem causado a diminuição da seção transversal da calha, elas também podem ter ocasionado seu rompimento por causa da retenção de umidade.

As manchas de mofo são consequência do estado de degradação da calha. Nessas condições, não ocorre a eficiente drenagem das águas pluviais, fazendo com que elas escoem pelas paredes.

As fissuras verticais repetem as mesmas causas do item 4.1.1.3. (Caso 3 – Manifestações patológicas no portal de entrada do colégio), ou seja, movimentações higroscópicas, térmicas e atuação de sobrecargas.

As obstruções da calha possibilitam infiltrações na parede do corredor, ocasionando as movimentações higroscópicas. Porém, pela imagem extraída do *Google Maps* pode-se observar que o topo da parede do corredor não possuía proteção contra águas pluviais, o que indica a possibilidade de que as fissuras já existiam antes da cobertura do corredor.

A estrutura metálica da cobertura do corredor está apoiada na parede de divisa, porém, é provável que ela não tenha sido concebida com o intuito de suportar as cargas da cobertura, que já existia anteriormente. Nesse caso também não se pôde analisar a real resistência dessa parede por não haver acesso aos projetos; porém, nenhuma incidência caracterizando a existência de pilares foi observada.

O som cavo à percussão do piso da quadra de esportes e a fissura oblíqua são decorrentes da infiltração da água pluvial despejada próximo ao bebedouro. Ao sair do tubo de queda da rede pluvial, a água é direcionada, em decorrência do caimento do piso, para uma fresta entre o piso da quadra e do corredor, onde infiltra.

- Definição de conduta

O primeiro procedimento é a substituição da calha que se encontra rompida. Posteriormente, recomenda-se a adoção de uma rotina de manutenção e limpeza das calhas.

Para recuperação das fissuras, recomenda-se o Sistema A, proposto por Sahade (2005), citado no item 4.1.1.2. Caso 2.

Recomenda-se que o tubo de queda da rede de águas pluviais direcione a água para uma galeria de águas pluviais. Portanto, uma nova galeria deve ser executada para atender à demanda da calha do corredor da quadra de esportes. Pode-se fazer a inserção dela com a que galeria recomendada no item 4.1.1.7. Caso 7, conforme ilustra a Figura 95.

Figura 95 - Solução proposta para drenagem das águas pluviais do corredor.



Fonte: AUTORA, 2016.

Para remover o mofo, aplica-se a mesma solução proposta por Verçoza (1991) no item 4.1.1.9. Caso 9.

4.1.2 Síntese das manifestações patológicas por ambiente afetado.

Fez-se um resumo do levantamento das manifestações patológicas por ambiente afetado, ou seja, dos ambientes que apresentaram problemas, quais patologias estavam presentes nesses ambientes, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 2 - Manifestações patológicas levantadas por ambiente.

AMBIENTE	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Trincas e fissuras em direções aleatórias	Fissuras inclinadas /obliquas	Fissuras verticais	Fissuras horizontais	Fissuras mapeadas	Desagregação do concreto	Armadura exposta	Eflorescência	Manchas escuras	Mofo	Desplacamento de piso
Janelas		x	x								
Muro do bloco 1					x				x		
Portal de entrada		x	x	x	x			x	x		
Central de GLP e Poço de luz				x	x			x	x		
Refeitório dos funcionários				x							
Hall de entrada											x
Pilares	x					x	x				
Calçada entre os Blocos 3 e 4	x										
Forros em madeira										x	
Quadra de esportes		x	x							x	

Fonte: AUTORA, 2016.

4.1.3 Frequência das manifestações patológicas no colégio.

Contabilizou-se a frequência com que as manifestações patológicas se apresentaram nas edificações do Colégio, sendo que essas, foram divididas em, 10 blocos, portal de entrada e a quadra de esportes, conforme a Tabela 2.

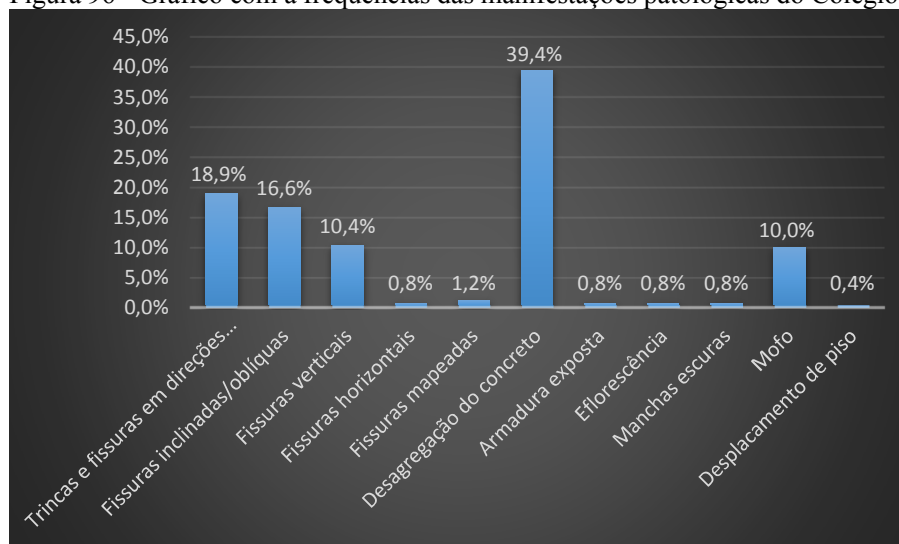
Tabela 3 - Relação entre patologias e locais onde se manifestaram.

LOCAL	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Trincas e fissuras em direções aleatórias	Fissuras inclinadas /obliquas	Fissuras verticais	Fissuras horizontais	Fissuras mapeadas	Desagregação do concreto	Armadura exposta	Eflorescência	Manchas escuras	Mofo	Desplacamento de piso
BLOCO 1	5	6	4		1	9			1	3	1
BLOCO 2	2	5	3			12				3	
BLOCO 3	6	4	2			10				3	
BLOCO 4	6	4	2			7				3	
BLOCO 5	6	4	3			10				3	
BLOCO 6	1	7	5			8				0	
BLOCO 7	4	0	0	1	1	8	1	1	1	3	
BLOCO 8	7	3	1			12				2	
BLOCO 9	3	3	2			12				2	
BLOCO 10	9	5	3			14	1			3	
PORTAL DE ENTRADA	0	1	1	1	1	0		1		0	
QUADRA DE ESPORTES	0	1	1			0				1	
TOTAL DE FREQUÊNCIA	49	43	27	2	3	102	2	2	2	26	1
PERCENTUAL	18,9%	16,6%	10,4%	0,8%	1,2%	39,4%	0,8%	0,8%	0,8%	10,0%	0,4%

Fonte: AUTORA, 2016.

Observou-se que a manifestação patológica mais frequente nas edificações do Colégio foi a desagregação do concreto, com 39,4%. As fissuras em direções aleatórias representaram 18,9%; as fissuras inclinadas 16,6%; as fissuras verticais 10,4%; o mofo 10%; as fissuras mapeadas 1,2%; as fissuras horizontais, a armadura exposta, as eflorescências e as manchas escuras contabilizaram 0,8% cada uma e o deslocamento de piso atingiu a menor porcentagem, 0,4%. Conforme Figura 96.

Figura 96 - Gráfico com a frequências das manifestações patológicas do Colégio.



Fonte: AUTORA, 2016.

4.1.4 Definição da manifestação patológica para a estimativa de custos.

Sobre os problemas patológicos mais graves, ou seja, os que oferecem maiores riscos à segurança das pessoas, Helene (1988, p. 15) cita que “do ponto de vista das consequências quanto ao comprometimento estrutural e quanto ao custo da correção do problema, uma fissura de flexão ou a corrosão das armaduras são mais significativas”.

Como existe no Colégio a presença das duas manifestações patológicas citadas por Helene (1988), fez-se a escolha da mais frequente, a corrosão das armaduras. Ela pode ser facilmente percebida em 2 pilares que possuem suas armaduras expostas, e pode ser uma das causas da desagregação de 144 pilares. Fissuras de flexão foram observadas apenas no portal de entrada do Colégio. A contabilização da frequência das duas pode ser vista na Tabela 4.

Tabela 4 - Frequência das manifestações patológicas mais graves.

Manifestação Patológica	Frequência
Fissura de flexão	1
Corrosão de armadura	144

Fonte: AUTORA, 2016.

4.1.5 Estimativa de custos

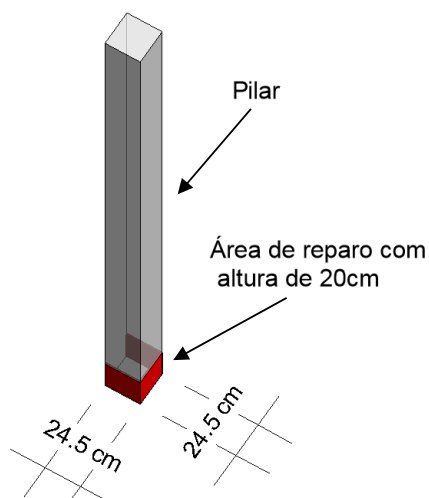
Realizou-se a estimativa de custos para reparo da manifestação patológica mais grave e mais frequente presente no Colégio, a corrosão das armaduras. A estimativa de custos foi embasada na definição de conduta recomendada para os pilares, citada no item 4.1.1.5. Caso 5 – Manifestações patológicas nos pilares.

Usaram-se as composições do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) emitidas em 08/2016 e os valores desonerados.

Após obtenção do valor total de cada composição, ou seja, do custo total dos insumos necessários para a execução de um serviço, definiram-se as quantidades.

Definiu-se que os reparos se estenderiam, em média, em uma altura de 20 cm. Os pilares possuem seção quadrada de 24,5 cm. Com esses dados, considerou-se que para os procedimentos, apicoamento e formas, tendo as unidades em área, a quantidade seria equivalente a área de 3 fases do pilar (restringindo-se a altura de 20 cm), como ilustra a Figura 97.

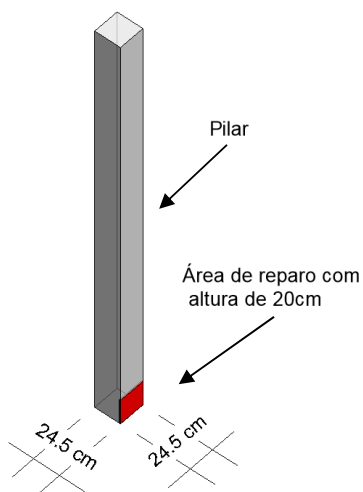
Figura 97 - Área de 3 faces.



Fonte: AUTORA, 2016.

Para os procedimentos executados nas armaduras, limpeza e proteção com pintura epóxi, considerou-se a área de uma face do pilar (Figura 98). Provavelmente essa é uma área maior do que a área das armaduras, porém, como não há previsão da quantidade de barras em cada pilar, e por se tratar de um serviço que exige cautela, optou-se por essa área.

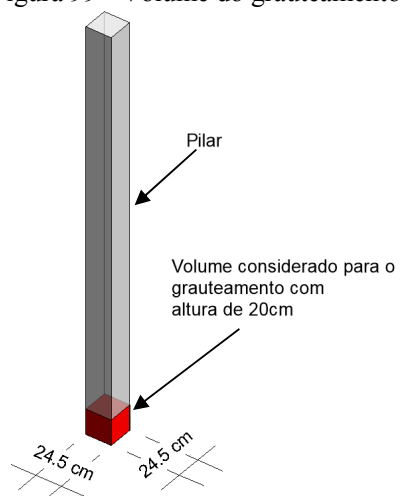
Figura 98 - Área de uma face.



Fonte: AUTORA, 2016.

Para o procedimento de grauteamento, considerou-se o volume com altura de 20 cm, como mostra a Figura 99.

Figura 99 - Volume do grauteamento.



Fonte: AUTORA, 2016.

Fez-se a estimativa de custos para um pilar, e após, multiplicou-se o valor pelos 144 pilares, totalizando um valor de R\$ 2.281,04, sem a inserção de valores de bonificação e despesas indiretas (BDI), como pode ser observado na Figura 100.

Figura 100 - Estimativa de custos para reparo nos pilares.

TIPO	CÓDIGOS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	VALOR DESONERADO	Área 1 face (M²)	Área 3 faces (M²)	Volume (M³)	VALOR (R\$)
REVE - REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	84084	APICOAMENTO MANUAL DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO	M²	5,86		0,147		0,86
COMPOSIÇÃO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	73745/001	LIMPEZA DE ESTRUTURAL DE AÇO OU CONCRETO COM JATEAMENTO DE AREIA	M²	13,7	0,049			0,67
COMPOSIÇÃO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
COMPOSIÇÃO	93408	MÁQUINA JATO DE PRESSÃO PORTÁTIL PARA JATEAMENTO, CONTROLE AUTOMÁTICO REMOTO, CÂMARA DE 1 SAÍDA, CAPACIDADE 280 L, DIÂMETRO 670 MM, BICO DE JATO CURTO VENTURI DE 5/16, MANGUEIRA DE 1 COM COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL VAZÃO 189 PCM E MOTOR DIESEL DE 63 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP					
INSUMO	370	AREIA MÉDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M³					
PINT - PINTURAS	79460	PINTURA EPOXI, DUAS DEMÃOS	M²	39,89	0,049			1,95
COMPOSIÇÃO	88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
COMPOSIÇÃO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
INSUMO	5318	SOLVENTE DILUENTE A BASE DE AGUARRAS	L					
INSUMO	7304	TINTA EPOXI	L					
FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS	89993	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	M³	582,8			0,012	6,99
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
COMPOSICAO	90279	GRAUTE FGK=20 MPa; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9 (CIMENTO/CAL/ AREIA GROSSA/ BRITA 0) PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_02/2015	M³					
REVE - REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	92430	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015 RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	M²	36,46		0,147		5,36
COMPOSICAO	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H					
COMPOSICAO	92264	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF_12/2015	M²					
INSUMO	2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM ÁGUA	L					
INSUMO	40271	APRUMADOR METÁLICO DE PILAR, COM ALTURA E ÂNGULO REGULÁVEIS, EXTENSÃO DE 1,50 A 2,80 M (LOCALIZAÇÃO)	MÊS					
INSUMO	40275	VIGA SANDUICHE METÁLICA VAZADA PARA TRAVAMENTO DE PILARES, DIMENSÕES: ALTURA DE 8 CM, LARGURA DE 6 CM E EXTENSÃO DE 2 M (LOCALIZAÇÃO)	MÊS					
INSUMO	40287	BARRA DE ANCORAGEM DE 0,80 M DE EXTENSÃO, COM ROSCA DE 5/8, INCLUINDO PORCA E FLANGE (LOCALIZAÇÃO)	MÊS					
INSUMO	40304	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG					
ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA REPARO EM 1 PILAR								15,84
ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA REPARO EM 144 PILARES								2.281,04

Fonte: AUTORA, 2016.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve o objetivo de realizar o levantamento das manifestações patológicas de um Colégio Estadual do município de Cascavel, PR. Para o desenvolvimento do levantamento seguiu-se parte da metodologia proposta por Lichtenstein (1986), pois ela mostrou-se adequada às necessidades desse trabalho, é reconhecida e possui diversos exemplos práticos onde já foi aplicada.

O levantamento de subsídios foi realizado por meio de visitas ao local do estudo de caso. Nessa etapa observaram-se diversas manifestações patológicas como, eflorescências, manchas escuras, mofo, fissuras e desagregação do concreto. Também foi feita a anamnese da situação, coletando informações relevantes através de conversas com os funcionários do Colégio, pesquisa de imagens no *Google Maps* e nas redes sociais do Colégio. Pela falta de registros ou por algum outro motivo, não foram fornecidos dados importantes como projetos e execução das edificações, o que dificultou o processo de análise dos problemas.

Contabilizou-se, em porcentagem, quantas vezes cada problema patológico se manifestou nos locais do Colégio (blocos, portal e quadra). As mais frequentes foram as desagregações do concreto com 39,4%; as fissuras verticais 10,4%; o mofo 10%; as fissuras mapeadas 1,2%; as fissuras horizontais, a armadura exposta, as eflorescências e as manchas escuras contabilizaram 0,8% cada uma e o deslocamento de piso atingiu 0,4%. As fissuras inclinadas e verticais estavam na alvenaria sob as janelas, no portal e na quadra; as desagregações do concreto e armaduras expostas estavam nos pilares; o mofo estava nos forros de madeira e na quadra; as fissuras horizontais estavam no portal, central de GLP, poço de luz e refeitório dos funcionários, as eflorescências estavam no portal e na central de GLP e os deslocamentos de piso estavam no hall de entrada.

A etapa de análise das manifestações patológicas foi apoiada em pesquisas bibliográficas, fazendo-se a relação entre a morfologia dos problemas do Colégio e os aspectos relacionados nas bibliografias. Observou-se a ocorrência paralela ou isolada de possíveis falhas nas etapas de projeto, execução e manutenção.

Os objetivos da segunda etapa foram atingidos, mesmo que em determinadas análises, não tenha sido possível afirmar com precisão as causas dos problemas, em decorrência da falta de informações.

Na análise dos problemas patológicos das edificações, pôde-se concluir que, tal como as doenças nos seres humanos, as doenças nas estruturas são mais suscetíveis em estruturas com baixa resistência, que apresentam alta porosidade, fissurações, cobrimento insuficiente das armaduras, entre outras características que a tornam vulnerável aos ataques químicos e ambientais.

Após o diagnóstico, conclui-se que a maioria dos problemas patológicos não possuem um grande potencial para prejudicar a funcionalidade das edificações do Colégio, porém, as fissuras de flexão e a corrosão das armaduras, são manifestações patológicas consideradas comprometedoras à estabilidade das estruturas, após um certo tempo de permanência.

Por último, foram apontadas possíveis medidas corretivas para as manifestações patológicas, também embasadas em recomendações bibliográficas. Notou-se que esse é um processo que exige conhecimentos precisos sobre as causas, e também sobre o prognóstico de cada situação, para que sejam tomadas as decisões mais apropriadas. Vale ressaltar que medidas equivocadas nessa etapa podem agravar a situação ao invés de corrigi-la.

É imprescindível que medidas corretivas sejam tomadas após a ocorrência das manifestações patológicas, porém, certamente é mais vantajoso que elas sejam evitadas por meio da correta realização dos procedimentos. Essa ideia é confirmada por Thomaz (1989, p.15) ao dizer que “as obras de restauração ou reforço são em geral muito dispendiosas; e o que é mais grave...nem sempre solucionam o problema de forma definitiva”.

A estimativa de custos para o reparo dos pilares danificados do Colégio Estadual sem o acréscimo do BDI custaria aproximadamente R\$ 2.281,04. Lembrando que essa é uma estimativa de custos de uma das manifestações patológicas encontradas no local, portanto, o reparo de todos os problemas certamente é bem maior.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Entre os possíveis temas para se dar continuidade a esse trabalho pode-se citar:

- Uma pesquisa que vise a qualidade das obras públicas, que proponha medidas preventivas às manifestações patológicas.
- Uma pesquisa que estime os custos de todas as manifestações patológicas, bem como, cronogramas para as execuções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, M. C. P. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 1992.

ARIVABENE, A. C. **Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso**, 2015. Disponível em <<http://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=antonio-cesar-arivabene-14121142.pdf>> Acesso em: 25 de setembro 2016, 15h.

ÁRVORES DO BRASIL. **Angico branco - Anadenanthera colubrina**, s/d. Disponível em <<http://arvores.brasil.nom.br/new/angicobranco/index.htm>> Acesso em: 25 de setembro 2016, 15h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 13753**: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina dos Livros. 2010.

BETRAME, M. B.; MOURA, G. R..S. **Edificações escolares: Infra-Estrutura necessária ao processo de ensino e aprendizado escolas**, 2009. Disponível em <<http://docplayer.com.br/2215436-Edificacoes-escolares-infra-estrutura-necessaria-ao-processo-de-ensino-e-aprendizagem-escolar.html>> Acesso em: 08 de agosto 2016, 15h.

CATVE. **Aproximação de frente fria provoca ventania em Cascavel**, 2016. Disponível em <<http://catve.com/noticia/6/161819/aproximacao-de-frente-fria-provoca-ventania-em-cascavel>> Acesso em: 27 de setembro 2016, 14h

CLIMATEMPO. **Previsão do tempo**, 2016. Disponível em <<http://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/aeroporto/287/cascavel-pr>> Acesso em: 27 de setembro 2016, 14h.

CICLOVIVO. **8 árvores ideais para plantar em calçadas**, 2016. Disponível em <<http://ciclovivo.com.br/noticia/8-arvores-ideais-para-plantar-em-calçadas/>> Acesso em: 27 de setembro 2016, 14h.

FIORITO, A. J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos**. São Paulo: Pini, 1994.

GAZETA DO PARANÁ. **Quanto a infraestrutura da escola influencia a aprendizagem**, 2016. Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/conta/cadastro-social/?referrer=http://www.gazetadopovo.com.br/educacao/quanto-a-infraestrutura-da-escola-influencia-a-aprendizagem-cux97ib0nz3blp7x0n8c7uidg>> Acesso em: 08 de agosto 2016, 15h.

GEOPORTAL DE CASCAVEL. **Consultas a base de dados**, 2016. Disponível em <<http://geocascavel.cascavel.pr.gov.br:10080/geo-view/faces/sistema/geo.xhtml>> Acesso em: 08 de agosto 2016, 15h.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**, 2015. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GIRIBOLA, M. **Pisos para áreas externas devem proporcionar segurança ao usuário, além de garantir boa drenagem e estanqueidade**, 2015. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/215/pisos-para-areas-externas-devem-proporcionar-seguranca-ao-usuario-alem-338508-1.aspx>> Acesso em: 08 de agosto 2016, 15h.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini, 1986.

_____. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1988.

IBAPE/BA, **XIV COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias**, 2006. Disponível em <<http://docplayer.com.br/11447304-Xiv-cobreap-congresso-brasileiro-de-engenharia-de-avaliacoes-e-pericias-ibape-ba-rofissional.html>> Acesso em: 20 de setembro 2016, 15h.

IBRACON, **Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto CBC2013**, 2013. Disponível em <<https://lemacufes.files.wordpress.com/2012/03/manifestac3a7c3b5es-patolc3b3gicas-em-hospital-de-vitc3b3ria-es.pdf>> Acesso em: 20 de setembro 2016, 15h.

LICENCIAMENTOAMBIENTAL. **Arborização urbana: como plantar as mudas e escolher as espécies de árvores**, 2011.<

<http://www.licenciamentoambiental.eng.br/arborizacao-urbana-como-plantar-as-mudas-e-escolher-as-especies-de-arvores/> > Acesso em: 26 de setembro 2016, 15h.

LICHTENSTEIN, N.B. **Patologia das construções – Procedimento para diagnóstico e recuperação**. 1986. Boletim técnico 06/86 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MACHADO, A. P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002.

MANUAL DE ASSENTAMENTO. **Manual de assentamento de revestimentos cerâmicos**, s/d. Disponível em < <http://docplayer.com.br/1653128-Manual-de-assentamento-de-revestimentos-ceramicos.html>> Acesso em: 15 de setembro 2016, 16h.

MEDEIROS, H. **Doenças concretas**, 2010. Disponível em < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/artigo287763-2.aspx>> Acesso em: 15 de setembro 2016, 16h.

MIOTTO, D. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estatual no município de Pato Branco -Pr**, 2010. Monografia (Especialista em Construção de Obras Públicas) - Universidade Federal do Rio do Paraná, Paraná.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**, 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PATRO, R. **22 árvores de raízes agressivas**, 2015 Disponível em < <http://www.cascavel.pr.gov.br/historia.php>> Acesso em: 26 de setembro 2016, 13h.

PINA, G. L. **Patologia nas habitações populares**, 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PORTAL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL. **História**, 2016. Disponível em < <http://www.cascavel.pr.gov.br/historia.php>> Acesso em: 08 de agosto 2016, 15h.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**, 3.ed., São Paulo: Pini, 1996.

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

SAHADE, R. F. Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação, 2005. Dissertação (Mestre em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

SOUSA, A. P. **Levantamento de patologias em obras residenciais de baixa renda devido à ausência de controle tecnológico de materiais**, 2014. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

_____. **PATOLOGIA**. São Paulo: ABCI – Associação Brasileira da Construção Industrializada Projeto Editores Associados Ltda., 1990.

VERÇOZA, E. J. **Impermeabilização na construção**. Rio Grande do Sul: Sagra, 1983.

_____. **Patologia das edificações**, Rio Grande do Sul: Sagra, 1991.

VITÓRIO A. A **(falta de) manutenção das obras públicas**, s/d. Disponível em <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Falta_Manutencao_Obras_Publicas.pdf> Acesso em: 08 de agosto 2016, 15h.

WATANABE, R. M. **Manchas escorridas de chuva**, 2010. Disponível em <<http://www.ebanataw.com.br/infiltracoes/caso20.htm>> Acesso em: 15 de setembro 2016, 16h.

_____. **Árvore na calçada**, 2016. Disponível em <<http://www.ebanataw.com.br/trafegando/arvore.php>> Acesso em: 15 de setembro 2016, 16h.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**, 5.ed., São Paulo: Pini, 2009.